

Aan:

De heer S.R.E.A.M. Cohnen
Bremhorstlaan 30
2244 ES Wassenaar

Verzenddatum 25 november 2025
Ons kenmerk Z/25/225951
Dso nummer 2025111800994
Contactpersoon Marcel Vink
Telefoonnummer 14071

Onderwerp Besluit omgevingsvergunning

Beste heer Cohnen,

Op 18 november 2025 hebben wij uw aanvraag voor een omgevingsvergunning ontvangen voor het aanbrengen van een entresolvloer met vide (mezzanine-vloer) op het adres Valkenburgerweg 2 in Oegstgeest.

Nadere toelichting

De realisatie van de mezzanine-vloer in het horecapaviljoen is tbv opslag, vergaderruimte en overige ondersteuning aan de horecafunctie.

Besluit

Wij besluiten onder voorwaarde de omgevingsvergunning met bijbehorende gewaarmerkte stukken te verlenen op grond van artikel 5.1, tweede lid, onder a van de Omgevingswet.

De omgevingsvergunning wordt verleend voor de activiteit:

- Bouwactiviteit (technisch)

Voorwaarde

- Op grond van artikel 4.78lid 1 van het Besluit bouwwerken leefomgeving heeft een vluchtroute een vrije doorgang met een breedte van ten minste 0,85 m en een hoogte van ten minste 2,1 m. Dit voorschrift moet door u in acht worden genomen.

Kosten

Voor het in behandeling nemen van uw aanvraag bent u € 864,00 aan leges verschuldigd. U ontvangt hiervoor binnenkort een aanslag.

Met vriendelijke groet,
Namens het college van burgemeester en wethouders van Oegstgeest,



Kees Schrieks
Manager Ruimte

Procedure

Dit besluit is voorbereid met de reguliere voorbereidingsprocedure.

Publicatie

Uw aanvraag is gepubliceerd op de gemeentepagina van de Oegstgeester Courant en op www.officielebekendmakingen.nl. Dit besluit zullen wij ook publiceren.

Inwerkingtreding

Dit besluit treedt één dag na verzenddatum in werking.

Bezwaar

Tegen dit besluit kan door u of derde belanghebbenden binnen zes weken na verzenddatum van het besluit bezwaar worden aangetekend. Het bezwaarschrift moet aan de volgende voorwaarden voldoen:

- naam en adres van de indiener;
- datum;
- omschrijving van het besluit waartegen u bezwaar maakt en de redenen van het bezwaar;
- handtekening van de indiener.

Stuur het bezwaarschrift naar het college van burgemeester en wethouders van de gemeente Oegstgeest, Postbus 1270, 2340 BG te Oegstgeest.

Pro forma bezwaar

Het kan voorkomen dat de termijn van zes weken te kort is om een volledig gemotiveerd bezwaarschrift te schrijven. Bijvoorbeeld omdat u eerst advies wilt vragen aan anderen. Om uw recht op bezwaar niet te verspelen, kan u binnen zes weken ook een 'pro forma bezwaarschrift' indienen bij het college. Hierin geeft u kort aan waartegen u in bezwaar gaat. Ook geeft u daarin aan dat u later de motivering van uw bezwaarschrift wilt aanvullen.

Voorlopige voorziening

Dit besluit treedt één dag na bekendmaking in werking (verzenddatum), ook al wordt er een bezwaarschrift ingediend. Hebben u of derde belanghebbenden er veel belang bij dat dit besluit niet in werking treedt, dan kan een voorlopige voorziening worden aangevraagd bij de Voorzieningenrechter van de rechtbank in Den Haag, Postbus 20302, 2500 EH te Den Haag, of digitaal via <http://loket.rechtspraak.nl/bestuursrecht>. U heeft hiervoor wel elektronische handtekening (DigiD) nodig. Kijk op de website voor de precieze voorwaarden. Voor het vragen van een voorlopige voorziening betaalt u kosten om de procedure te starten (griffierecht).

Afwijken van omgevingsvergunning?

Wilt u afwijken van deze omgevingsvergunning dan moet u hiervoor een nieuwe aanvraag indienen via het Omgevingsloket.

Intrekken vergunning

Het kan voorkomen dat u besluit geen gebruik te maken van de omgevingsvergunning. Wij kunnen de omgevingsvergunning dan geheel of gedeeltelijk intrekken.

Gewaarmerkte stukken

De volgende gewaarmerkte stukken maken onderdeel uit van de omgevingsvergunning:

Omschrijving	Type	Datum
01. Publiceerbare aanvraag	Aanvraagformulier	18-11-2025
02. Offerte N25.10.05_Vides	Tekening	22-10-2025
03. Tekening N24.08-08-01_Ontwerp vides	Tekening	12-11-2025
04. Rapport 24-236-SB01_Vides	Rapport	10-09-2025
05. Rapport 1173682-21_Begane grondvloer	Rapport	04-09-2025

Het volgende gewaarmerkte stuk maakt geen onderdeel uit van de omgevingsvergunning en is als extra informatie toegevoegd:

Omschrijving	Type	Datum
06. Tekeningboekje N24.08_Nieuwbouw horeca gelegenheid	Tekening	27-06-2024

Overwegingen – Bouwactiviteit (technisch)

Juridisch kader

Op grond van artikel 5.1, tweede lid, onder a van de Omgevingswet is het verboden om een (technische) bouwactiviteit te verrichten zonder de hiervoor vereiste omgevingsvergunning.

Uw plan betreft een bouwwerk van gevolgklasse 2 en betreft nieuwbouw als bedoeld in het Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl). Uw plan is op grond van artikel 2.25 van het Bbl vergunningplichtig.

Technische beoordeling

Op basis van uw aanvraag en de daarbij verstrekte gegevens concluderen wij dat het aannemelijk is dat wordt voldaan aan de regels van hoofdstuk 5 van het Besluit bouwwerken leefomgeving. Wel stellen wij een nadere voorwaarde ten aanzien van veiligheid (vluchtroutes: inrichting).

Participatie

Wij hebben 'Participatiebeleid bij de aanvraag van een omgevingsvergunning' vastgesteld. Hierin zijn de spelregels bepaald voor participatie. Participatie is bij alle aanvragen zeer gewenst en is verplicht bij aanvragen voor buitenplanse omgevingsplanactiviteiten indien het een geval betreft waarvan de raad heeft vastgesteld dat daarbij participatie verplicht is. Het moet dan bijvoorbeeld gaan om een aanvraag voor een plan welke een 'behoorlijke ruimtelijke impact' tot gevolg heeft.

U heeft op het aanvraagformulier aangegeven dat participatie heeft plaatsgevonden met omwonenden en andere belanghebbenden (in het kader van het voortraject totstandkoming horecapaviljoen). Wij zijn van oordeel dat uw plan past binnen de bestaande ruimtelijke structuur en geen 'behoorlijke ruimtelijke impact' tot gevolg heeft.

Conclusie

De omgevingsvergunning voor de 'Bouwactiviteit (technisch)' kan onder voorwaarde worden verleend.

Toezicht / Start- en gereedmelding

Wij houden toezicht op de uitvoering van de werkzaamheden en naleving van de voorwaarden. Wilt u ons twee werkdagen vóór aanvang van de werkzaamheden hierover informeren. Ook na het afronden van de werkzaamheden stuurt u ons binnen één werkdag een gereedmelding.

De start- en gereedmelding doet u door een e-mail te sturen naar bouwmelding@oegstgeest.nl, onder vermelding van ons kenmerk Z/25/225951.

Houd rekening met uw bureu

Houd bij het uitvoeren van de werkzaamheden rekening met uw bureu. Door vroegtijdig met uw bureu te overleggen kunt u vervelende situaties voorkomen.

Meer informatie

Voor meer informatie kunt u een e-mail sturen naar Marcel Vink onder vermelding van ons kenmerk.

mezzanine paviljoen publiceeraar

Uw verzoek

Ingediend bij	Gemeente Oegstgeest
Soort	Aanvraag vergunning
Activiteit(en)	Bouwactiviteit (technisch)
Doel	Definitief
Status	Ingediend
Verzoeknummer(s)	20251118 00994 000 (ingediend op 18-11-2025)



Behoort bij besluit van burgemeester en wethouders van Oegstgeest

Datum: 25-11-2025
Ons kenmerk: Z/25/225951

Project

Naam van dit project

mezzanine paviljoen

Projectomschrijving

realisatie van een mezzanine vloer t.b.v. ondersteuning aan de horeca.

Locatie

Adres

Valkenburgerweg 2, 2342BZ Oegstgeest

Algemeen

U kunt een bijlage toevoegen over het contact met anderen (participatie).

Geen documenten.

Voeg als bijlage toe: gegevens over de grens van de locatie.

Geen documenten.

Participatie: anderen betrekken bij uw plannen**Heeft u contact gehad met anderen voor wie uw plannen gevolgen hebben?**

Ja

Hoe heeft u anderen betrokken bij uw plannen?

geen openbare informatie

Welke reacties heeft u gekregen?

geen openbare informatie

Verzoek

Geef uw verzoek een naam

mezzanine paviljoen

Toelichting op uw verzoek

geen openbare informatie

Uw referentienummer

geen openbare informatie

Hierbij verklaar ik alle vragen naar waarheid te hebben ingevuld.

Ja

Zijn er gegevens die u later opstuurt? Denk aan bouwtekeningen, foto's, plattegronden, etc. Geef hier aan welke gegevens dat zijn en waarom u die later opstuurt.

geen openbare informatie

Zijn er gegevens die u nu niet opstuurt? Geef aan welke gegevens dat zijn en waarom u die niet opstuurt. Bijvoorbeeld omdat u die eerder heeft opgestuurd.

geen openbare informatie

Uw gegevens

Gegevens van de initiatiefnemer

Voorletters

geen openbare informatie

Voorvoegsel

geen openbare informatie

Achternaam

geen openbare informatie

Straatnaam

geen openbare informatie

Huisnummer

geen openbare informatie

Huisletter

geen openbare informatie

Huisnummertoevoeging

geen openbare informatie

Postcode

geen openbare informatie

Plaatsnaam

geen openbare informatie

Contactgegevens van de initiatiefnemer

E-mailadres

geen openbare informatie

Telefoonnummer

geen openbare informatie

Vragen en antwoorden

Bouwactiviteit (technisch)

Algemeen

Wat gaat u bouwen?

een mezzanine vloer met vide in het horecapaviljoen

Gaat het om de bouw van één of meer gebouwen of om iets anders?

Een of meer gebouwen

Waarvoor gaat u het bouwwerk gebruiken? Kies alle gebruiksfuncties die relevant zijn.

Bijeenkomstfunctie; Overige gebruiksfunctie

Wat zijn de geschatte bouwkosten in euro's (exclusief BTW)?

geen openbare informatie

Zijn er gegevens en bescheiden die u later wilt indienen? Geef dan hier aan welke gegevens en bescheiden u later wilt indienen.

nvt

Gebruiksfunctie

Voor welke bijeenkomstfunctie gaat u het gebouw gebruiken?

Andere bijeenkomstfunctie

Gaat het bij de andere bijeenkomstfunctie om een bedrijfsrestaurant of kantine van een gebouw met een kantoor- of industriefunctie?

Nee

Voor welke overige gebruiksfunctie gaat u het gebouw gebruiken?

Andere overige gebruiksfuncties

Betreft het bouwwerk een woonboot of een ander drijvend object?

Nee

Seizoensgebonden en tijdelijke bouwwerken

Gaat het om het bouwen of verbouwen van een seizoensgebonden bouwwerk?

Nee

Gaat het om het bouwen of verbouwen van een tijdelijk bouwwerk?

Nee

Informatie over stikstof en veiligheid bij uitvoering van bouwwerkzaamheden

Levert u ook de gegevens aan over de stikstofemissies en de veiligheid bij het uitvoeren van de bouwwerkzaamheden?

Nee

Bijlagen

Bouwactiviteit (technisch)

Plattegronden, doorsneden en detailtekeningen

Document	Vertrouwelijk
Bouwkundig 20240627.pdf	Nee
N24.08 - 08-01 Vides in constructie 2025-11-12.pdf	Nee

Constructieve berekening

Document	Vertrouwelijk
overzicht1_kp_1173682_21_1.pdf	Nee

Constructieve veiligheid

Document	Vertrouwelijk
24-236_SB01_2025-09-10 Vides.pdf	Nee

Toelichting op ontwerp constructie

Geen documenten.

Beschermen van de gezondheid

Geen documenten.

Mechanische ventilatie

Geen documenten.

Duurzaamheid

Geen documenten.

Thermische isolatie

Geen documenten.

Bruikbaarheid en toegankelijkheid

Geen documenten.

Bouwwerkinstallaties

Geen documenten.

Kwaliteitsverklaringen en CE-markeringen

Geen documenten.

Overige gegevens noodzakelijk voor toetsing

Document	Vertrouwelijk

Document	Vertrouwelijk
2023-009916-001 Beschikking Instemming ER - Rhijnhofweg.pdf	Nee
N25.10.05 offerte NOBUTEC.pdf	Nee

GOSTO Oegstgeest B.V
t.a.v. Stéphane Cohnen
Bella Vistastraat 310
1096 GM Amsterdam
T 06 4613 5842
E stephane@nautix.nl

Wateringen, 22 oktober 2025
Begroting vides
Referentie N25.10.05

Geachte heer Cohnen

Hartelijk dank voor uw belangstelling in onze organisatie en voor uw aanvraag voor het leveren en monteren van de staalconstructie en houten vloeren ten behoeve van vides.

Naar aanleiding van de door u verstrekte informatie doe ik graag door middel van deze vrijblijvende begrotingsofferte, waarop de bijgevoegde metaalunievoorwaarden van toepassing zijn, ons voorstel toekomen waarin de uitvoering van het project is uitgewerkt.

Ik vertrouw erop u hiermee een passende begrotingsofferte te hebben gemaakt.

Graag zie ik uw gewaardeerde opdracht met belangstelling tegemoet.

Met vriendelijke groeten,

Ron van der Burg
Nobutec Tuinbouwprojecten BV



1 SAMENVATTING

68 m2 vides
gecoate verzinkte staalconstructie
houten balklaag met underlayment platen
balustrades
1 trap

2 UITGANGSPUNTEN

Het project bestaat uit het leveren en monteren van nieuwe vides in de door ons gebouwde horeca serre te Oegstgeest.

2.1 AFMETINGEN

De vides bestaan uit 3 delen.

2 delen A. met een breedte van 3,415 m en een lengte van 6,28 m

1 deel B. met een breedte van 1,84 m en een lengte van 12,37 m

Totale oppervlakte: 68 m²

2.2 UITVOERING

De vides worden met behulp van totaal 12 kolommen op ca. 2,70 m boven de begane grond vloer aangebracht.

De benodigde liggers worden op deze kolommen en aan de bestaande constructie bevestigd.

Tussen de liggers wordt een houten balklaag aangebracht, aan de bovenzijde afgewerkt met underlaymentplaten.

Om de vides te kunnen bereiken wordt een trap geleverd en gemonteerd.

3 STAALCONSTRUCTIE

Thermisch verzinkte en gecoate staalconstructie.

binnenkolommen kokerprofiel 80x80x4 mm

liggers UNP 180

3.1 COATING

De verzinkte staalconstructie wordt aan de zichtzijden voorzien van een 2-laagse coating, in de kleur RAL 7016 structuur.

4 BALKLAAG EN VLOER

Tussen de UNP liggers worden geschaafde houten balken, 70x175 mm, aangebracht.

Op deze houten balken wordt 1 laag underlaymentplaten, 22 mm dik, aangebracht.

Zonder verder afwerkingen.

5 BALUSTRADES

2 balustrades van elk ca. 12,37 m¹, bestaande uit:

- Balusters, hoogte 1 m, standaard RAL kleur
- 33.2 blank gelaagd glas
- RVS glasklemmen
- RVS handrail



Voorbeeld van een balustrade

TRAP

Leveren en monteren van 1 trap.

Geheel uitgevoerd in verzinkt staal,
gecoat in de kleur RAL 7016 structuur.



Voorbeeld van een stalen trap

6 DIVERSEN

De constructie van de vides is berekend door constructiebureau Pelecon.

- Statische berekening 24-236 SB01 d.d. 10-09-2025

7 PRIJS

7.1 BEGROTINGSPRIJS

De totale begrotingsprijs voor het leveren en monteren van de staalconstructie en de vloeren t.b.v. de vides, zoals omschreven in deze aanvulling, bedraagt:

EUR 60.000,00 exclusief btw

Specificatie:

- Staalconstructie: € 25.000,00
- Verdiepingsvloer: € 15.750,00
- Balustrades en trap: € 19.250,00

7.2 CLAUSULE

Alle genoemde prijzen zijn gebaseerd op de huidige prijzen voor lonen en materialen. Eventuele prijsverhogingen worden doorberekend.

8 ALGEMEEN

8.1 OPRUIMEN

Onze materiaalrestanten en/of verpakkingsmaterialen worden door ons opgeruimd. Voor het afvoeren hiervan dienen de benodigde containers door uzelf ter beschikking gesteld te worden.

8.2 VOORZIENINGEN

Voor de opslag van kleine en/of diefstalgevoelige materialen dient een afsluitbare ruimte door de opdrachtgever kosteloos ter beschikking gesteld te worden.

Schaftgelegenheid en toilet dienen door de opdrachtgever kosteloos ter beschikking gesteld te worden aan het bouwkundig personeel, op voorwaarde dat het gebruik naar behoren plaats vindt.

8.3 LEVERING

Bouwplaats: Oegstgeest

De materialen worden DPU **Oegstgeest**, Nederland (gelost), volgens Incoterms, laatste versie, geleverd.

Bouwtijd o.o.v. 2026, nader te bepalen

8.4 VERZEKERING

In deze aanvulling is een **CAR verzekering** (Constructie All Risk), tegen diefstal en montage risico, voor de door ons te leveren materialen en de door ons uit te voeren werkzaamheden inbegrepen.

Het eigen risico ad € 1.250,= voor het werk en eigendommen van de opdrachtgever komen geheel voor rekening van de opdrachtgever.

Voor schade als gevolg van diefstal/vandalisme/storm geldt een verhoogd eigen risico van twee keer van het op het polis blad vermelde bedrag van de desbetreffende rubriek. Dit is dan € 2.500,=

Het dringende advies voor opslag van diefstalgevoelige materialen is:

- a. *in een opstal die deugdelijk is afgesloten volgens de richtlijnen van het Politiekeurmerk Veilig Wonen; of*
- b. *in een stalen container die is afgesloten met inbraak werend hang- en sluitwerk, voorzien van het SKG**-keurmerk of een gelijkwaardig keurmerk.*

Niet verzekerd is schade aan bomen, tuinen, gewassen, grondstructuur, erfafscheiding, bestrating e.d. ten gevolge van werkzaamheden.

Uitgesloten is schade of verlies door het vrijkomen van, respectievelijk verontreiniging door, asbest e.o. asbesthoudende zaken.

8.5 V & G PLAN

Het "Veiligheids- en Gezondheidsplan Ontwerpfase" (Preventiedocument kassenbouw) dient door de opdrachtgever tijdig opgesteld te worden.

De opdrachtnemer draagt zorg voor een V&G-deelplan.

8.6 VOORWAARDEN

De bouwplaats dient gelegen te zijn aan een verharde weg en per as bereikbaar.

Er is vanuit gegaan dat de materialen op de gebruikelijke wijze machinaal aangevoerd en verwerkt kunnen worden.

De bouwplaats dient vrij toegankelijk, zonder obstakels en met voldoende toegangsruimte, en geschikt te zijn voor alle door ons te gebruiken machines. Ook de ondergrond dient hiervoor geschikt te zijn.

De bouwplaats dient met voldoende vrije ruimte, zonder obstakels, beschikbaar te zijn voor alle door ons uit te voeren werkzaamheden.

Bij de uitvoering van de werkzaamheden dienen wij vrij te kunnen werken zonder dat er andere installateurs gelijktijdig aan het werk zijn.

De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het tijdig vrij en toegankelijk maken van de bouwplaats.

Water, licht- en krachtstroom moeten op de bouwplaats aanwezig zijn en komen voor rekening van de opdrachtgever.

Er is vanuit gegaan dat alle werkzaamheden ononderbroken uitgevoerd kunnen worden.

In verband met de veiligheid mogen er tijdens onze werkzaamheden geen klanten of andere niet bevoegde personen op de bouwplaats komen.

De ondergrond, welke aan ons ter beschikking wordt gesteld, dient voldoende vlak, vrij van obstakels en van voldoende kwaliteit te zijn.

Indien de grondtoestand dit vereist dient de grond gevlakt te worden of dient de begaanbaarheid verbeterd te worden, bijvoorbeeld door het plaatsen van rijplaten. Alle kosten daarvan zijn voor rekening van de opdrachtgever.

Wij wijzen u erop dat de grond, naar maatstaven van de arbeidsinspectie, beloopbaar dient te zijn.

Wij aanvaarden geen aansprakelijkheid voor de draagkracht van de ondergrond. Indien extra voorzieningen noodzakelijk zijn, worden de kosten als gevolg daarvan doorberekend.

Wij zijn niet aansprakelijk voor de beschikbaar gestelde ondergrond en voor eventuele schade en/of gevolgschade als gevolg van de ondergrond. Indien de ondergrond onverhoopt toch aangepast moet worden, zijn alle kosten daarvoor voor rekening van de opdrachtgever.

Om eventuele diefstal te bemoeilijken adviseren wij u de toegang tot het bouwterrein af te sluiten. Het risico van diefstal blijft voor rekening van de opdrachtgever.

Een verharde ondergrond van voldoende afmeting voor de tijdelijke opslag van de materialen is gewenst en komt de uitvoering ten goede.

Alle niet verwerkte materialen, blijven eigendom van de opdrachtnemer.

Onze aanvulling is gebaseerd op de beschikbaarheid van de omschreven materialen en/of producten.

Indien door onvoorziene omstandigheden deze materialen en/of producten niet voorradig zijn, houden wij ons het recht voor om kwalitatief vergelijkbare materialen en/of producten toe te passen.

Wij houden ons het recht voor kleine technische details kosteloos te wijzigen.
Omschreven merken of fabricaten kunnen worden vervangen door gelijkwaardige producten.
Kosten als gevolg van wijzigingen welke resulteren in meer- of minderwerk worden, in overleg, doorberekend.
Aan opgenomen en/of overige bijbehorende tekeningen en/of foto's kunnen geen rechten worden ontleend.
Mondelinge afspraken zijn uitsluitend geldig wanneer deze door een schriftelijke melding bevestigd zijn.
De opdrachtgever is verantwoordelijk voor het tijdig bekend maken van de benodigde gegevens van de verschillende betrokken installateurs. Dit komt de planmatige uitvoering ten goede.
In overleg zal worden bekeken wanneer derden hun werkzaamheden kunnen uitvoeren.
Wij zijn niet verantwoordelijk voor schades als gevolg van door derden aangebrachte installaties en/of verrichte werkzaamheden.
Eventuele extra voorzieningen, aanpassingen en/of herstelwerkzaamheden, welke tijdens of na de bouw uitgevoerd moeten worden, zijn niet inbegrepen.
Repareren van schades door toedoen van derden of het opnieuw monteren van eenmaal gemonteerde materialen welke door derden zijn verwijderd, zijn niet inbegrepen.
Bij gecoate materialen kunnen onderling geringe kleurverschillen voorkomen.
Eventuele door ons veroorzaakte beschadigingen van beperkte omvang aan de coating zullen ter plaatse met reparatielak worden behandeld. Hierbij kunnen kleurverschillen voorkomen.

Onze monteurs zijn bij calamiteiten, zoals stormschade, onmiddellijk opeisbaar.

Ten aanzien van deze aanvulling en ten aanzien van de overeenkomsten welke daarvan het uitvloeisel zijn, onderwerpen partijen zich aan het Nederlands recht.
De Rechtbank te Den Haag is bij uitsluiting bevoegd van geschillen kennis te nemen, tenzij de wet dwingend anders voorschrijft. Niettemin heeft Nobutec het recht het geschil voor te leggen aan de volgens de wet bevoegde rechter.

8.7 BETALING

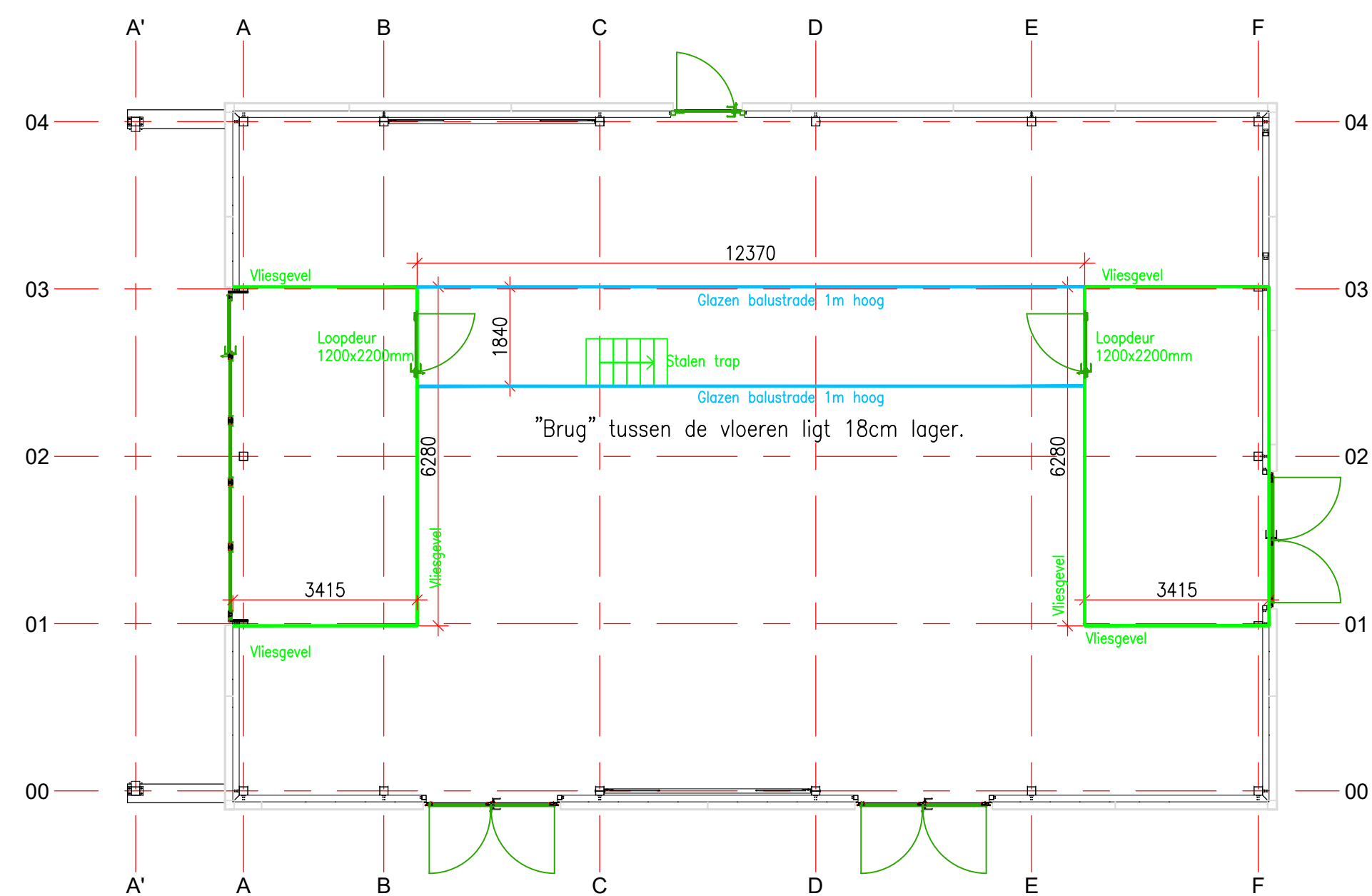
De betaling van de totale prijs dient, in afwijking op de Metaalunievoorwaarden, artikel 17.2, in de volgende termijnen plaats te vinden:

- 35% bij opdracht
- 60% bij de aanvang van montage van staalconstructie
- 5% bij de eindoplevering c.q. voor ingebruikname

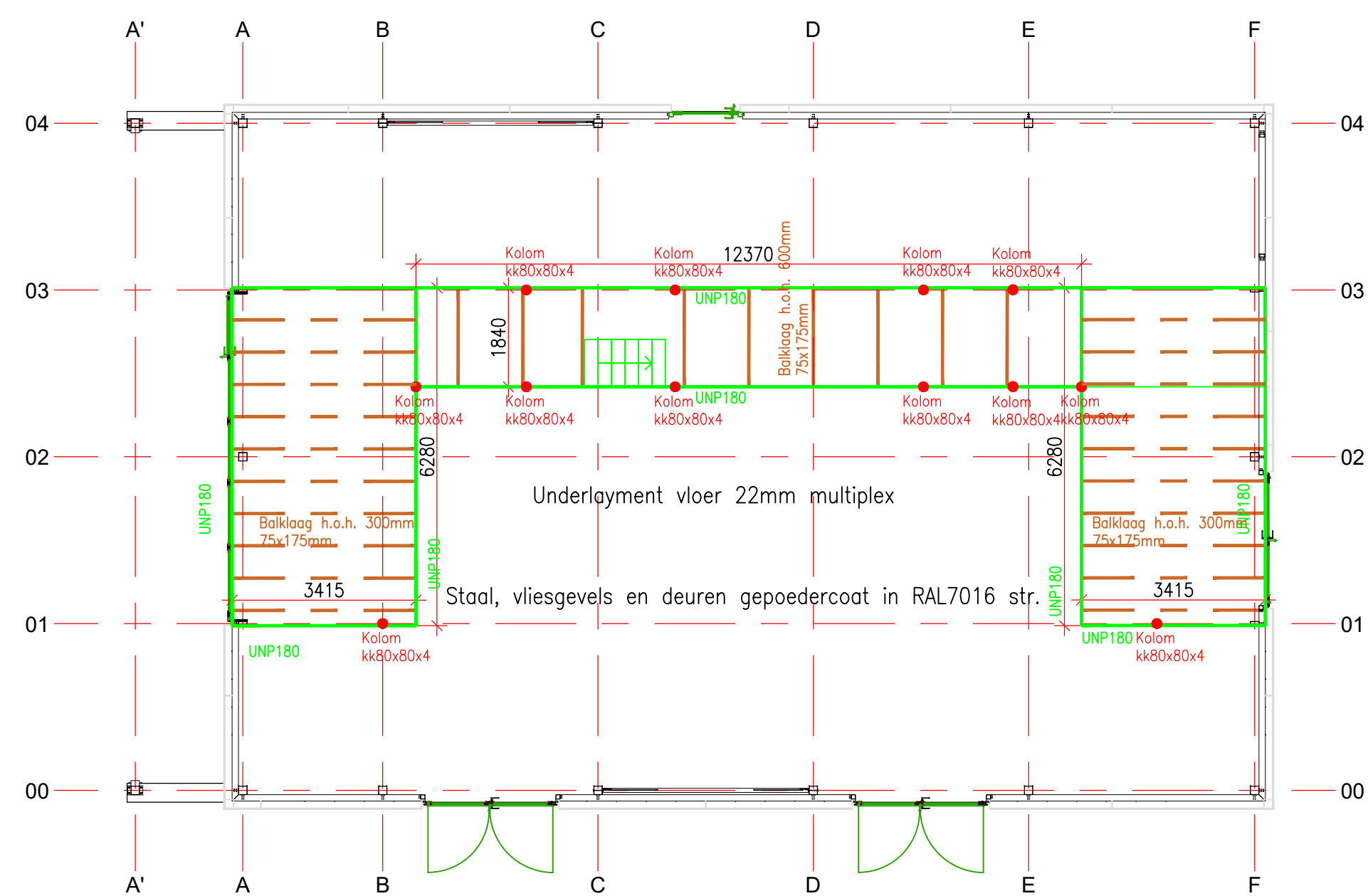
De betalingen dienen plaats te vinden binnen 5 dagen na dagtekening van de factuur.

8.8 METAALUNIEVOORWAARDEN

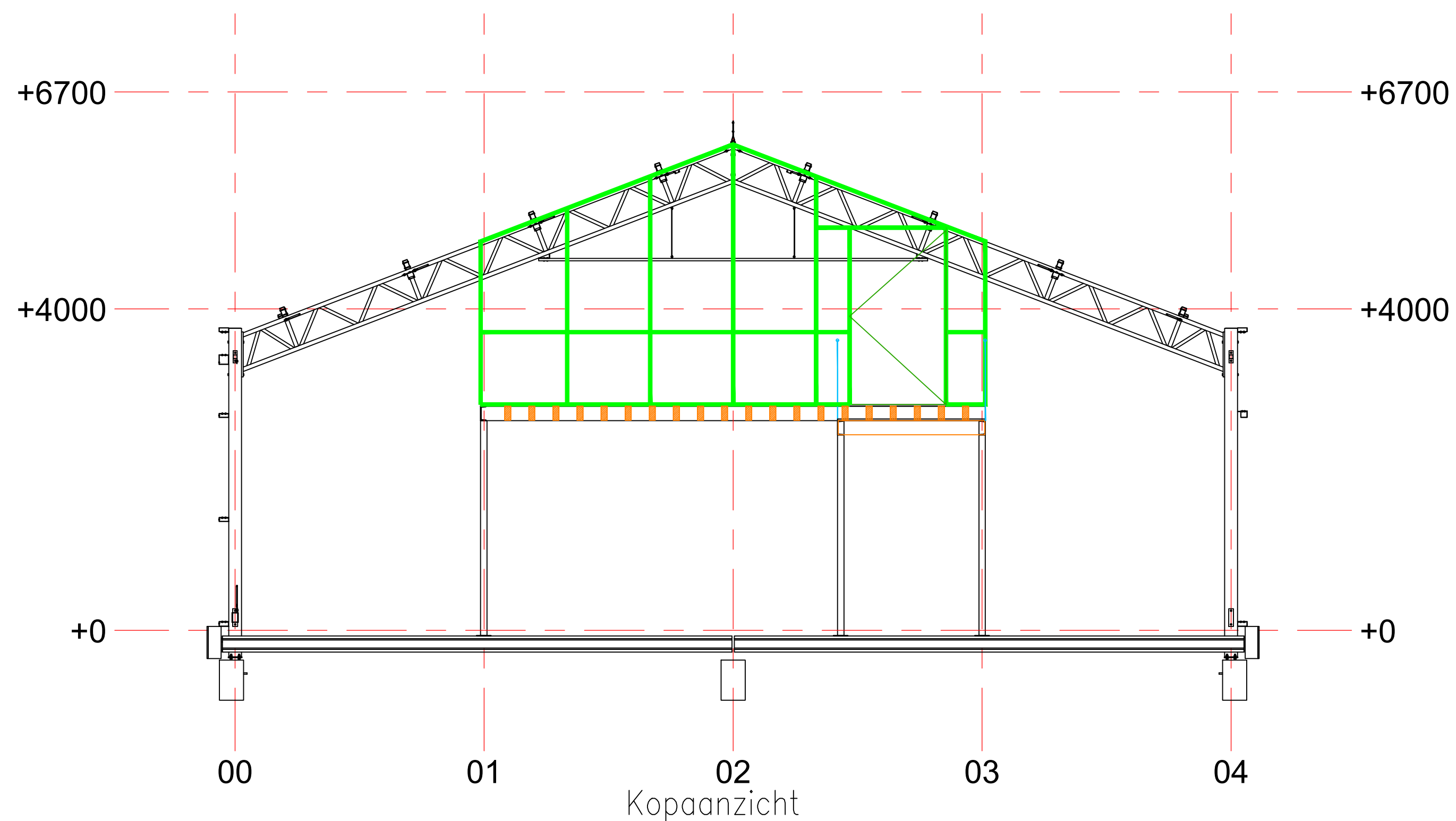
Op al onze offertes, op alle opdrachten aan ons en op alle met ons gesloten overeenkomsten zijn de METAALUNIEVOORWAARDEN van toepassing, gedeponereerd ter Griffie van de Rechtbank te Rotterdam, zoals deze luiden volgens de laatstelijk aldaar neergelegde tekst.
De Metaalunievoorwaarden, laatste versie, zijn bij deze aanvulling toegevoegd.



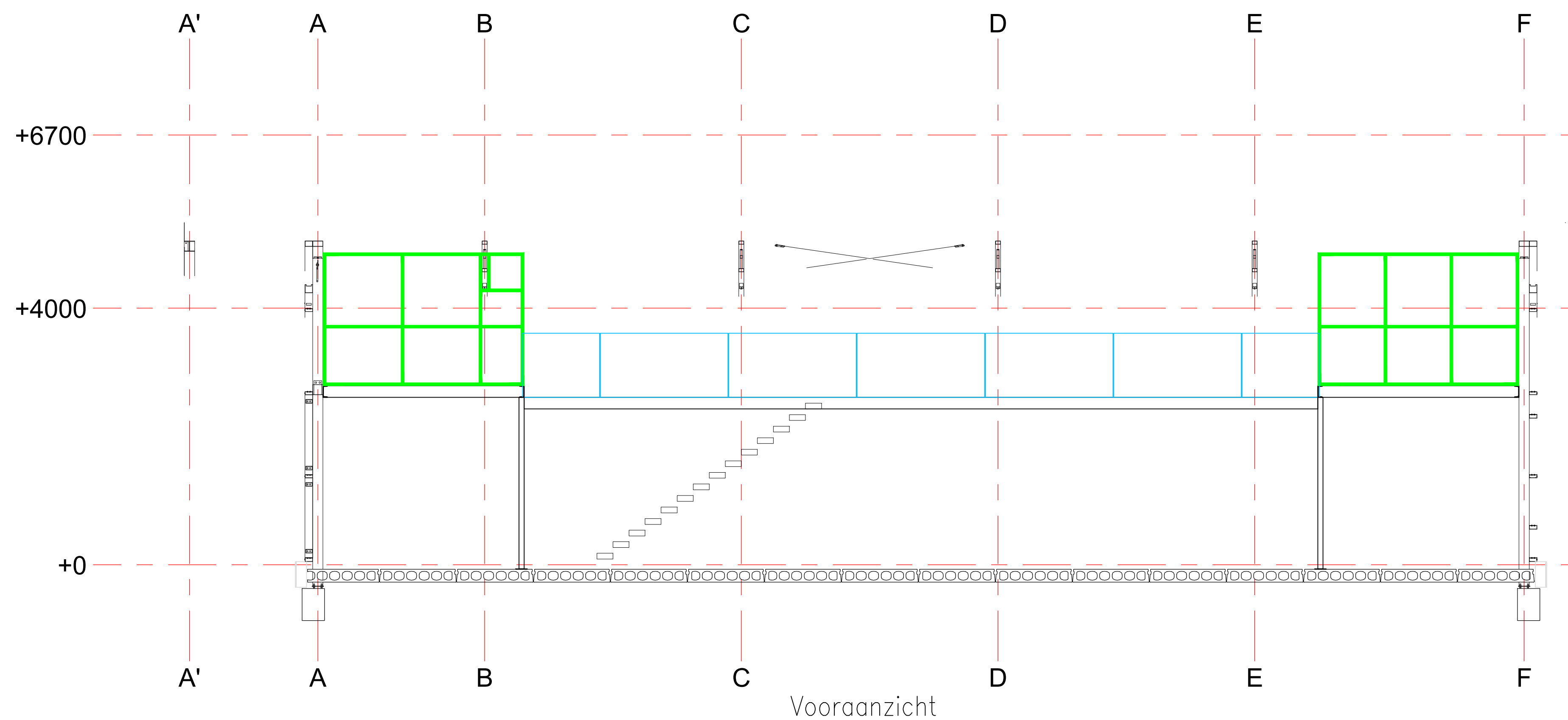
Aanduiding wanden, balustrades, trap



Vloeropbouw



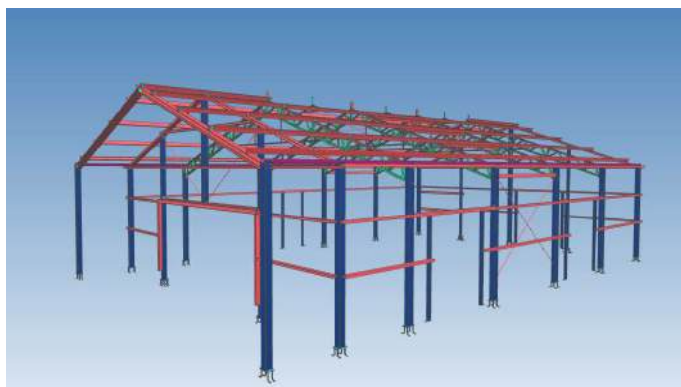
Kopaanzicht



Vooraanzicht

Opdrachtgever : Nautix – Oegstgeest			
Project : Horecapaviljoen			
Onderdeel : Ontwerp vides			
Datum : 12-11-2025			Offerte nr. :
Getekend : JV			Order nr. : N24.08
Schaal : 1:50/1:100			Status : DEFINITIEF
			Tekening nr. : 08-01

Nautix Valkenburgerweg 1 Oegstgeest



Opdrachtgever



Projectnummer

24-236

Rapport

SB01

Onderdeel

statische berekening

Status

definitief

Datum

28-8-2024

Gewijzigd

10-9-2025

Opgesteld door

E. Brok
Projectconstructeur

Controleur

H. van Vliet
Advisor



Behoort bij besluit van burgemeester en
wethouders van Oegstgeest

Datum: 25-11-2025
Ons kenmerk: Z/25/225951

Gezien door de constructeurs
van de gemeente Leiden.

24/11/25



Inhoudsopgave

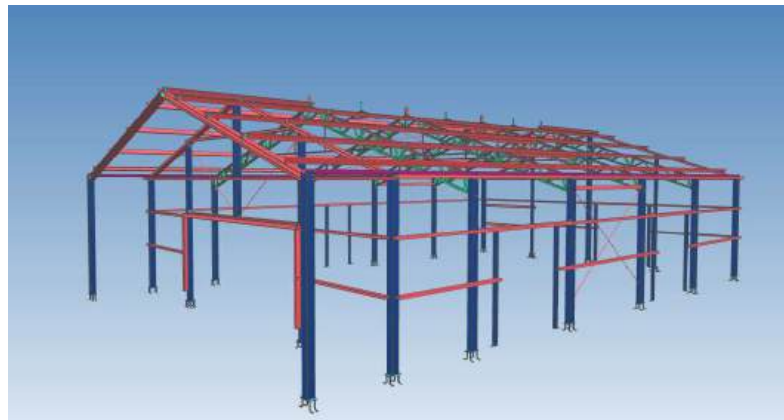
	Pagina
Inleiding	1
 Uitgangspunten	2
 NEN-EN-1991-1-4 Windbelasting	5
 Globale windvormfactoren volgens NEN-EN 13031	7
NEN-EN 13031-1 & NEN-EN 1991-1-3 Sneeuw	21
Berekening	22

Bijlage A	Overzichtstekening
Bijlage B	Houten balklaag verdiepingsvloer
Bijlage C	Staalconstructie verdiepingsvloer
Bijlage D	Kolom onder verdiepingsvloer
Bijlage E	Berekening Casta
Bijlage F	Controle kopgevelolommen
Bijlage G	Spant as A'
Bijlage H	Berekening begane grondvloer
Bijlage I	Berekening fundering
Bijlage J	Sondering
Bijlage K	Berekening paal draagvermogen

Inleiding



In dit rapport wordt de constructie van een nieuw te bouwen horecagelegenheid te Oegstgeest berekend. De opbouw bestaat uit een staalconstructie welke op een paalfundering met randbalk staat,



Uitgangspunten

Algemeen

taal:

Nederlands

land:

Nederland

plaats:

Oegstgeest

Normen en belastingen

Normen

NEN-EN 1991 Eurocode 0	Grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991 Eurocode 1	Belastingen op constructies
NEN-EN 1992 Eurocode 2	Betonconstructies
NEN-EN 1993 Eurocode 3	Staalconstructies
NEN-EN 1994 Eurocode 4	Staal-beton constructies
NEN-EN 1995 Eurocode 5	Houtconstructies
NEN-EN 1996 Eurocode 6	Constructies in metselwerk
NEN-EN 1997 Eurocode 7	Geotechnisch ontwerp
NEN-EN 1998 Eurocode 8	Aardbevingen
NEN-EN 1999 Eurocode 9	Aluminium

NEN-EN 13031:2020, Garden centre NL (CC2)

referentieperiode: 50 jaren

Belastingcombinaties



Bruikbaarheidsgrenstoestand (BGT)							
L.C.	GK1	GK2+QK4	QK1	QK2	QK3	QK5	AK2
1	1,00	1,00					
2	1,00	1,00	1,00		a 1,00		
3	1,00	1,00		a 1,00	b 1,00		
4	1,00		1,00				
5	1,00		1,00				
6	1,00		1,00				
7	1,00		1,00				
8	1,00	1,00			a 1,00	1,00	
9	1,00	1,00					[0,011]
10	1,00	1,00					[0,012]
11	1,00	1,00			a 1,00		[0,011]
12							
13							
14							

Uiterste grenstoestand (UGT)								ΨQ1	ΨQ2	ΨQ3
L.C.	GK1	GK2+QK4	QK1	QK2	QK3	QK5	AK2			
1	1,00	1,00		b 1,00						
2	1,20	1,20	1,50		a 1,50					
3	1,20	1,20		a 1,50	b 1,50					1,00
4	0,90		1,50							
5	0,90		1,50							
6	1,20		1,50							
7	0,90		1,50							
8	1,35	1,35			a 1,50	1,50				
9	1,00	1,00		a 1,00	b 1,00		1,00 [0,011]		0,67	0,67
10	1,00	1,00		a 1,00			1,00 [0,012]		0,67	
11	1,00	1,00			a 1,00		1,00 [0,011]			0,67
12										
13										
14										

G1 a): kasdek
G1 a): zonnepanelen
G1 a): e.g. goot
G1 a): e.g. ligger (autom.)
G1 b): transportlast perm.
G2 a): installaties
G2 a): permanent
G2 b): hangende teeltgoot

Q1: EN-1991-1-4 Wind $q_p(z)$
Q2: EN-1991-1-3 Sneeuw
Q3 a): gewas
Q3 a): variabel
Q3 b): gewas winter
Q4 a): kasdekreiniger
Q4 b): transportlast incid.

Belastingen

G1 a): kasdek	0,15 kN/m ²	Q1: EN-1991-1-4 Wind qp(z)	0,75 kN/m ²
G1 a): zonnepanelen	0,15 kN/m ²	Q2: EN-1991-1-3 Sneeuw	0,70 kN/m ²
G1 b): transportlast perm.	0 kN	Q2: Buitengewoon	0,70 kN/m ³
G2 a): installaties	0,07 kN/m ²	Q3 a): gewas	0 kN/m ²
G2 b): hangende teeltgoot	0 kN/m ²	Q3 b): gewas winter	0 kN/m ²
positie ophanging: n.v.t.		positie ophanging: n.v.t.	
hoogte teeltgoot	0 m	Q4 b): transportlast incid.	0 kN
		positie ophanging: n.v.t.	

verhoogde teeltlaag (aan kolom)

G2 a): permanent	0 kN/m ²
Q3 a): variabel	0 kN/m ²

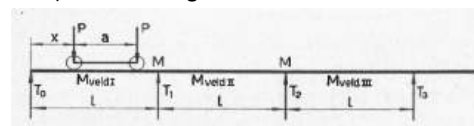
schoorverbanden (scherming)

aantal in tralierij	0 stuk(s)
N / schoorverband	0 N

Overige belastingen

kopgevel	0,13 kN/m
zijgevel	0,13 kN/m
beton	25,0 kN/m ³
staal	78,5 kN/m ³
aluminium	27,0 kN/m ³
EN1993-1-1 art. 6.3.5.2 N _{f,Ed}	0 kN

Q4 a): kasdekreiniger



gewicht (incl. slang)	6 kN
wielbasis (a)	1 m
steunpunten	> 3 stuk(s)
kapbreedte (b)	12,4 m
vakmaat (v)	4 m

kolomreactie

Q2: EN-1991-1-3 Sneeuw	34,72 kN
Q4 a): kasdekreiniger	2,94 kN

Richtlijnen teeltbelasting volgens ISSO 88

teelt	G2 b): hangende teeltgoot		Q3 a): gewas	
	zomer	winter	zomer	winter
aardbeien	300	300	0	0
tomaten	130	130	200	200
paprika	150	150	120	120
overige groenten	130	130	150	150
potplanten			1000	1000

Begane grondvloer

Kanaalplaatvloer	p.b.	v.b.
Afwerking/druklaag	2,83	5,00
	1,75	
	4,58	5,00

NEN-EN-1991-1-4 Windbelasting

hoogte (z)	6,89 m	referentieperiode	50 jaar
breedte (W)	12,4 m	terreincategorie	2 onbebouwd
lengte (l)	24 m	windgebied	2
hoogte maaiveld (A)	7 m	Vb,map (UK), custom	27,1 m/s
		afstand tot kustlijn	10 km
		afstand tot stadsrand	9 km

Waarschijnlijkheidsfactor

	Eenheid	Symbool	art. / tab. / vgl.
ruwheidshoogte	K	0,234 -	art. 4.2
ovalisatiefrequentie	n	0,5 -	art. 4.2
jaarlijkse overschrijdingskans	p	0,02 -	1 - e ^(1/t)
waarschijnlijkheidsfactor	Cprob	1,00 -	vgl. 4.2

Basisstuwdruk

dichtheid van lucht	p	1,25 kg/m ³	art. 4.5
fundamentele waarde van de basis windsnelheid	Vbo	27,0 m/s	
windrichtingsfactor	Cdir	1 -	art.4.2
seizoensfactor	Cseason	1 -	art.4.2
basis windsnelheid	Vb	27,0 m/s	vgl. 4.1
referentie windsnelheid	Vref	27,0 m/s	(Vb · Cprob)
basisstuwdruk	qb	0,46 kN/m ²	art. 4.10

Terreinruwheid

minimale hoogte	Zmin	4,0 m	tabel 4.1
maximale hoogte	Zmax	200,0 m	tabel 4.1
ruwheidslengte	z0	0,2 m	tabel 4.1
ruwheidslengte (cat II)	z0,II	0,05 m	tabel 4.1
terreinfactor	Kr	0,21 -	vgl. 4.5
	α	- -	
ruwheidsfactor	Cr(z)	0,7 -	vgl. 4.4
orografiefactor	C0(z)	1,0 -	art. 4.3.3

Gemiddelde windsnelheid

Vm	20,02 m/s	vgl. 4.3

Windturbulentie

storingsfactor voor wervelloslating	Ki	1,00 -	art. 4.4
turbulentie-intensiteit	Iv(z)	0,283 -	vgl. 4.7

Extreme stuwdruk

blootstellingsfactor	Ce(z)	1,64 -	vgl. 4.9
blootstellingsfactor stad (UK)	Ce,T	- -	
piek windsnelheid	Vp(z)	34,5 m/s	
hoogtefactor (A)		1,00 -	
extreme stuwdruk	qp(z)	0,75 kN/m ²	vgl. 4.8

Berekening CsCd volgens NEN-EN 13031-1:2020

bouwwerkfactor	= $C_{s,\perp}$	= 0,85 -
correlation coefficient	= $C_{cor //}$	= 0,86 -
bouwwerkfactor	= C_s	= 0,85 -
maximum reductie	= C_s^2	= 0,72 -
reductiefactor (UGT)	= $\max [C_s^2 ; (C_{s,\perp} \times C_{cor //})]$	= 0,73 -
reductiefactor (BGT)	= $C_{s,\perp} \times C_{cor //}$	= 0,73 -

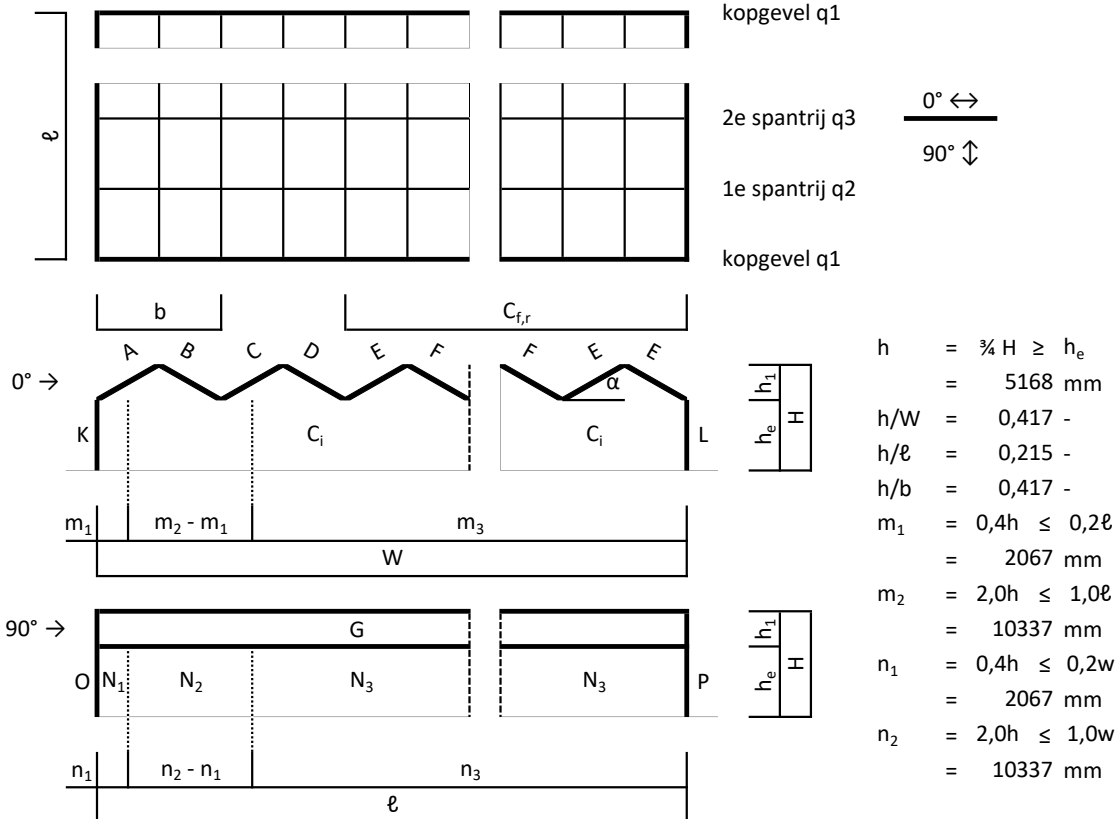
X (m)	$C_{s,\perp}$	$C_{cor //}$
5	0,92	1,00
10	0,89	0,85
20	0,87	0,85
30	0,85	0,85
50	0,82	0,85
75	0,80	0,85
100	0,78	0,85
150	0,75	0,85
200	0,73	0,85

afmetingfactor =	12,4 m	→ $C_{cor //}$	= 0,85 -
afmetingfactor =	24 m	→ $C_{s,\perp}$	= 0,86 -

Globale windvormfactoren volgens NEN-EN 13031

Geometrie		kopgevel	
kapbreedte (b)	= 12400 mm	nokkolom (nko)	aanwezig
aantal kappen (nk)	= 1 stuk(s)	tussenkolom (tkk), max. 4	= 2 stuk(s)
lengte spant (l)	= 12400 mm	gordingen (gok)	1 kap
aantal spanten (ns)	= 1 stuk(s)	schoorvakken, portalen	= 0 stuk(s)
aantal kappen (nb)	= 1 stuk(s)	zijgevel	
breedte (W)	= 12,4 m	tussenkolom (tkz), max 2	= 0 stuk(s)
vakmaat (v)	= 4000 mm	gordingen (goz)	doorgaand
eindvak (ve)	= 4000 mm	schoorvakken, portalen	= 1 stuk(s)
aantal vakken (nv)	= 4 stuk(s)	dek	
aantal eindvakken (nve)	= 2 stuk(s)	elasticiteitsmodulus (E)	= 210000 N/mm ²
lengte kas (ℓ)		traagheidsmoment (Iy)	= 6 cm ⁴
ℓ = 4 v + 2 ve	= 24 m	inklemming nok (Kn)	= 0 kNm/rad
schoorvakken, portalen	= 1 stuk(s)	inklemming goot (Kg)	= 0 kNm/rad
α	= 25 °	Q1: EN-1991-1-4 Wind qp(z)	= 0,75 kN/m ²
hoogte kap (h1)	= 2891 mm	wind ↓ incl. factoren	= 0,09 kN/m ²
hoogte goot (he)	= 4000 mm	wind ↑ incl. factoren	= -0,37 kN/m ²
totale hoogte (H)	= 6891 mm	CsCd zone K, L	= 0,73 -
zwevende spanten	= 1 stuk(s)		

Bovenaanzicht, globale dukcoëfficiënten



Windbelasting volgens NEN-13031 Tabel B1

Algemeen

q_1 Kopgevel = 2,0 m q_2 1e rij = 4,0 m q_3 2e rij = 4,0 m

interne druk C_i

onderdruk = 0,3 + naar constructie
overdruk = -0,2 - van constructie af

Windbelasting op de spanten

Geval 1: wind 0° onderdruk zone A C_{e+}

C_i	=	0,30	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,94	0,81	2,34	1,99
A	-0,24	0,06	0,09	0,17	0,17
B	-0,62	-0,32	-0,47	-0,95	-0,95
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,04	-0,04	-0,11	-0,09

Geval 2: wind 0° onderdruk zone A C_{e-}

C_i	=	0,30	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,94	0,81	2,34	1,99
A	0,20	0,50	0,75	1,49	1,49
B	-0,62	-0,32	-0,47	-0,95	-0,95
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,04	-0,04	-0,11	-0,09

Geval 3: wind 0° overdruk zone A C_{e+}

C_i	=	-0,20	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,44	0,38	1,10	0,93
A	-0,24	-0,44	-0,66	-1,32	-1,32
B	-0,62	-0,82	-1,22	-2,44	-2,44
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,54	-0,47	-1,35	-1,14

Geval 4: wind 0° overdruk zone A C_{e-}

C_i	=	-0,20	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,44	0,38	1,10	0,93
A	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
B	-0,62	-0,82	-1,22	-2,44	-2,44
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,54	-0,47	-1,35	-1,14

Geval 5: wind 0° zone A C_{e+} , $C_i = 0$

C_i	=	0,00	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,64	0,56	1,60	1,35
A	-0,24	-0,24	-0,36	-0,72	-0,72
B	-0,62	-0,62	-0,92	-1,84	-1,84
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,34	-0,30	-0,85	-0,72

Geval 6: wind 0° zone A C_{e-} , $C_i = 0$

C_i	=	0,00	C	=	$C_e + C_i + C_{fr,1}$
Zone	C_e	C	q_1	q_2	q_3
K	0,64	0,64	0,56	1,60	1,35
A	0,20	0,20	0,30	0,60	0,60
B	-0,62	-0,62	-0,92	-1,84	-1,84
C					
D					
E					
F					
L	-0,34	-0,34	-0,30	-0,85	-0,72

Geval 7: wind 90° onderdruk

$$c_i = 0,30 \quad q_x = 0,1 - 1,2 e^{-1,5 x/h}$$

Zone	c_e	c	q_1	q_2	q_3
N _{1,2,3}			-0,80	-1,89	-1,47
G			-0,97	-1,27	0,19
N _{1,2,3}			-0,80	-1,89	-1,47

Geval 8: wind 90° overruk

$$c_i = -0,20 \quad q_x = -0,4 - 1,2 e^{-1,5 x/h}$$

Zone	c_e	c	q_1	q_2	q_3
N _{1,2,3}			-1,37	-3,23	-2,52
G			-1,56	-2,94	-1,38
N _{1,2,3}			-1,37	-3,23	-2,52

Geval 9: wind 90° Ci = 0

$$c_i = 0,00 \quad q_x = -0,2 - 1,2 e^{-1,5 x/h}$$

Zone	c_e	c	q_1	q_2	q_3
N _{1,2,3}			-1,14	-2,69	-2,10
G			-1,33	-2,26	-0,80
N _{1,2,3}			-1,14	-2,69	-2,10

Geval: 7 - 9

Zone	c_e	c	q_1	q_2	q_3
N _{1,2,3}			-1,37	-3,23	-2,52
G			-1,56	-2,94	-1,38
N _{1,2,3}			-1,37	-3,23	-2,52

wrijving dak Cfr,1, wind 0°

$$C_{f,r} = 0,03 * \tan \alpha * h_1 * q_p * b * n_b = 0,129 \text{ kN/m (nok)}$$

wrijving dak Cfr,1, wind 90°

$$C_{f,r} = 0,01 * q_p * [\ell - \min(2h_e; W)] = 0,119 \text{ kN/m}$$

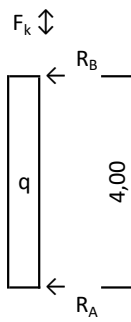
Resumé horizontale reacties windbelasting vanuit de kappen zone A - F

	Kopgevel	1e rij	2e rij
Geval 1	-1,6	-3,2	-3,2
Geval 2	-3,5	-7,0	-7,0
Geval 3	-1,6	-3,2	-3,2
Geval 4	-3,5	-7,0	-7,0
Geval 5	-1,6	-3,2	-3,2
Geval 6	-3,5	-7,0	-7,0
Geval 7 - 9	0,0	0,0	0,0

Windbelasting tussenkolommen zijgevel (tkz)

Belasting ten behoeve van sterkte, stabiliteit en vervorming (tkz)

	zone K, A				zone N, G		
	q	R _A , R _B	F _k ↑	F _k ↓	q	R _A , R _B	F _k ↑
kopgevel							
tussenkolom (tkz)	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0
tussenkolom (tkz)	0,00	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0
1e spanrij							
tussenkolom (tkz)	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0
tussenkolom (tkz)	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0,0	0,0
2e spanrij							



Reacties F_k uit zone A en G zijgevel

tussenkolom (tkz), max 2

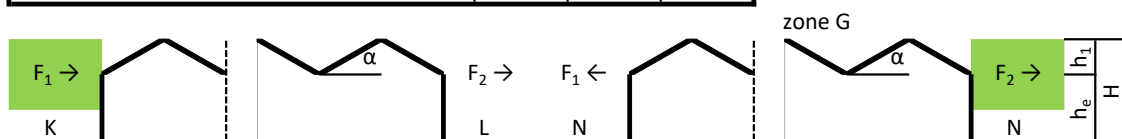
0 stuk(s)

kopgevel	ve	=	4,00 m	b	=	4,00 m	q	=	$\Sigma R_{i,v} / b$
1e spanrij	v	=	4,00 m	b	=	4,00 m	F _k	=	q b
2e spanrij	v	=	4,00 m	b	=	4,00 m			

	kopgevel			1e spanrij			2e spanrij			
	$\Sigma R_{i,v}$ kN	q kN/m	F _k kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	q kN/m	F _k kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	q kN/m	F _k kN	
geval 1	-0,5	-0,13	0,00	-1,0	-0,26	0,00	-1,0	-0,26	0,00	zone A
geval 2	2,3	0,58	0,00	4,7	1,16	0,00	4,7	1,16	0,00	
geval 3	-5,1	-1,29	0,00	-10,3	-2,57	0,00	-10,3	-2,57	0,00	
geval 4	-2,3	-0,57	0,00	-4,6	-1,15	0,00	-4,6	-1,15	0,00	
geval 5	-3,3	-0,82	0,00	-6,6	-1,65	0,00	-6,6	-1,65	0,00	
geval 6	-0,4	-0,11	0,00	-0,9	-0,22	0,00	-0,9	-0,22	0,00	
geval 7 - 9	-9,7	-2,42	0,00	-18,2	-4,55	0,00	-8,5	-2,13	0,00	zone G

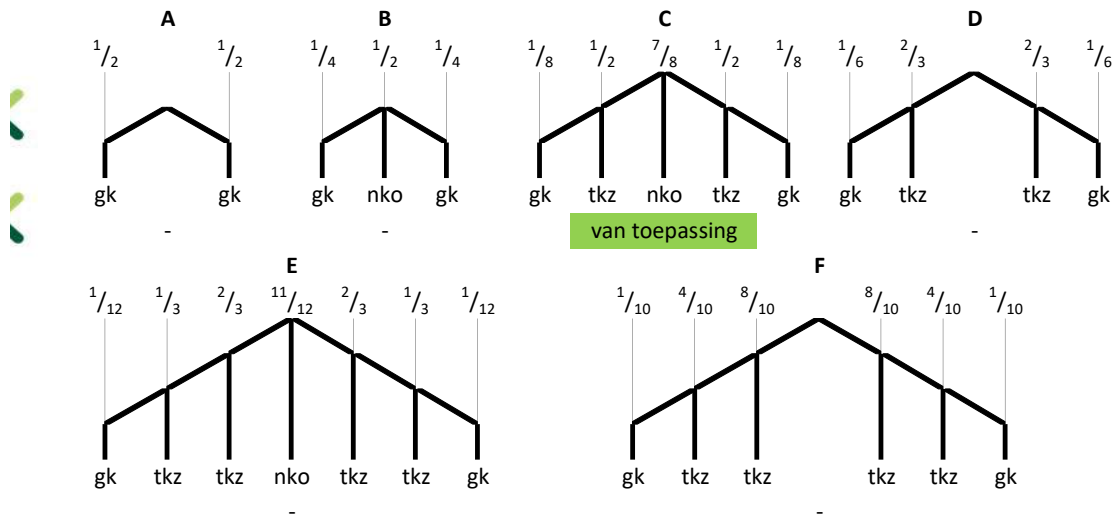
Horizontale reacties op spanten

	zone K F1	zone L F2	zone N F1, F2
Geval 1: wind 0° onderdruk zone A Ce+	0,00	0,00	
Geval 2: wind 0° overdruk zone A Ce+	0,00	0,00	
Geval 3: wind 0° onderdruk zone A Ce-	0,00	0,00	
Geval 4: wind 0° overdruk zone A Ce-	0,00	0,00	
Geval 5: wind 0° zone A Ce+, C _i = 0	0,00	0,00	
Geval 6: wind 0° zone A Ce-, C _i = 0	0,00	0,00	
Geval 7 - 9: wind 90°			0,00



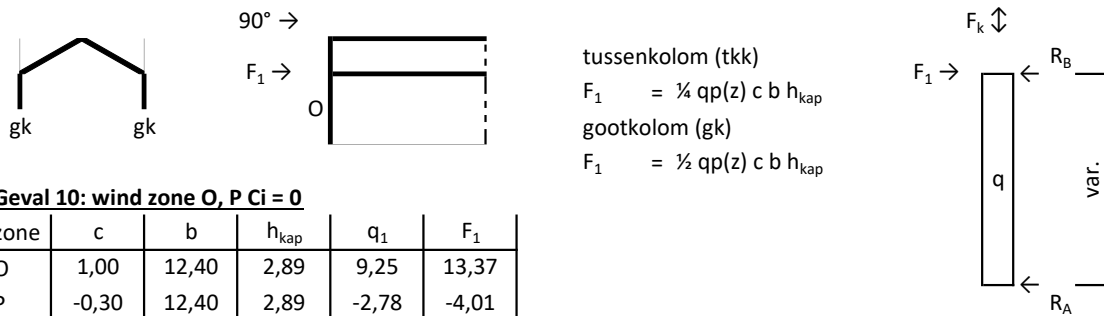
Windbelasting op de kopgevel

Varianten



Extra belasting op de goot bij variant A

De bovenste gording ligt (normaliter) ter hoogte van de goot. Als gevolg van het deel tussen deze laatste gording en het dek ontstaat een puntlast F1 ter hoogte van de goot.



Geval 10: wind zone O, P Ci = 0

zone	c	b	h_{kap}	q_1	F_1
O	1,00	12,40	2,89	9,25	13,37
P	-0,30	12,40	2,89	-2,78	-4,01

Belastingen zone O, P en G, geval 7 - 9

	c	b	q	h	R_A, R_B	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)	1,00	3,1	2,31	4,36	5,04	-4,39	
tussenkolom (tkk)	1,00	3,1	2,31	5,45	6,30	-4,39	
tussenkolom (tkk)							
nokkolom (nko)	1,00	3,1	2,31	6,53	7,55	-4,39	

Belastingen zone M en A - F, geval 1 - 6

	c	b	q	h	R_A, R_B	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)			-1,10	4,36	-2,39	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)			-2,60	5,45	-7,07	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)							
nokkolom (nko)			-1,92	6,53	-6,25	-3,42	2,10

Kolomreactie Fk

Belastingen (schuin gemeten)	zone A	zone B	zone C	zone D	zone E	zone F	zone G
Geval 1: wind 0° onderdruk zone A Ce+	0,09	-0,47					
Geval 2: wind 0° overdruk zone A Ce+	0,75	-0,47					
Geval 3: wind 0° onderdruk zone A Ce-	-0,66	-1,22					
Geval 4: wind 0° overdruk zone A Ce-	0,00	-1,22					
Geval 5: wind 0° zone A Ce+, Ci = 0	-0,36	-0,92					
Geval 6: wind 0° zone A Ce-, Ci = 0	0,30	-0,92					
Geval 7 - 9: wind 90°							-1,56

Belastingen (recht gemeten)

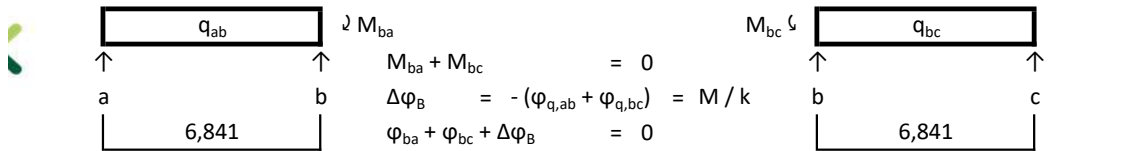
Belastingen (recht gemeten)	zone A	zone B	zone C	zone D	zone E	zone F	zone G
Geval 1: wind 0° onderdruk zone A Ce+	0,08	-0,43					
Geval 2: wind 0° overdruk zone A Ce+	0,68	-0,43					
Geval 3: wind 0° onderdruk zone A Ce-	-0,60	-1,10					
Geval 4: wind 0° overdruk zone A Ce-	0,00	-1,10					
Geval 5: wind 0° zone A Ce+, Ci = 0	-0,33	-0,83					
Geval 6: wind 0° zone A Ce-, Ci = 0	0,27	-0,83					
Geval 7 - 9: wind 90°							-1,42

Kolomreactie Fk

Kolomreactie Fk	zone A	zone B	zone C	zone D	zone E	zone F	zone G
Geval 1: wind 0° onderdruk zone A Ce+	0,24	-1,33					
Geval 2: wind 0° overdruk zone A Ce+	2,10	-1,33					
Geval 3: wind 0° onderdruk zone A Ce-	-1,86	-3,42					
Geval 4: wind 0° overdruk zone A Ce-	0,00	-3,42					
Geval 5: wind 0° zone A Ce+, Ci = 0	-1,02	-2,59					
Geval 6: wind 0° zone A Ce-, Ci = 0	0,84	-2,59					
Geval 7 - 9: wind 90°							-4,39

Reacties uit kappen op kolommen, tralie

Krachtswerking kappen		E	=	210000 N/mm ²	+	-
kapbreedte (b)	=	12,40 m	ly	=	6 cm ⁴	↘ ↗
hoogte kap (h1)	=	2,8911 m	Kn	=	0 kNm/rad	a b c
α	=	25 °	q _{ab}	=	0,09 kN/m	↘ ↗
lengte kap (ℓk)	=	6,84 m	q _{bc}	=	-0,47 kN/m	a b c

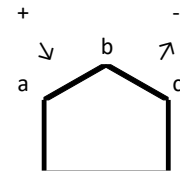


$$\begin{aligned}
 \varphi_{ba} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{ab} (\ell k)^3}{24EI} \\
 \varphi_{bc} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{bc} (\ell k)^3}{24EI} \\
 \Delta\varphi_B &= \frac{M_B}{K} = 0,00000 \text{ rad.} \\
 \rho &= \frac{K (\ell k)}{EI} = 0,00 - \\
 \varphi_{ba} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{ab} (\ell k)^3}{24EI} = -0,09034 \text{ rad.} \\
 \varphi_{bc} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{bc} (\ell k)^3}{24EI} = 0,50039 \text{ rad.} \\
 M_{ba} &= M_{bc} = K \varphi_{bc} = 0,00 \text{ kNm} \\
 D_{ab} &= \frac{1}{2} q_{ab} \ell k - M_{ba} / \ell k = 0,29 \text{ kN} \\
 D_{ba} &= \frac{1}{2} q_{ab} \ell k + M_{ba} / \ell k = 0,29 \text{ kN} \\
 M_{v,1} \rightarrow D &= 0 \rightarrow D_{ba} / q_{ab} = 3,420 \text{ m}^* \\
 M_0 \rightarrow \ell k - 2 (\ell k - D_{ba} / q_{ab}) &= 0,000 \text{ m}^* \\
 \ell k_1 &= \ell k - 0,000 = 6,841 \text{ m} \\
 M_{v,1} &= \frac{1}{8} q_{ab} \ell k_1^2 = 0,50 \text{ kNm} \\
 \varphi_{ba} + \varphi_{bc} + \Delta\varphi_B &= 0 \\
 \frac{8M_B (\ell k)}{24EI} - \frac{q_{ab} (\ell k)^3}{24EI} + \frac{8M_B (\ell k)}{24EI} - \frac{q_{bc} (\ell k)^3}{24EI} + \frac{24EI M_B}{24EI K} &= 0 \\
 M_B \{16 K (\ell k) + 24EI\} &= 16 K (\ell k)^3 (q_{ab} + q_{bc}) \\
 M_B &= \frac{K (\ell k)^3 (q_{ab} + q_{bc})}{16 K (\ell k) + 24EI} = \frac{K (\ell k)^3 (q_{ab} + q_{bc})}{16 K (\ell k) [1 + 3 EI / (2 K (\ell k))]} \\
 &= \frac{1}{16} (q_{ab} + q_{bc}) (\ell k)^2 2\rho / (2\rho + 3) = 0,00 \text{ kNm} \\
 \varphi_{ba} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{ab} (\ell k)^3}{24EI} = -0,09034 \text{ rad.} \\
 \varphi_{bc} &= \frac{M_B (\ell k)}{3EI} - \frac{q_{bc} (\ell k)^3}{24EI} = 0,50039 \text{ rad.} \\
 &= -(\varphi_{q, bc} + \Delta\varphi_B) = -0,50039 \text{ rad.} \\
 &= -(\varphi_{q, ba} + \Delta\varphi_B) = 0,09034 \text{ rad.} \\
 M_{ba} &= M_{bc} = K \varphi_{bc} = 0,00 \text{ kNm} \\
 D_{cb} &= \frac{1}{2} q_{bc} \ell k - M_{bc} / \ell k = -1,62 \text{ kN} \\
 D_{bc} &= \frac{1}{2} q_{bc} \ell k + M_{bc} / \ell k = -1,62 \text{ kN} \\
 M_{v,2} \rightarrow D &= 0 \rightarrow D_{bc} / q_{bc} = 3,4 \text{ m}^* \\
 M_0 \rightarrow \ell k - 2 (\ell k - D_{bc} / q_{bc}) &= 0,000 \text{ m}^* \\
 \ell k_2 &= \ell k - 0,000 = 6,841 \text{ m} \\
 M_{v,2} &= \frac{1}{8} q_{bc} \ell k_2^2 = -2,76 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

* gemeten vanaf de nok

$$\begin{aligned}
 F_i &= q \cdot \ell k & F_1 &= 0,6 \text{ kN} & F_2 &= -3,2 \text{ kN} \\
 F_{i,v} &= F_i \cos \alpha & F_{1,v} &= 0,5 \text{ kN} & F_{2,v} &= -2,9 \text{ kN} \\
 F_{i,h} &= F_i \sin \alpha & F_{1,h} &= 0,2 \text{ kN} & F_{2,h} &= 1,4 \text{ kN} \\
 R_{a,v} &= F_{1,v} + F_{2,v} - R_{c,v} & & & &= -0,5 \text{ kN} \\
 R_{a,h} &= \frac{R_{a,v} - \frac{1}{2} q_{ab} \ell s \cos \alpha}{\tan \alpha} - \frac{1}{2} q_{ab} \ell s \sin \alpha + \frac{M_{ba}}{h1} & & & &= -1,8 \text{ kN} \\
 N_{ab} &= [(R_{a,v} - D_{ab} \cos \alpha)^2 + \{(R_{a,v} - D_{ab} \cos \alpha) / \tan \alpha\}^2]^{1/2} & & & &= 1,9 \text{ kN} \\
 R_{c,v} &= \frac{1}{4} F_{1,v} \ell k + \frac{3}{4} F_{2,v} \ell k + \frac{1}{2} (F_{1,h} + F_{2,h}) h1 & & & &= -1,9 \text{ kN} \\
 R_{c,h} &= \frac{R_{c,v} - \frac{1}{2} q_{bc} \ell s \cos \alpha}{\tan \alpha} - \frac{1}{2} q_{bc} \ell s \sin \alpha + \frac{M_{bc}}{h1} & & & &= -0,2 \text{ kN} \\
 N_{bc} &= [(R_{c,v} - D_{bc} \cos \alpha)^2 + \{(R_{c,v} - D_{bc} \cos \alpha) / \tan \alpha\}^2]^{1/2} & & & &= 1,0 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

kapbreedte (b)	=	12,40 m		
hoogte kap (h1)	=	2,8911 m	E	= 210000 N/mm ²
α	=	25 °	I_y	= 6 cm ⁴
lengte kap (ℓ_k)	=	6,84 m	Kn	= 0 kNm/rad
$\Delta\varphi_B = M_B / K$	=	0,00000 rad.		
$\rho = K(\ell_k) / EI$	=	0,00 -		



Geval 1: wind 0° onderdruk zone A Ce+

Kopgevel

	q_1 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	0,09	0,0	0,6	0,5	0,2	0,3	-0,5	-0,5	-1,8	-1,8
B	-0,47	0,0	-3,2	-2,9	1,4	-1,6	-1,9	-1,9	0,2	0,2
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -1,6 kN

1e Spanrij

	q_2 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	0,17	0,0	1,2	1,1	0,5	0,6	-1,0	-1,0	-3,6	-3,6
B	-0,95	0,0	-6,5	-5,9	2,7	-3,2	-3,8	-3,8	0,4	0,4
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -3,2 kN

2e Spanrij

	q_3 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	0,17	0,0	1,2	1,1	0,5	0,6	-1,0	-1,0	-3,6	-3,6
B	-0,95	0,0	-6,5	-5,9	2,7	-3,2	-3,8	-3,8	0,4	0,4
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -3,2 kN

Geval 2: wind 0° overdruk zone A Ce+

Kopgevel

	q_1 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	0,75	0,0	5,1	4,6	2,2	2,6	2,3	2,3	-1,1	-1,1
B	-0,47	0,0	-3,2	-2,9	1,4	-1,6	-0,6	-0,6	-2,5	-2,5
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -3,5 kN

1e Spanrij

	q_2 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	1,49	0,0	10,2	9,3	4,3	5,1	4,7	4,7	-2,1	-2,1
B	-0,95	0,0	-6,5	-5,9	2,7	-3,2	-1,3	-1,3	-4,9	-4,9
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -7,0 kN

2e Spanrij

	q_3 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
A	1,49	0,0	10,2	9,3	4,3	5,1	4,7	4,7	-2,1	-2,1
B	-0,95	0,0	-6,5	-5,9	2,7	-3,2	-1,3	-1,3	-4,9	-4,9
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										$\Sigma R_{i,h}$ -7,0 kN

Geval 3: wind 0° onderdruk zone A Ce-

Kopgevel

	q ₁ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-0,66	0,0	-4,5	-4,1	-1,9	-2,3	-5,1	-5,1	-5,7	-5,7
B	-1,22	0,0	-8,3	-7,6	3,5	-4,2	-6,5	-6,5	4,1	4,1
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-1,6 kN	

1e Spanrij

	q ₂ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-1,32	0,0	-9,0	-8,2	-3,8	-4,5	-10,3	-10,3	-11,4	-11,4
B	-2,44	0,0	-16,7	-15,1	7,0	-8,3	-13,0	-13,0	8,2	8,2
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-3,2 kN	

2e Spanrij

	q ₃ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-1,32	0,0	-9,0	-8,2	-3,8	-4,5	-10,3	-10,3	-11,4	-11,4
B	-2,44	0,0	-16,7	-15,1	7,0	-8,3	-13,0	-13,0	8,2	8,2
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-3,2 kN	

Geval 4: wind 0° overdruk zone A Ce-

Kopgevel

	q ₁ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	-2,3	-4,9	-4,9
B	-1,22	0,0	-8,3	-7,6	3,5	-4,2	-5,3	-5,3	1,4	1,4
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-3,5	kN

1e Spanrij

	q ₂ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,6	-4,6	-9,9	-9,9
B	-2,44	0,0	-16,7	-15,1	7,0	-8,3	-10,5	-10,5	2,8	2,8
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-7,0	kN

2e Spanrij

	q ₃ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,6	-4,6	-9,9	-9,9
B	-2,44	0,0	-16,7	-15,1	7,0	-8,3	-10,5	-10,5	2,8	2,8
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-7,0	kN

Geval 5: wind 0° zone A Ce+, Ci = 0

Kopgevel

	q ₁ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-0,36	0,0	-2,5	-2,2	-1,0	-1,2	-3,3	-3,3	-4,1	-4,1
B	-0,92	0,0	-6,3	-5,7	2,7	-3,1	-4,7	-4,7	2,5	2,5
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										ΣR _{i,h} -1,6 kN

1e Spanrij

	q ₂ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-0,72	0,0	-5,0	-4,5	-2,1	-2,5	-6,6	-6,6	-8,3	-8,3
B	-1,84	0,0	-12,6	-11,4	5,3	-6,3	-9,3	-9,3	5,1	5,1
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										ΣR _{i,h} -3,2 kN

2e Spanrij

	q ₃ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	-0,72	0,0	-5,0	-4,5	-2,1	-2,5	-6,6	-6,6	-8,3	-8,3
B	-1,84	0,0	-12,6	-11,4	5,3	-6,3	-9,3	-9,3	5,1	5,1
C										
D										
E										
F										
E										
E										
										ΣR _{i,h} -3,2 kN

Geval 6: wind 0° zone A Ce-, Ci = 0

Kopgevel

	q ₁ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,30	0,0	2,0	1,9	0,9	1,0	-0,4	-0,4	-3,4	-3,4
B	-0,92	0,0	-6,3	-5,7	2,7	-3,1	-3,4	-3,4	-0,1	-0,1
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-3,5 kN	

1e Spanrij

	q ₂ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,60	0,0	4,1	3,7	1,7	2,0	-0,9	-0,9	-6,8	-6,8
B	-1,84	0,0	-12,6	-11,4	5,3	-6,3	-6,8	-6,8	-0,3	-0,3
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-7,0 kN	

2e Spanrij

	q ₃ kN/m	M _B kNm	F _i kN	F _{i,v} kN	F _{i,h} kN	D _{ab;cb} kN	R _{i,v} kN	ΣR _{i,v} kN	R _{i,h} kN	ΣR _{i,h} kN
A	0,60	0,0	4,1	3,7	1,7	2,0	-0,9	-0,9	-6,8	-6,8
B	-1,84	0,0	-12,6	-11,4	5,3	-6,3	-6,8	-6,8	-0,3	-0,3
C										
D										
E										
F										
E										
E										
ΣR _{i,h}									-7,0 kN	

Geval 7 - 9: wind 90°

Kopgevel

	q_1 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
G	-1,56	0,0	-10,7	-9,7	-4,5	-5,3	-9,7	-9,7	-8,1	-8,1
G	-1,56	0,0	-10,7	-9,7	4,5	-5,3	-9,7	-9,7	8,1	8,1
G										
G										
G										
$\Sigma R_{i,h}$										0,0 kN

1e Spanrij

	q_2 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
G	-2,94	0,0	-20,1	-18,2	-8,5	-10,0	-18,2	-18,2	-15,3	-15,3
G	-2,94	0,0	-3,2	-18,2	8,5	-10,0	-18,2	-18,2	15,3	15,3
G										
G										
G										
$\Sigma R_{i,h}$										0,0 kN

2e Spanrij

	q_3 kN/m	M_B kNm	F_i kN	$F_{i,v}$ kN	$F_{i,h}$ kN	$D_{ab;cb}$ kN	$R_{i,v}$ kN	$\Sigma R_{i,v}$ kN	$R_{i,h}$ kN	$\Sigma R_{i,h}$ kN
G	-1,38	0,0	-9,4	-8,5	-4,0	-4,7	-8,5	-8,5	-7,2	-7,2
G	-1,38	0,0	-3,2	-8,5	4,0	-4,7	-8,5	-8,5	7,2	7,2
G										
G										
G										
$\Sigma R_{i,h}$										0,0 kN

Maatgevende belasting

kapbreedte (b)	=	12,4 m				
vakmaat (v)	=	4 m	→	$b \cdot v$	=	49,6 m ²
eindvak (ve)	=	4 m	→	$b \cdot v_e$	=	49,6 m ²

	$\Sigma R_{i,v}$ (kN)		vakmaat (v) $P_{i,v}$ (kN/m ²)		eindvak (ve) $P_{i,v}$ (kN/m ²)	
	min	max	min	max	min	max
Geval 1	-3,8	-0,5	-0,08	-0,01	-0,08	-0,01
Geval 2	-1,3	4,7	-0,03	0,09	-0,03	0,09
Geval 3	-13,0	-5,1	-0,26	-0,10	-0,26	-0,10
Geval 4	-10,5	-2,3	-0,21	-0,05	-0,21	-0,05
Geval 5	-9,3	-3,3	-0,19	-0,07	-0,19	-0,07
Geval 6	-6,8	-0,4	-0,14	-0,01	-0,14	-0,01
Geval 7 - 9	-18,2	-8,5	-0,37	-0,17	-0,37	-0,17
maatgevend			-0,37	0,09	-0,37	0,09

NEN-EN 13031-1 & NEN-EN 1991-1-3 Sneeuw

Algemeen

Sneeuw normaal

zone: zone 1

sandwichpanelen

afsmeltfactor (Ci) volgens tabel

hoogte maaiveld (A) 0 m

θ_e > -8 °C

θ_i 12 °C

ref. periode (n) 50 jaar

kapbreedte (b) 12400 mm

vakmaat (v) 4000 mm

eindvak (ve) 4000 mm

dakhelling (α) 25 °

hoogte kap (h1) 2891 mm

C_t 1,00 -

C_e 1,00

$C_{e,NH}$ 1,20 -

$f_{\mu,acc.}$ 1 + 0,2Ce 1,24 -

NEN-EN 1993-1-3, artikel 5.3.2, tabel 5.2

α = 25°	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1 = 0,8	0,80	$0,8 (60 - \alpha) / 30$	0
μ_2 = 1,47	$0,8 + 0,8 \alpha / 30$	1,60	0

NEN-EN 1993-1-3, artikel 4.1 en 4.3

$$S_k = 0,70 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma = 1,50 - v$$

$$S_{Ad} = 0,70 \text{ kN/m}^2 \quad \gamma = 1,00 -$$

$$\rho_{s,equ} = 2 \text{ kN/m}^3$$

NEN-EN 1991-1-3, bijlage D

$$V = 0,800$$

$$P_n = 1 / n = 0,020$$

$$- \ln(1 - P_n) = 0,020$$

$$\frac{S_{n,k}}{S_k} = \frac{1 - V \frac{6^{\frac{1}{2}}}{\pi} [\ln \{-\ln(1 - P_n)\} + 0,57222]}{1 + 2,5923 V} = 1,00 -$$

Belastinggeval 1, maatgevend

$$s_{1,n,t} = \mu_1 C_t C_e S_k f_{\mu,acc.} = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

$$> 0,25 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{1,Ad} = \mu_1 C_t C_e S_{Ad} f_{\mu,acc.} = 0,70 \text{ kN/m}^2$$

Belastinggeval 2a, niet maatgevend

$$s_{2,n,t} = \mu_2 C_t C_e S_{n,k} f_{\mu,acc.} = 1,27 \text{ kN/m}^2$$

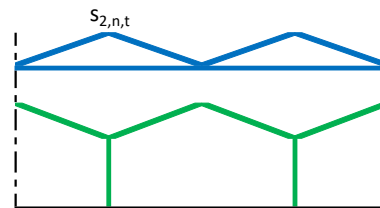
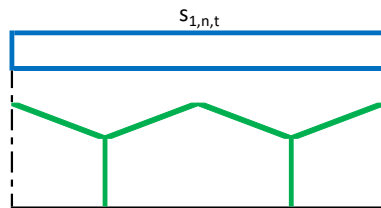
$$< h_r \rho_{s,equ} = 5,78 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{2,gem.} = \frac{1}{2} s_{2,n,t} = 0,64 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{2,Ad} = \mu_2 C_t C_e S_{n,k} f_{\mu,acc.} = 1,27 \text{ kN/m}^2$$

$$< h_r \rho_{s,equ} = 5,78 \text{ kN/m}^2$$

$$s_{2,Ad,gem.} = \frac{1}{2} s_{2,n,t} = 0,64 \text{ kN/m}^2$$



maximaal gemiddelde sneeuwval

$$s_{n,t} = \max(s_{1,n,t}; s_{2,gem.}) = 0,695 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_a = s_a / (C_t C_e S_{n,k} f_{\mu,acc.}) = 0,80 -$$

$$s_{Ad} = \max(s_{1,n,t}; s_{2,Ad,gem.}) = 0,695 \text{ kN/m}^2$$

$$\mu_a = s_a / (C_t C_e S_{n,k} f_{\mu,acc.}) = 0,80 -$$

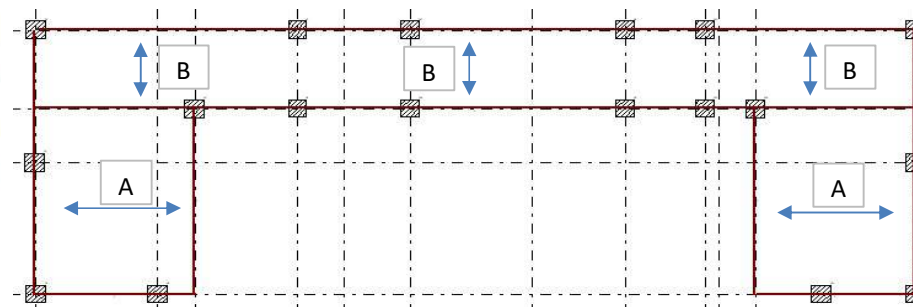
	b (m)	q (kN/m)
kopgevel q1	2,00	1,39
1e spanrij q2	4,00	2,78
2e spanrij q3	4,00	2,78

	b	$s_{1,n,t}$	$s_{2,n,t}$		max	$s_{1,Ad}$	$s_{2,Ad}$		max
			q_1	q_2			q_1	q_2	
gootkolom (gk)	3,10	0,70	1,27	0,96	1,12	0,70	1,27	0,96	1,12
tussenkolom (tkz)	3,10	0,70	0,96	0,32	0,70	0,70	0,96	0,32	0,70
tussenkolom (tkz)									
nokkolom (nko)	3,10	0,70	0,32	-1,66	0,70	0,70	0,32	-0,32	0,70

Berekening

Verdiepingsvloer

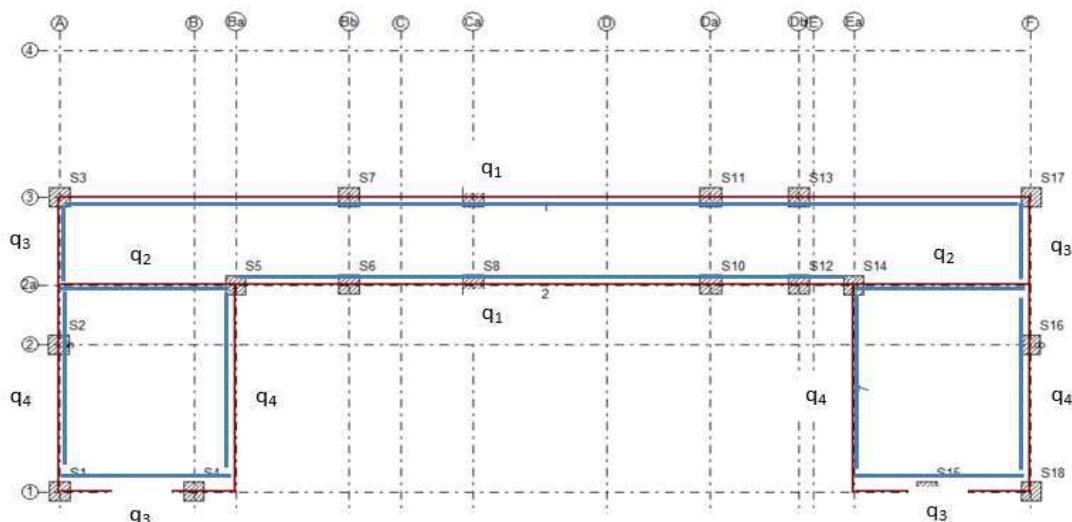
Balklaag



A	75	x	175	h.o.h. 300 mm	kwaliteit: C18
B	75	x	175	h.o.h. 600 mm	kwaliteit: C18

Berekening volgens bijlage B

Staalconstructie

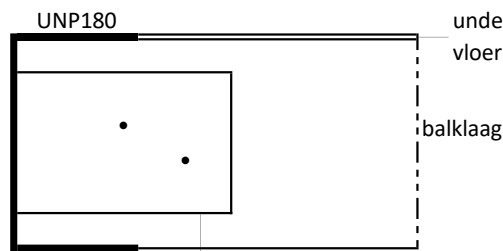


		p.b.	v.b.	b, ℓ, h	b, ℓ, h	b, ℓ, h	ψ	p.b.	v.b.
q ₁	verdiepingsvloer	0,50	2,50	• 0,5	• 1,8	• 1,0	• 1,0	0,46	2,30
q ₂	verdiepingsvloer	0,71	3,55	• 1,0	• 1,0	• 1,0	• 1,0	0,71	3,55
q ₃	verdiepingsvloer	0,50	2,50	• 0,5	• 1,0	• 1,0	• 1,0	0,25	1,25
q ₄	verdiepingsvloer	0,50	2,50	• 0,5	• 3,4	• 1,0	• 1,0	0,85	4,27

Berekening volgens bijlage C

Profielen: UNP180, S235

Bevestiging balklaag aan staalconstructie:

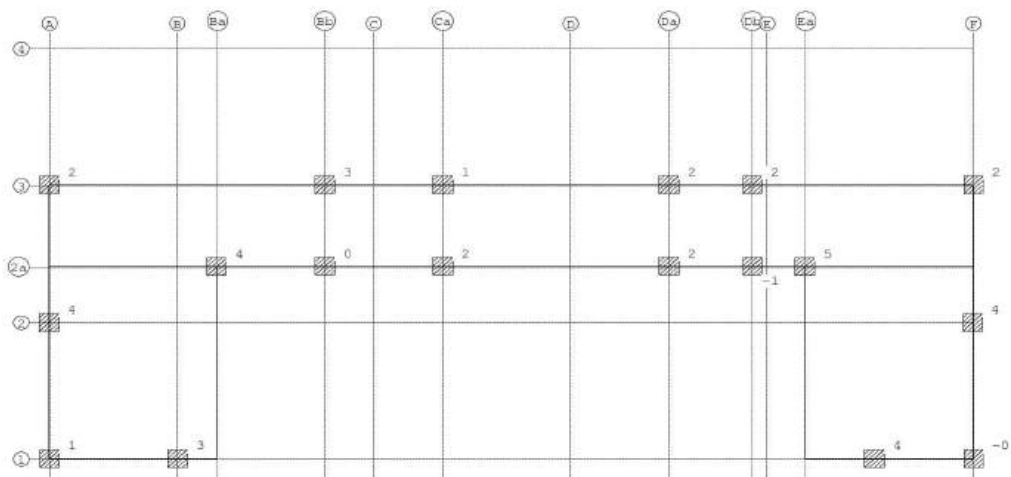


underlayment/multiplex platen vastschroeven verlijmen met vloerbalken t.b.v. stabiliteit

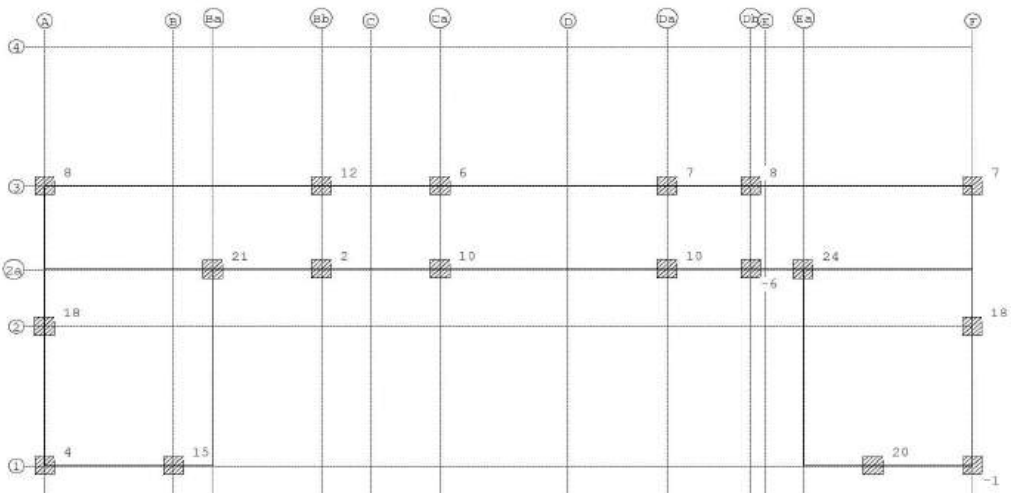
aangelaste strip: 150x8 h.o.h. 1200mm + 2 x houtdraadbout M8-8.8

Reacties

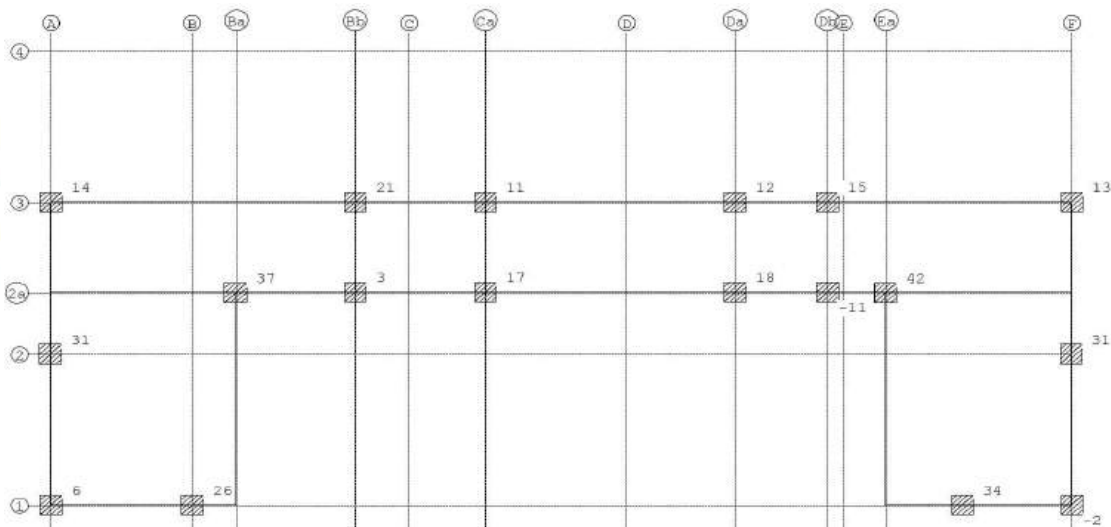
permanent



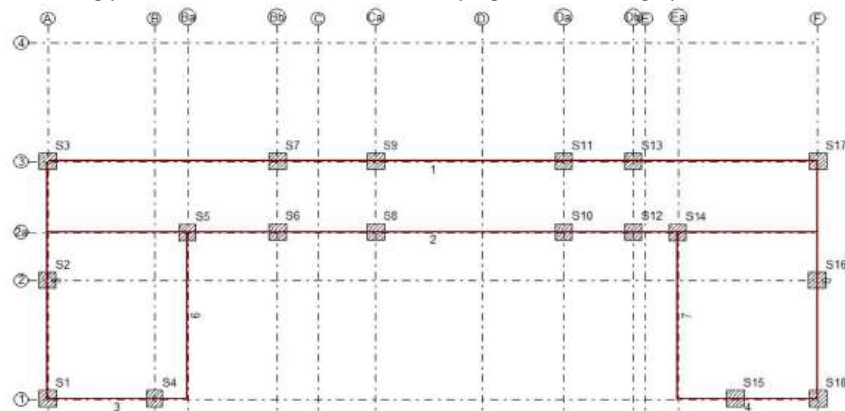
veranderlijk



fundamenteel



Verdeling puntlasten kolommen onder verdieping naar fundering op as 0, 2 en 4



	verdeling			R	permanent			R	veranderlijk		
	as 0	as 2	as 4		as 0	as 2	as 4		as 0	as 2	as 4
S4	0,50	0,50		3,00	1,50	1,50		15,00	7,50	7,50	
S5		0,80	0,20	4,00		3,19	0,81	21,00		16,73	4,27
S6		0,80	0,20	0,00		0,00	0,00	2,00		1,59	0,41
S7		0,50	0,50	3,00		1,50	1,50	12,00		6,00	6,00
S8		0,80	0,20	2,00		1,59	0,41	10,00		7,97	2,03
S9		0,50	0,50	1,00		0,50	0,50	6,00		3,00	3,00
S10		0,80	0,20	2,00		1,59	0,41	10,00		7,97	2,03
S11		0,50	0,50	2,00		1,00	1,00	7,00		3,50	3,50
S12		0,80	0,20	-1,00		-0,80	-0,20	-6,00		-4,78	-1,22
S13		0,50	0,50	2,00		1,00	1,00	8,00		4,00	4,00
S14		0,80	0,20	5,00		3,98	1,02	24,00		19,12	4,88
S15	0,50	0,50		4,00	2,00	2,00		20,00	10,00	10,00	

Kolommen onder de verdiepingsvloer

Toepassen: RHS 80/80/4 CF

Berekening volgens bijlage D

Toetsing extra belasting op kopgevelkolommen

Casta berekening volgens bijlage E, BC 2 is maatgevend

5.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Kopgevel:

- Gootkolom:

- Sterkte (B.C.2)	:	0.37	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning (B.C.2)	:	0.34	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit (B.C.2)	:	0.16	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid (B.C.2)	:	6.8 mm	<	26.7 mm,	dus: voldoet.
- Gootsteun (B.C.3)	:	1256E9 Nmm ²	>	49E9 Nmm ² ,	dus: voldoet.

- Nokkolom:

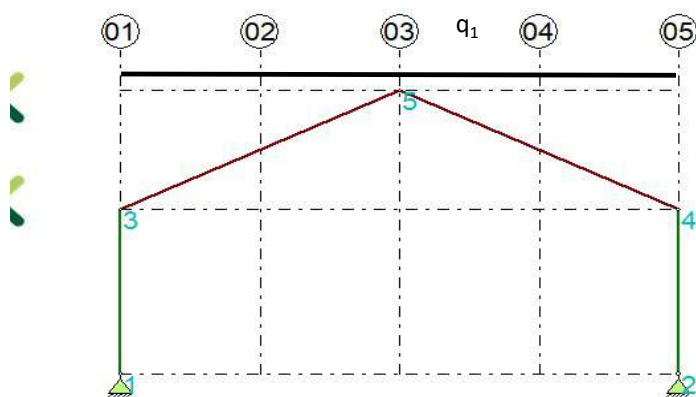
- Sterkte (B.C.2)	:	0.45	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning (B.C.2)	:	0.44	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit (B.C.2)	:	0.41	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid (B.C.2)	:	27.9 mm	<	30.0 mm,	dus: voldoet.

- Tussenkolom:

- Sterkte (B.C.2)	:	0.67	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning (B.C.2)	:	0.62	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit (B.C.2)	:	0.65	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid (B.C.2)	:	24.6 mm	<	30.0 mm,	dus: voldoet.

Nokkolom	RHS 160/160/6 CF	$M_{Ed,y}$	=	24,9 kNm	
		N_{Ed}	=	4,1 kN	extra: 31,0 kN
		u.c.	=	0,4	- kolom voldoet
Tussenkolom	RHS 160/80/4 CF	$M_{Ed,y}$	=	15,6 kNm	
		N_{Ed}	=	4,1 kN	extra: 31,0 kN
		u.c.	=	0,7	- kolom voldoet

Spant as A'



<u>q₁ uit</u>	p.b.	v.b.	b, l, h	b, l, h	b, l, h	ψ	p.b.	v.b.
Dek + panelen	0,37	0,00	• 1,0	• 1,0	• 1,0	• 1,0	0,37	0,00

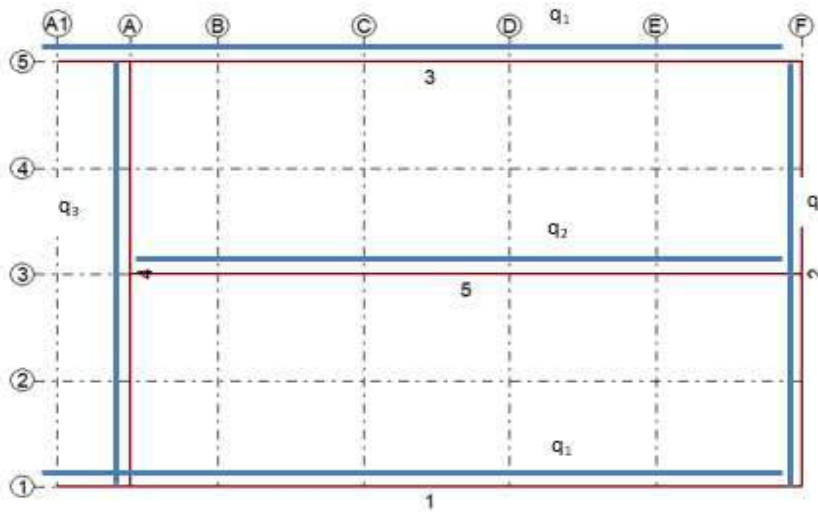
Windbelasting door generator
Berekening volgens bijlage G

Reacties

	permanent	sneeuw	wind links, rechts				wind loodrecht			
			// x	// y	z ↑	z ↓	// x	// y	z ↑	z ↓
	9,5	6,9	1,4		-9,2		1,4		-9,2	
			1,0			6,5	1,0			6,5

Begane grondvloer

Toepassen kanaalplaatvloer. Berekening volgens bijlage H



<u>q_i</u> uit	p.b.	v.b.	b, l, h	b, l, h	b, l, h	ψ	p.b.	v.b.
gevel	0,50	0,00	• 4,5	• 1,0	• 1,0	• 1,0	2,25	0,00
begane grondvloer	4,58	5,00	• 3,1	• 1,0	• 1,0	• 1,0	14,20	15,50
							<u>16,45</u>	<u>15,50</u>

<u>g₂ uit</u>	p.b.	v.b.	b, ℓ , h	b, ℓ , h	b, ℓ , h	ψ	p.b.	v.b.
begane grondvloer	4,58	5,00	• 6,2	• 1,0	• 1,0	• 1,0	28,40	31,00

<u>q₃ uit</u>	p.b.	v.b.	b, ℓ, h	b, ℓ, h	b, ℓ, h	ψ	p.b.	v.b.
gevel	0,50	0,00	• 6,0	• 1,0	• 1,0	• 1,0	3,00	0,00
begane grondvloer	4,58	5,00	• 0,5	• 1,0	• 1,0	• 1,0	<u>2,29</u>	<u>2,50</u>
							5,29	2,50

Kopgevel as A

Belastingen nok- en tussenkolommen

<u>Permanent</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
eigen gewicht dak	0,37 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	4,0 m	4,59 kN	
representatieve waarde					4,59 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,20 -			5,51 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	1,35 -			6,19 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	0,90 -			4,13 kN	$F_{Ed} \uparrow$
<u>Sneeuw</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
sneeuw	0,70 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	4,0 m	8,62 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,50 -			12,93 kN	$F_{Ed} \downarrow$

Wind	Zone O, P en G			Zone M, en A - F		
	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)	5,04	-4,39	0,00	-2,39	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)	6,30	-4,39	0,00	-7,07	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)			0,00			
nokkolom (nko)	7,55	-4,39	0,00	-6,25	-3,42	2,10

Belastingen hoekkolommen

<u>Permanent</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
eigen gewicht dak	0,37 kN/m ²	0,13 -	12,4 m	4,0 m	2,29 kN	
representatieve waarde					2,29 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,20 -			2,75 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	1,35 -			3,10 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	0,90 -			2,06 kN	$F_{Ed} \uparrow$
<u>Sneeuw</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
sneeuw	0,70 kN/m ²	0,13 -	12,4 m	4,0 m	4,31 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,50 -			6,46 kN	$F_{Ed} \downarrow$

Wind	Zone O, P en G			Zone M, en A - F		
	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)	2,52	-2,20	0,00	-1,19	-1,71	1,05
tussenkolom (tkk)	3,15	-2,20	0,00	-3,54	-1,71	1,05
tussenkolom (tkk)			0,00			
nokkolom (nko)	3,78	-2,20	0,00	-3,13	-1,71	1,05

Kopgevel as F

Belastingen nok- en tussenkolommen

<u>Permanent</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
eigen gewicht dak	0,37 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	2,0 m	2,29 kN	
representatieve waarde					2,29 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,20 -			2,75 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	1,35 -			3,10 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	0,90 -			2,06 kN	$F_{Ed} \uparrow$
<u>Sneeuw</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
sneeuw	0,70 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	2,0 m	4,31 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,50 -			6,46 kN	$F_{Ed} \downarrow$

Wind	Zone O, P en G			Zone M, en A - F		
	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)	5,04	-4,39	0,00	-2,39	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)	6,30	-4,39	0,00	-7,07	-3,42	2,10
tussenkolom (tkk)			0,00			
nokkolom (nko)	7,55	-4,39	0,00	-6,25	-3,42	2,10

Belastingen hoekkolommen

<u>Permanent</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
eigen gewicht dak	0,37 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	4,0 m	4,59 kN	
representatieve waarde					4,59 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,20 -			5,51 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	1,35 -			6,19 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	0,90 -			4,13 kN	$F_{Ed} \uparrow$
<u>Sneeuw</u>	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
sneeuw	0,70 kN/m ²	0,25 -	12,4 m	4,0 m	8,62 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,50 -			12,93 kN	$F_{Ed} \downarrow$

Wind	Zone O, P en G			Zone M, en A - F		
	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$	R_{A, R_B}	$F_k \uparrow$	$F_k \downarrow$
gootkolom (gk)	2,52	-2,20	0,00	-1,19	-1,71	1,05
tussenkolom (tkk)	3,15	-2,20	0,00	-3,54	-1,71	1,05
tussenkolom (tkk)			0,00			
nokkolom (nko)	3,78	-2,20	0,00	-3,13	-1,71	1,05

Zijgevels

Permanent

	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
eigen gewicht dak	0,37 kN/m ²	0,50 -	12,4 m	4,0 m	9,18 kN	
spant + goot					2,68 kN	
representatieve waarde					11,85 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,20 -			14,22 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	1,35 -			16,00 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	$\gamma =$	0,90 -			10,67 kN	$F_{Ed} \uparrow$

Sneeuw

	P_{rep}	c	b	v	F_{rep}	
sneeuw	0,70 kN/m ²	0,5 -	12,4 m	4,0 m	17,24 kN	
rekenwaarde	$\gamma =$	1,50 -			25,86 kN	$F_{Ed} \downarrow$

Windbelasting volgens bijlage B

				F_{rep}		
links/rechts	art. 6.11.1	$\gamma =$	1,50 -	11,09 kN	16,63 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	art. 6.11.2	$\gamma =$	1,50 -	8,65 kN	12,98 kN	$F_{Ed} \leftrightarrow$
links/rechts	art. 6.13.1	$\gamma =$	1,50 -	-8,18 kN	-12,27 kN	$F_{Ed} \uparrow$
	art. 6.13.2	$\gamma =$	1,50 -	5,78 kN	8,67 kN	$F_{Ed} \leftrightarrow$
links/rechts	art. 6.14.1	$\gamma =$	1,50 -	1,85 kN	2,77 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	art. 6.14.2	$\gamma =$	1,50 -	9,29 kN	13,93 kN	$F_{Ed} \leftrightarrow$
loodrecht	art. 6.15.1	$\gamma =$	1,50 -	-14,23 kN	-21,34 kN	$F_{Ed} \downarrow$
	art. 6.15.2	$\gamma =$	1,50 -	0,42 kN	0,64 kN	$F_{Ed} \leftrightarrow$

Representatieve horizontale belasting op kruisschoor zijgevel volgens bijlage B

	art.	2x w.v.	1x w.v.
B.C. 1	4.8.2	27,31 kN	13,66 kN
B.C. 2			
B.C. 3	4.10.2	26,12 kN	13,06 kN
B.C. 4	4.11.2	24,87 kN	12,43 kN
B.C. 5	4.12.2	24,87 kN	12,43 kN
B.C. 6			
B.C. 7			
B.C. 8			
B.C. 9			

Berekening fundering volgens **bijlage E**

Afmetingen

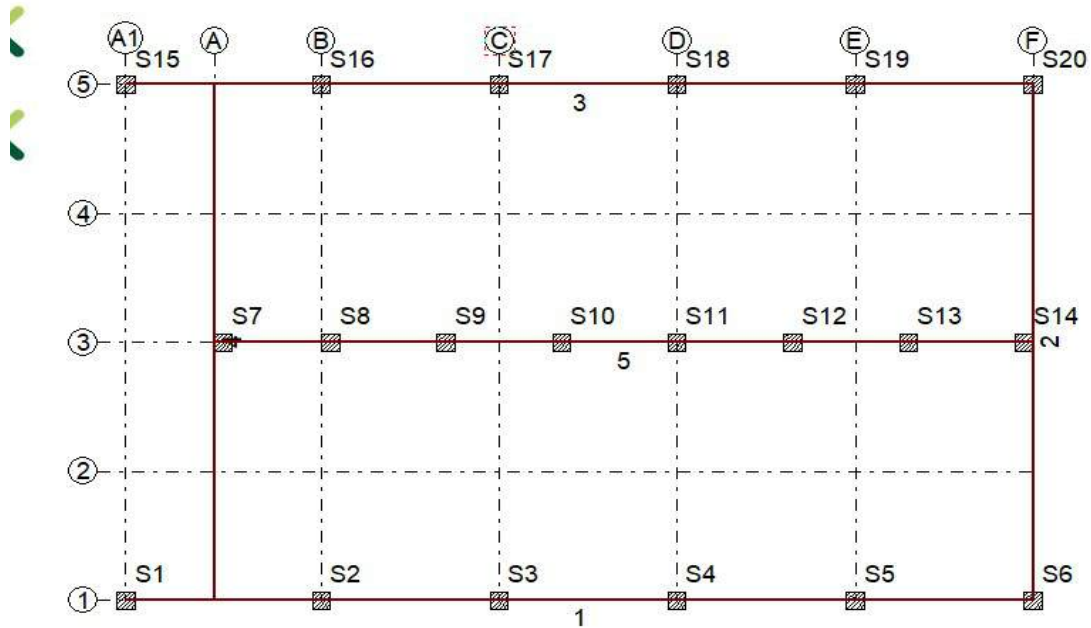
breedte	300 mm	wapening	2Ø12 + 2Ø16	onder en boven
hoogte	500 mm	beugels	Ø8-300	
beton	C20/25	flank	2Ø8	
betonstaal	B500	dekking	35 mm	rondom

Palenplan

Maximale paalbelasting 294 kN

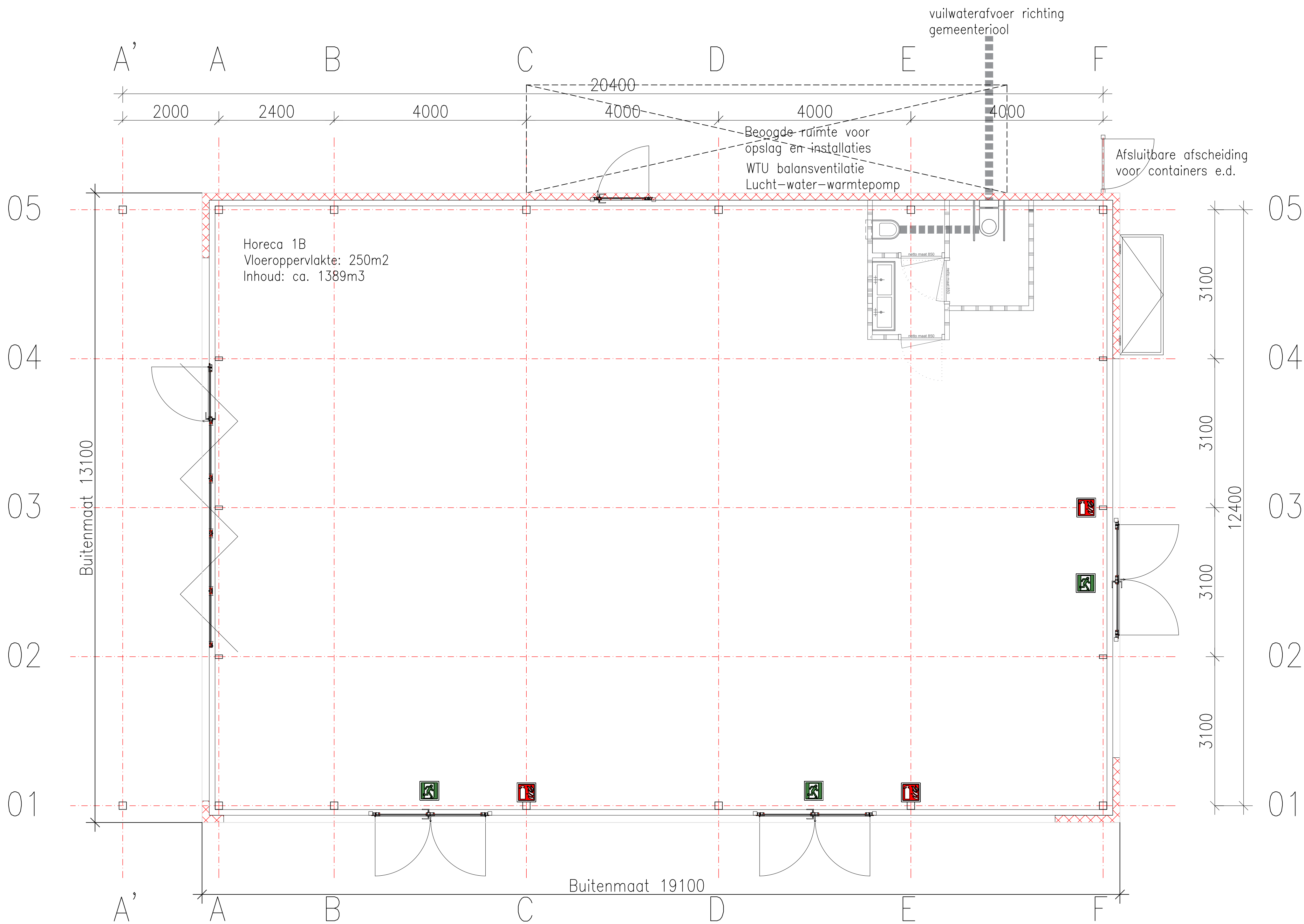
Toepassen 20 stalen buispalen $\varnothing 324$, inheinniveau 8,5m -NAP

Paal draagvermogen 339 kN



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Niveau	$F_{\text{netto};d}$
-6.00	99.0
-6.50	120.7
-7.00	193.9
-7.50	225.1
-8.00	258.4
-8.50	339.3
-9.00	318.0
-9.50	230.1



Plattegrond

de brandslanghaspel(s) conform NEN-EN 671-1
deur- en kozijnconstructies conform NEN 6069
noodverlichting conform NEN-EN 1838
electrische installatie t.b.v. nood verlichting en
nood- en transparantverlichtingsinstallatie conform NEN 1010 / NEN 1041
vluchtrouteaanduiding conform NEN-EN1838 en NEN-EN-ISO 7010
nooddeuren in buitengevels voorzien van tekst 'NOODUITGANG'

in de units wordt een gecertificeerde niet automatische brandmeldinstallatie aangebracht.
de gehele brandmeldinstallatie voldoet aan het gestelde in norm NEN 2535 en de regeling
brandmeldinstallaties
pve brandmeld- en ontruimingsinstallatie nader in te dienen voor ingebruikname

ALGEMEEN

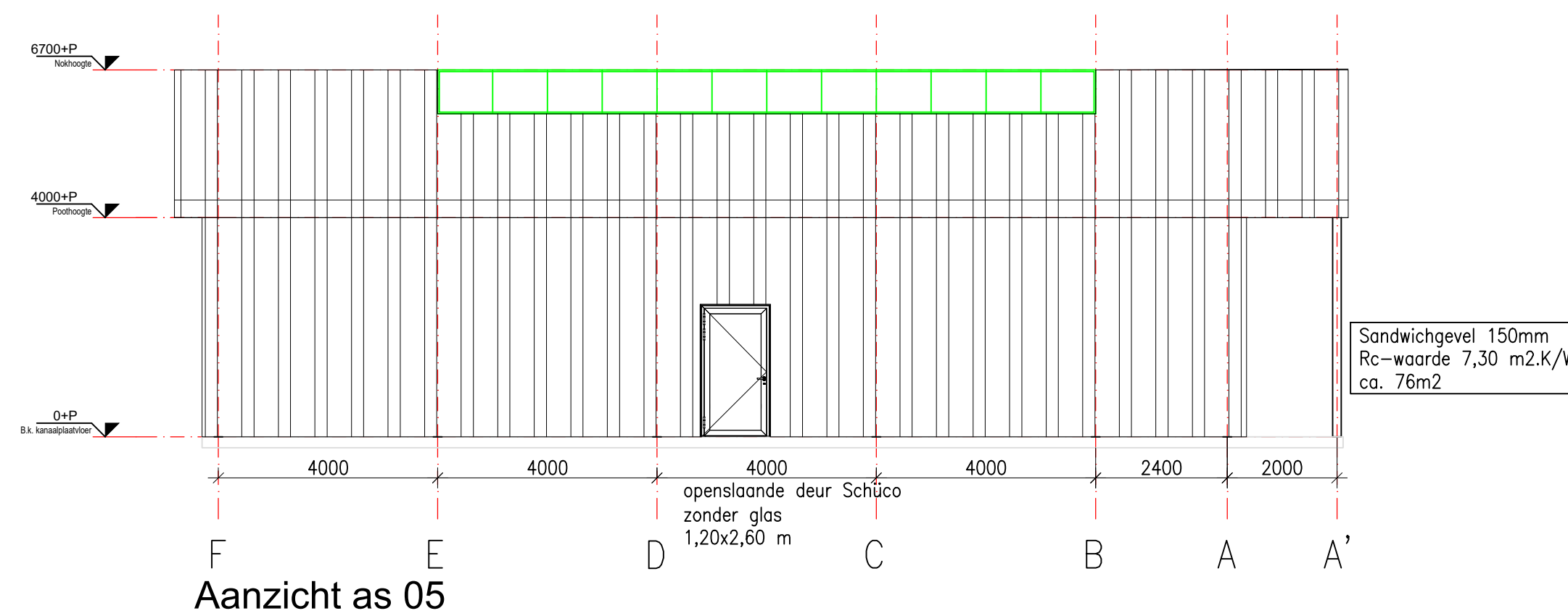
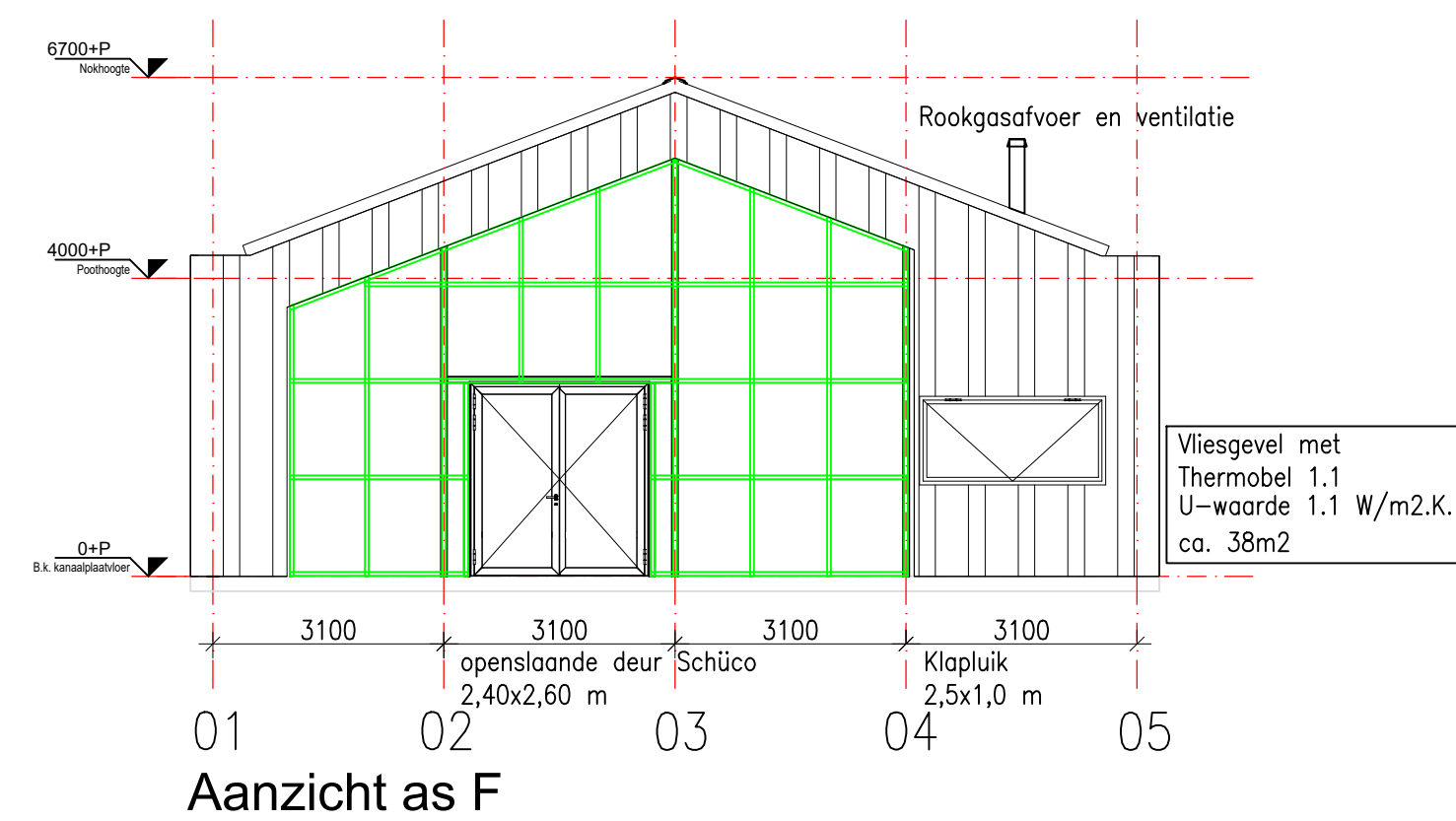
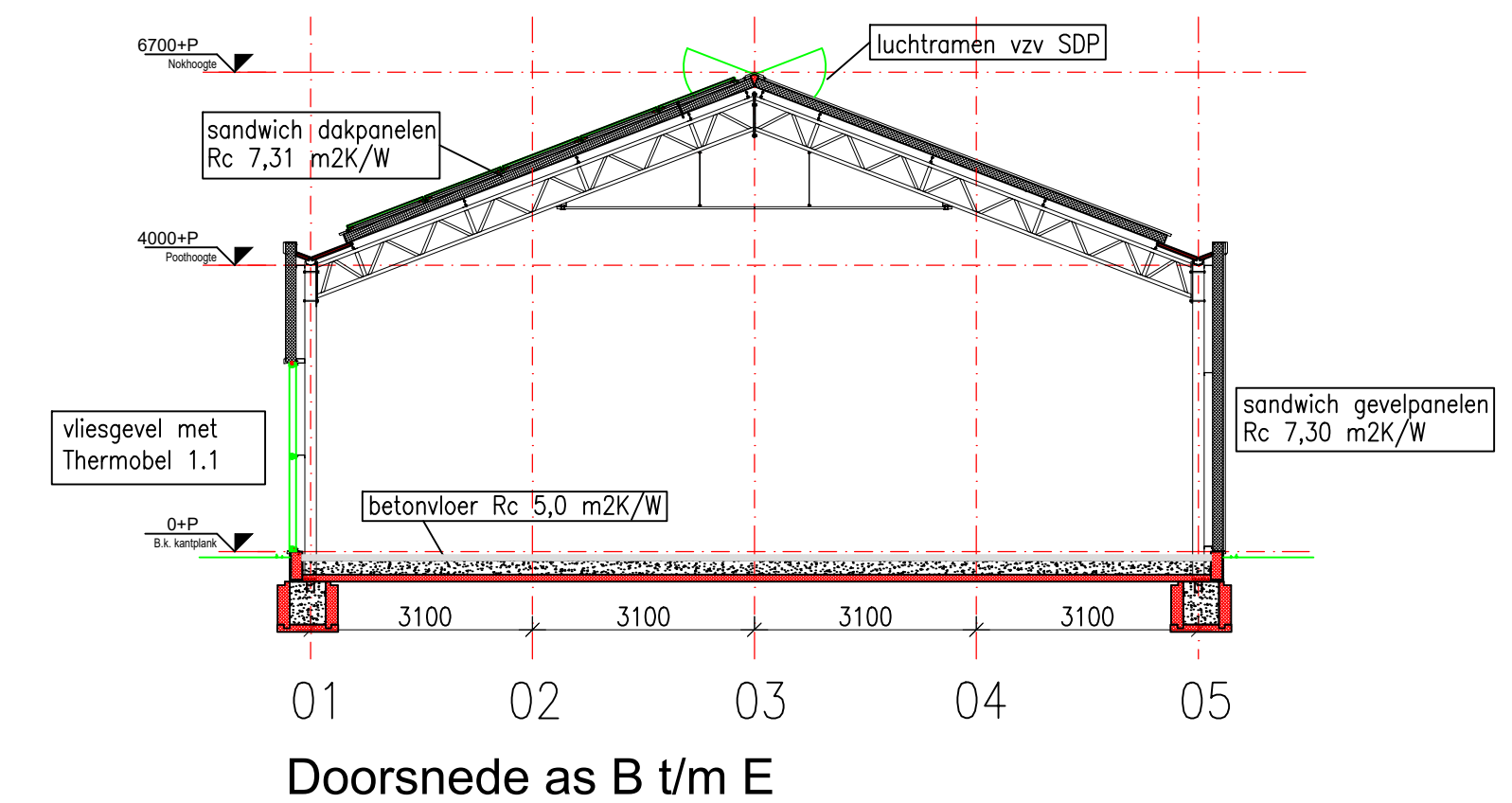
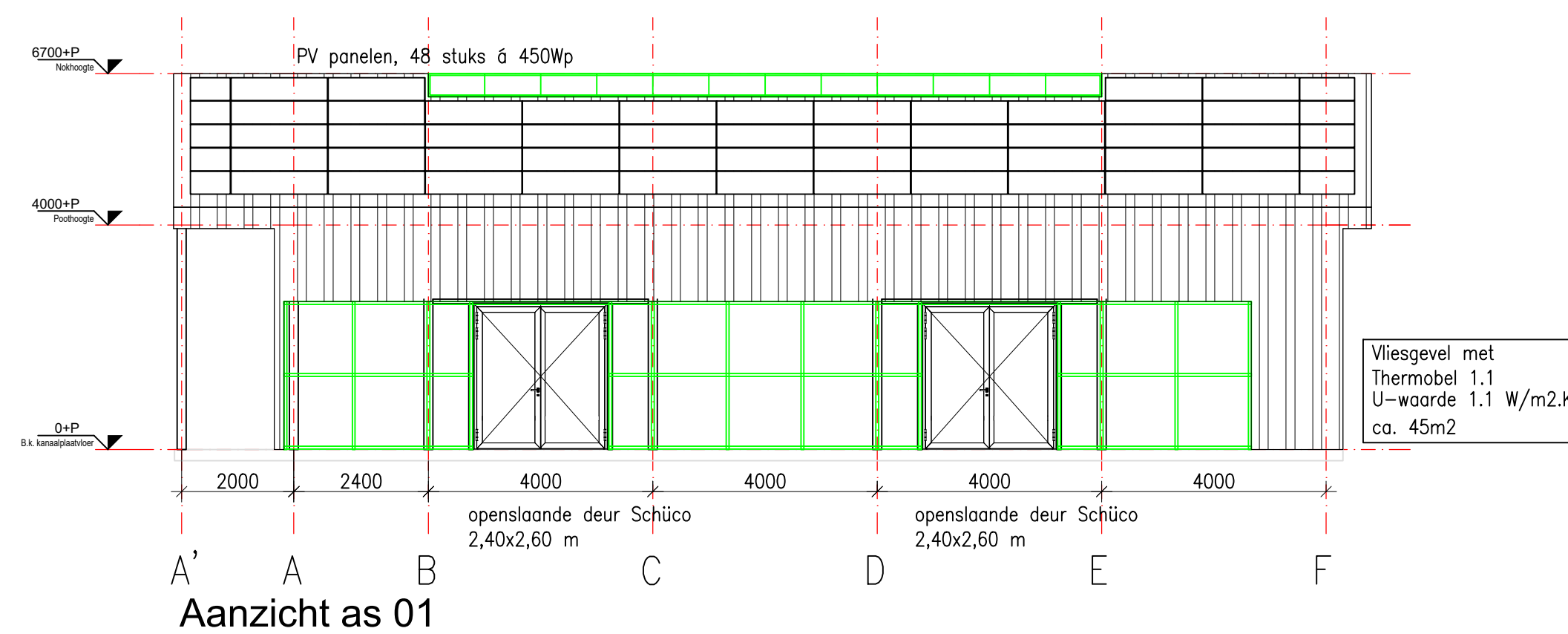
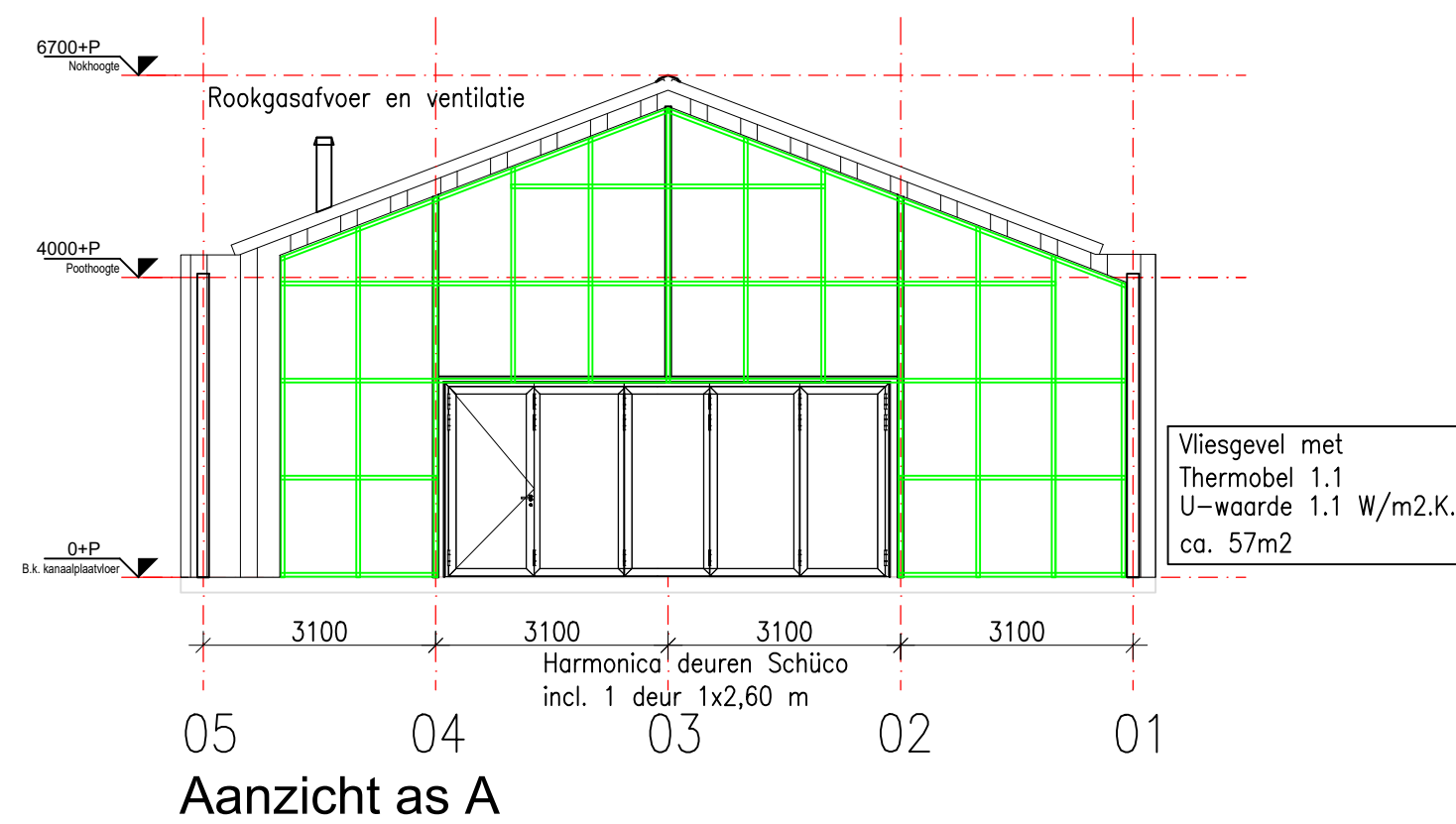
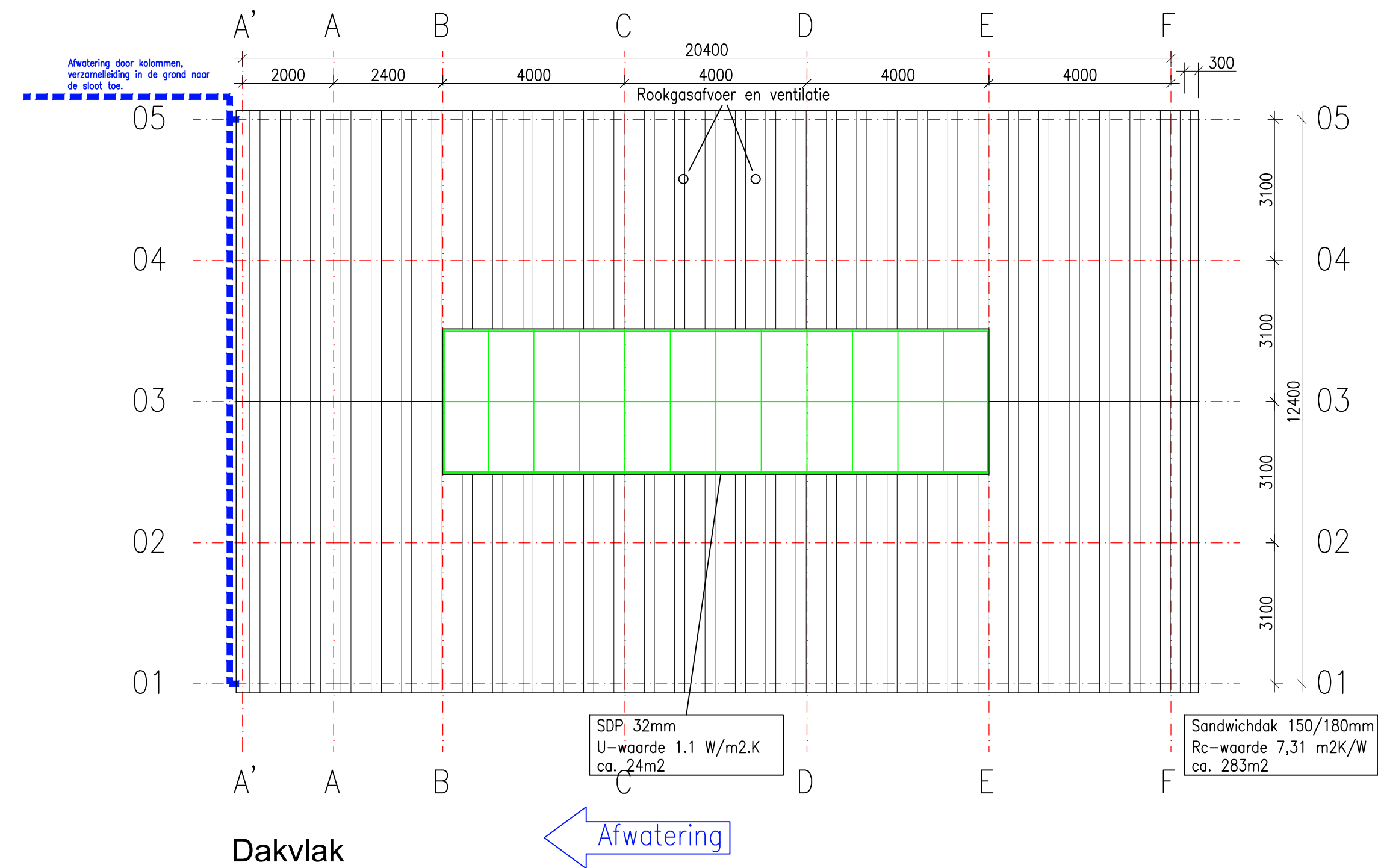
- rioleringsinstallaties volgens NEN 3215
 - elektrische installatie volgens NEN 1010
 - gasinstallatie volgens NEN 1078
 - waterinstallatie volgens NEN 1006
 - ventilatie volgens NEN 1087 later te bepalen adhv toekomstige indeling
 - beglazing volgens NEN 3569
 - bereikbare gevelelementen inbraakwerendheidsklasse II
 - bescherming tegen ratten en muizen volgens BBL art.3.79
 - vloerafscheidingen vlg BBL art. 4.19
- Bouw en constructiematerialen:
- voldoen aan klasse 4 mbt brandvoortplanting
 - rookdichtheid ten hoogste 10-1m
 - binnenzijde leidingschachten onbrandbaar over dikte van 0,01m.
 - leidingschachten 60min. wdbdo
 - hoofd draagconstructie brandveiligheid vlg BBL art. 6.17

doorbraken, muursparingen,
beton-, staal- en houtconstructies volgens
berekeningen constructeur

- opstelplaats toestel warmteopwekking
- opstelplaats mechanische ventilatie unit
- tegelwerk, wateropname vlg NEN 2778
- opstelplaats kooktoestel
- rookmelder conform NEN 2555
- WBDBO 30 min. NEN 6068
- WBDBO 60 min. NEN 6068
- WBDBO 30 min. en zelfsluitend NEN 6068
- WBDBO 60 min. en zelfsluitend NEN 6068
- compartment WBDBO 30 of 60 min. NEN 6068
- aanduiding vluchtroute / uitgang NEN 6088 en NEN-EN 1838
- Positie blustoestel, volgens NEN 2559
- Ruimte voorzien van noodverlichting NEN 6088
minimaal 1 lux. op de vloer
- PB
uitgang voorzien van paniekbeslag

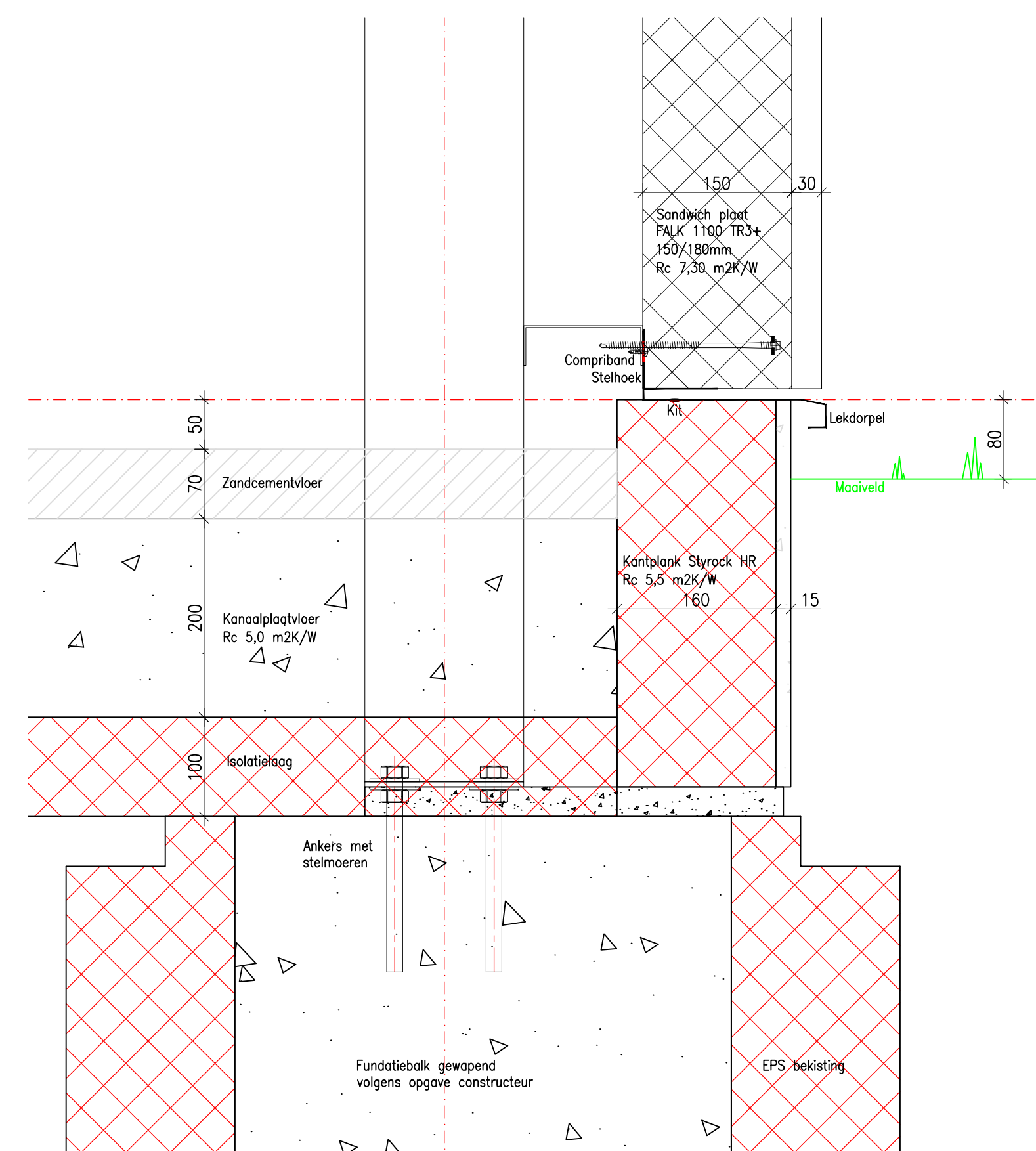
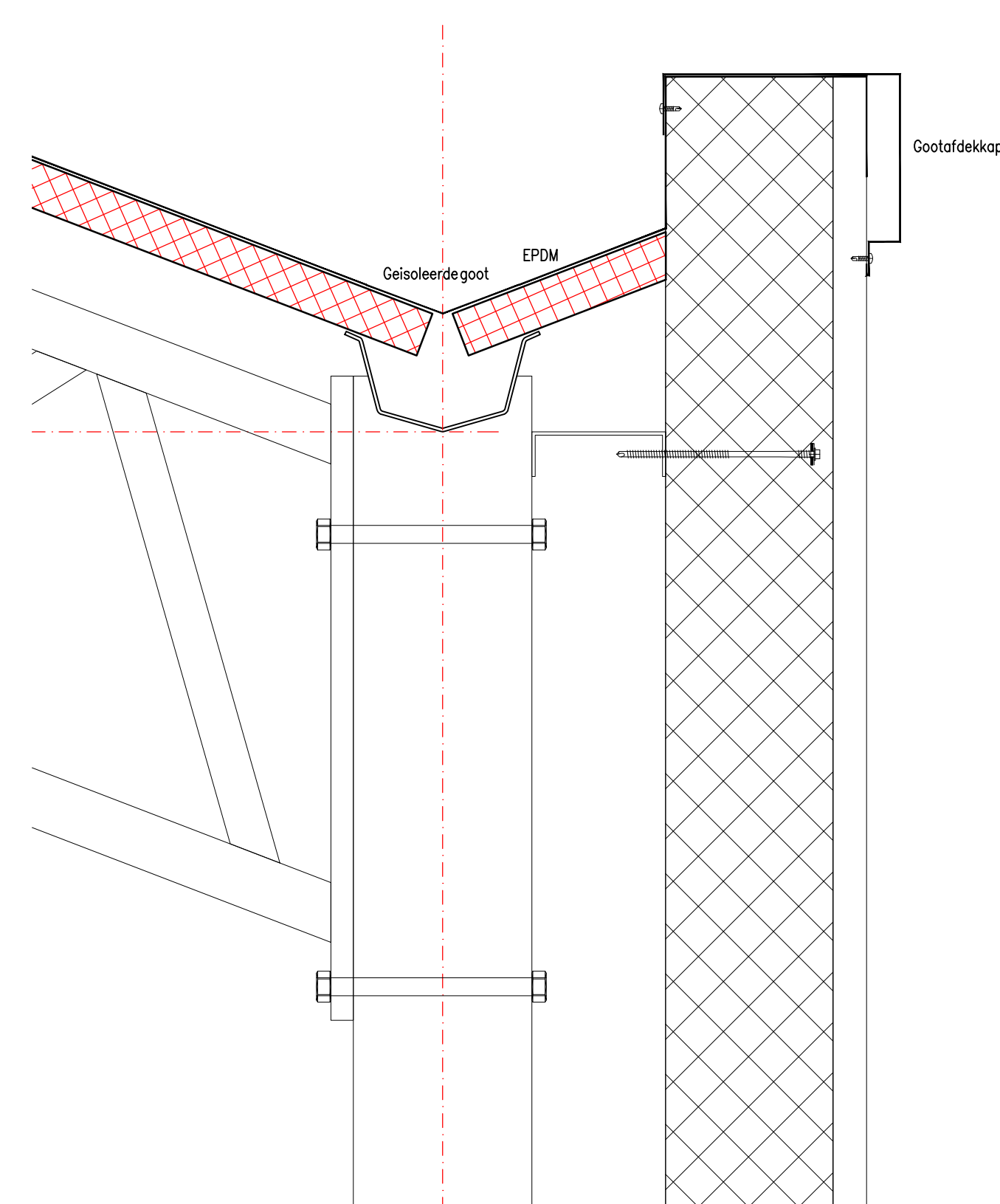
Meterruimte

Opdrachtgever : <i>Nautix</i>			
Project : <i>Nieuwbouw horeca gelegenheid</i>			
Onderdeel : <i>Overzichtstekening Plattegrond</i>			
Datum : <i>11-07-2024</i>	<i>18-06-2024</i>		Offerte nr. :
Getekend : <i>JV</i>	<i>27-06-2024</i>		Order nr. : <i>N24.08</i>
Schaal : <i>1:50</i>			Status : <i>DEFINITIEF</i>
			Tekening nr. : <i>01-01</i>

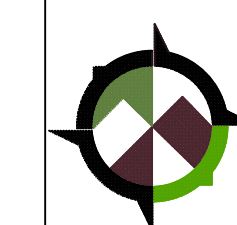


Onderdeel	Materiaal	Kleur/afwerking
Betonvloer	Beton	Grijs onafgewerkt
Staalconstructie	Staal	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Goten	Staal	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Dak	Sandwich platen; stalen platen met isolatie ertussen	Buitenkant Antraciet/binnenkant wit RAL9002
Glasgevels	Aluminium vliesgevels met isolatieglas	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Glas	Thermobel 0.8	Grijzige afwerking
Sandwich gevels	Sandwich platen; stalen platen met isolatie ertussen	Buitenkant Antraciet RAL7016/binnenkant Wit RAL9002
Deuren	Aluminium met isolatieglas	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Luchtramen	Aluminium met Polycarbonaat beplating	bruut aluminium met opaal polycarbonaat 32mm
Hemelwaterafvoer	PVC buizen	Grijs

Opdrachtgever	Nautix		
Project	Nieuwbouw horeca gelegenheid		
Onderdeel	Overzichtstekening Gevelaanzichten		
Datum	10-07-2024	18-06-2024	Offerte nr. :
Getekend	JV	27-06-2024	Order nr. : N24.08
School	1:100		Status : DEFINITIEF
			Tekening nr. : 01-02

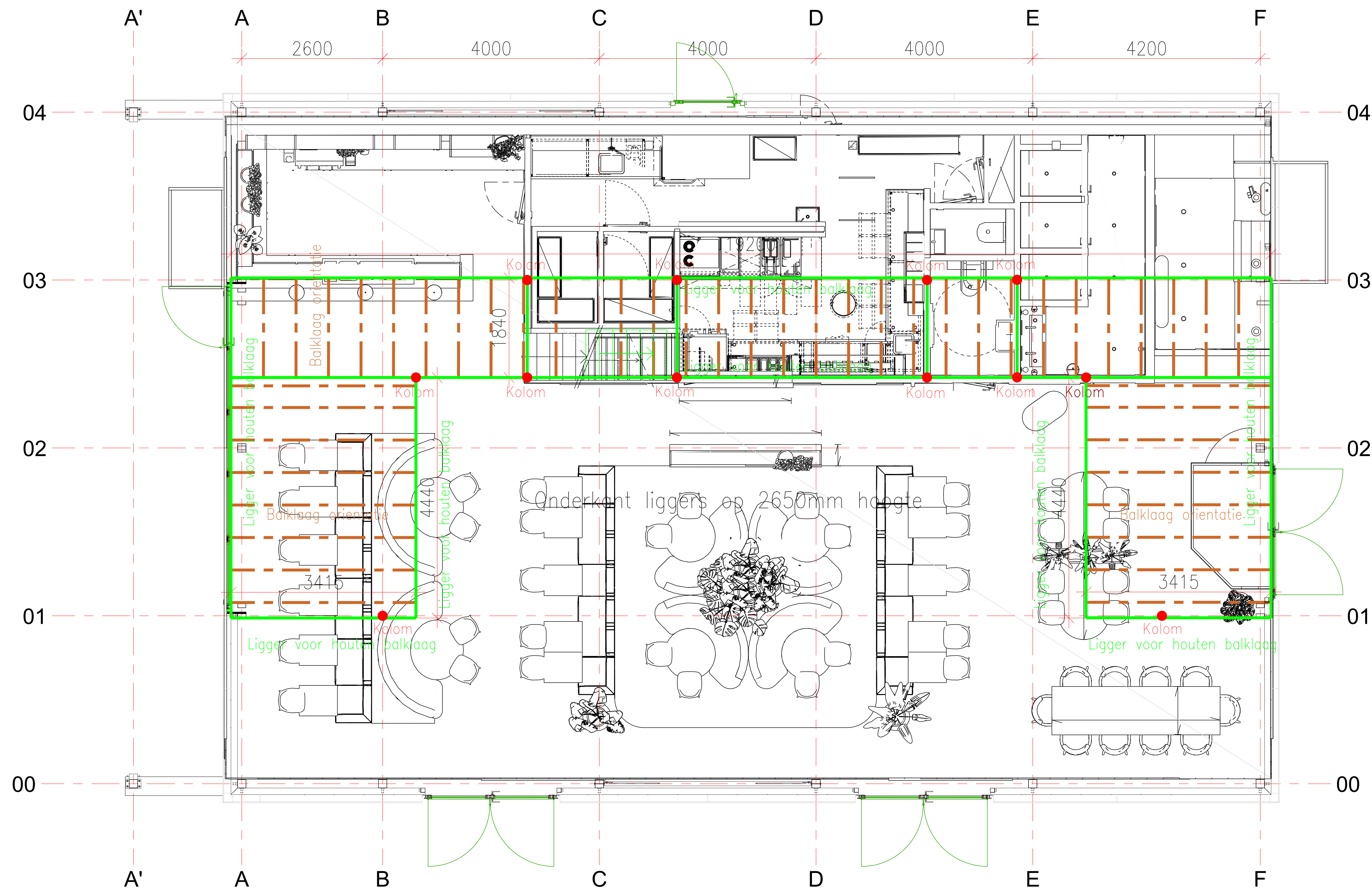


Opdrachtgever : <i>Nautix</i>			
Project : <i>Nieuwbouw horeca gelegenheid</i>			
Onderdeel : <i>Doorsnede en Principedetails</i>			
Datum : <i>10-07-2024</i>	<i>19-06-2024</i> <i>27-06-2024</i>		Offerte nr. :
Getekend : <i>JV</i>			Order nr. : <i>N24.08</i>
Schaal : <i>1:5 / 1:50</i>			Status : <i>DEFINITIEF</i>
			Tekeninga nr. : <i>01-03</i>

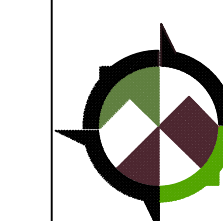


NOBUTECH

Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com



Opdrachtgever : Nautix - Oegstgeest			
Project : Horecapaviljoen			
Onderdeel : Ontwerpvorstel vides			
Datum : 19-08-2025			Offerte nr. :
Getekend : JV			Order nr. : N24.08
Schaal :			Status : DEFINITIEF
			Tekening nr. : 08-01



NOBUTEC

Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com

Project : 24-236 Nautix Oegstgeest
Onderdeel : Balklagen vide
Datum : 10/09/2025
Eenheden : kN/m/rad
Bestand : G:\Projecten\2024.236\Berekeningen\01
wijziging\24-236 balklaag.cnw

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019 (nl)
Hout	NEN-EN 1995-1-1:2005	A2:2014,C1:2012	NB:2013 (nl)
	NEN-EN 14080:2013		

Balklaag A

Algemene gegevens

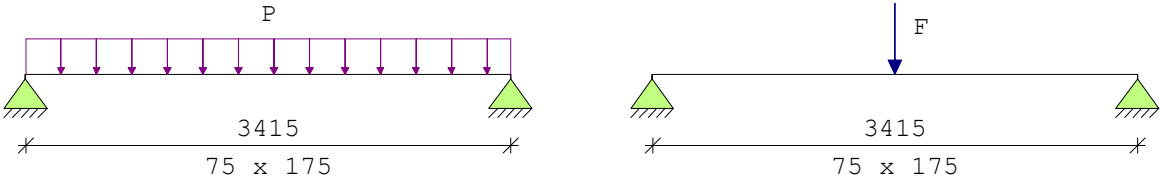
B x H	[mm]	: 75 x 175	Sterkteklasse	:	C18
Overspanning	[mm]	: 3415	Klimaatklasse	:	I
Opleglengte	[mm]	: 100	Referentie periode [j]	:	50
H.o.h. afstand	[mm]	: 300	Min. eigenfreq. [Hz]	:	3
Dikte beschot	[mm]	: 25			
$E_{0,mean}$	[N/mm²]	: 9000	$E_{0,mean} \times I$	[Nm²/m]	: 11719

Permanente belastingen G_{rep}

EG balklaag	:	0.50
Extra belasting	:	0.00+
Totaal [kN/m²]	:	0.50

Veranderlijke belastingen

$q_k + P_{wanden}$	[kN/m²]	:	2.50 =	2.50 +	0.00
Ψ_0	[-]	:	0.50		
Ψ_2	[-]	:	0.50		
Q_k	[kN]	:	3.00		
Q_k oppervlak	[m²]	:	0.05 x 0.05		
Reductiefactor	:		0.38		



Belastingfactoren (NEN-EN 1990)				
Formule 6.10a:	γ_G	:	1.35	γ_Q : 1.50
Formule 6.10b:	$\xi\gamma_G$	:	1.20	γ_Q : 1.50

Partiële factor (Tabel 2.3 NEN-EN 1995-1-1)
 $\gamma_M[-]$: 1.30

Meegenomen combinaties in de berekening :		$k_{mod}[-]$	$b_{ef} [mm]$	$k_{c,90,q}$	$k_{c,90,F}$
* Permanent	(G_{rep})	0.60	75		
* Perm. + q-last (6.10a)	($G_{rep} + q_k$)	0.80	75	1.00	
* Perm. + q-last (6.10b)	($G_{rep} + q_k$)	0.80	75	1.00	
* Perm. + puntlast (6.10a)	($G_{rep} + Q_k$)	0.80	75	1.00	1.00
* Perm. + puntlast (6.10b)	($G_{rep} + Q_k$)	0.80	75	1.00	1.00

Resultaten (maatgevende combinaties)		eis		u.c.
Perm + qlast(6.10b) frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d}$	=	4.97 < 11.08 [N/mm²]	0.45
Perm + plast(6.10b) frm(6.13)	$\tau_{v,d}$	=	0.51 < 2.09 [N/mm²]	0.25
Perm + plast(6.10b) frm(6.3)	$\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d})$	< 1.00		
		= 0.04/ 1.35+ 0.59/ 1.35 = 0.47		
Verdeelde belasting	u_{bij}	=	9.34 < 10.25 [mm]	0.91
Verdeelde belasting	$u_{net,fin}$	=	10.22 < 13.66 [mm]	0.75

Balklaag B

Algemene gegevens

B x H	[mm]	: 75 x 175	Sterkteklasse	:	C18
Overspanning	[mm]	: 1850	Klimaatklasse	:	I
Opleglengte	[mm]	: 100	Referentie periode [j]	:	50
H.o.h. afstand	[mm]	: 600	Min. eigenfreq. [Hz]	:	3
Dikte beschot	[mm]	: 25			
$E_{0,mean}$	[N/mm²]	: 9000	$E_{0,mean} \times I$	[Nm²/m]	: 11719

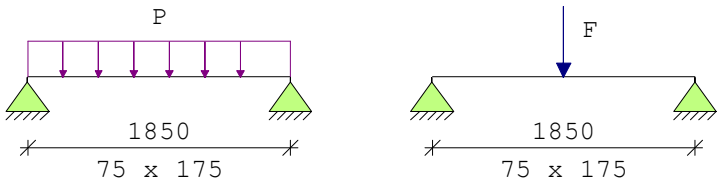
Permanente belastingen G_{rep}

EG balklaag	:	0.50
Extra belasting	:	0.00+
Totaal [kN/m²]	:	0.50

Project : 24-236 Nautix Oegstgeest
Onderdeel : Balklagen vide
Datum : 10/09/2025
Eenheden : kN/m/rad

Veranderlijke belastingen

q_k	+P _{wanden}	[kN/m²]	:	2.50	=	2.50	+	0.00
Ψ_0		[-]	:	0.50				
Ψ_2		[-]	:	0.50				
Q_k		[kN]	:	3.00				
Q_k	oppervlak	[m²]	:	0.05	x	0.05		
Reductiefactor			:	0.62				



Belastingfactoren (NEN-EN 1990)
Formule 6.10a: γ_G : 1.35 γ_Q : 1.50
Formule 6.10b: $\xi\gamma_G$: 1.20 γ_Q : 1.50

Partiële factor (Tabel 2.3 NEN-EN 1995-1-1)
 $\gamma_M[-]$: 1.30

Meegenomen combinaties in de berekening :			$k_{mod}[-]$	$b_{eff} [mm]$	$k_{c,90,q}$	$k_{c,90,F}$
* Permanent	(G _{rep})		0.60	75		
* Perm. + q-last (6.10a)	(G _{rep} + q _k)		0.80	75	1.00	
* Perm. + q-last (6.10b)	(G _{rep} + q _k)		0.80	75	1.00	
* Perm. + puntlast (6.10a)	(G _{rep} + Q _k)		0.80	75	1.00	1.00
* Perm. + puntlast (6.10b)	(G _{rep} + Q _k)		0.80	75	1.00	1.00

Resultaten (maatgevende combinaties)			eis		u.c.
Perm + plast(6.10b)	frm(6.11)	$\sigma_{m,y,d}$	=	3.70 < 11.08 [N/mm²]	0.33
Perm + plast(6.10b)	frm(6.13)	$\tau_{v,d}$	=	0.49 < 2.09 [N/mm²]	0.23
Perm + plast(6.10b) frm(6.3) $\sigma_{c,90,q,d} / (k_{c,90,q} * f_{c,90,d}) + \sigma_{c,90,F,d} / (k_{c,90,F} * f_{c,90,d}) < 1.00$					
= 0.04/ 1.35+ 0.58/ 1.35 = 0.46					
Geconc. belasting	u_{bij}	=	1.70 < 5.55	[mm]	0.31
Geconc. belasting	$u_{net,fin}$	=	1.85 < 7.40	[mm]	0.25

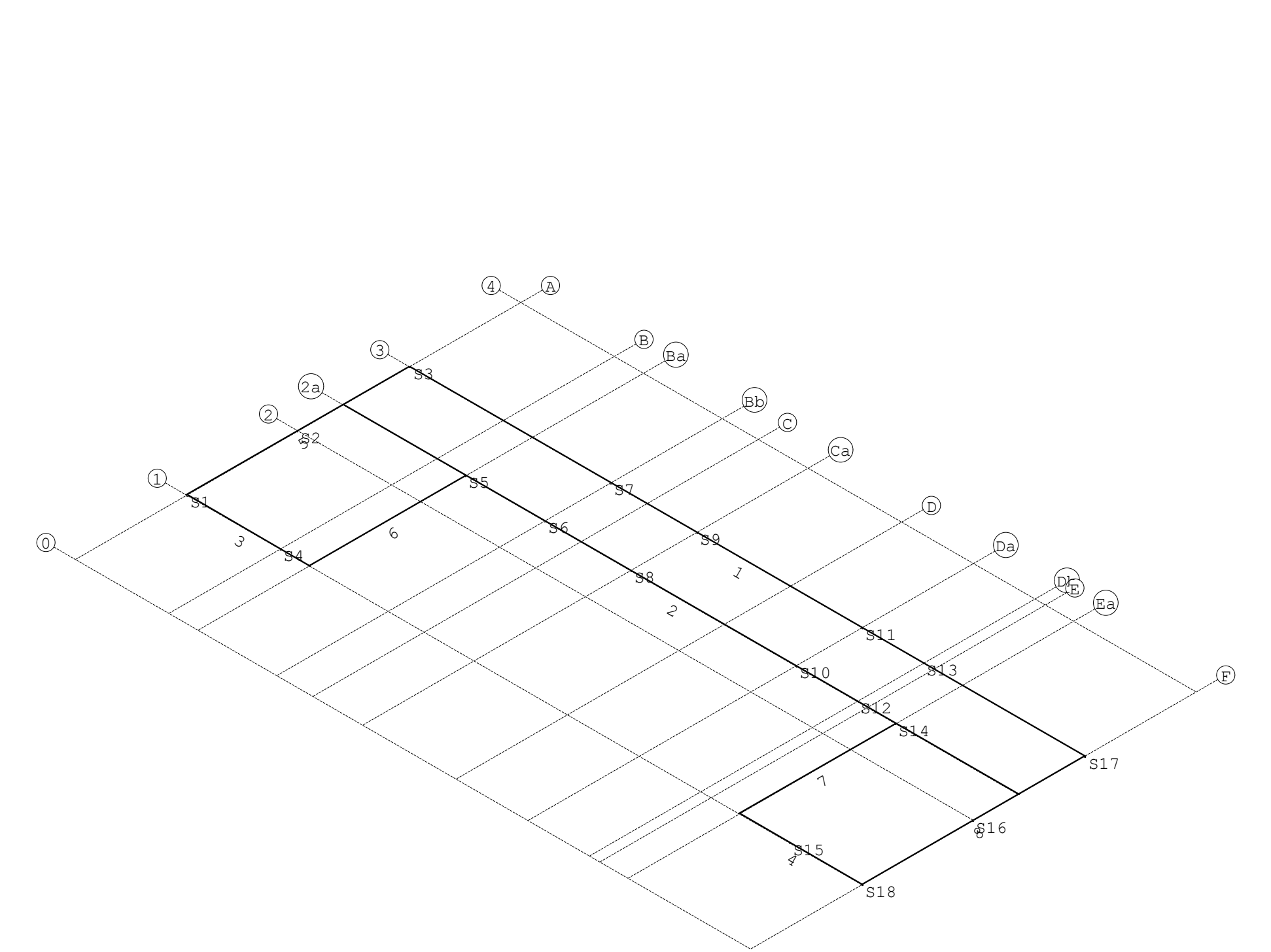
Technosoft Balkroosters release 6.82
Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide
Dimensies.....: kN/m/rad
Datum.....: 10/09/2025
Bestand.....: G:\Projecten\2024.236\Berekeningen\01 wijziging\24-236-01
 verdiepingsvloer.grw
Torsiefac.....: 10 %

Betrouwbaarheidsklasse : 2 Referentieperiode : 50

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2011,A1:2016	NB:2016(nl)

GEOMETRIE



MATERIALEN

Mt	Kwaliteit	E-modulus[N/mm2]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5	0.30	1.2000e-05

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Torsietr.	Traagheid	Vormf.
1	UNP180	1:S235	2.796e+03	8.570e+04	1.354e+07	0.00

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	Zs	Rek.As	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	70	180	90	15.70					

PROFIELVORMEN [mm]

1	UNP180	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

STRAMIENLIJNEN

Nr.	Naam	X-begin	Y-begin	X-eind	Y-Eind
1	A	0.000	12.400	0.000	0.000
2	B	2.600	12.400	2.600	0.000
3	Ba	3.415	12.400	3.415	0.000
4	Bb	5.600	12.400	5.600	0.000
5	C	6.600	12.400	6.600	0.000
6	Ca	8.000	12.400	8.000	0.000
7	D	10.600	12.400	10.600	0.000
8	Da	12.600	12.400	12.600	0.000
9	Db	14.300	12.400	14.300	0.000
10	E	14.600	12.400	14.600	0.000
11	Ea	15.385	12.400	15.385	0.000
12	F	18.800	12.400	18.800	0.000
13	0	0.000	0.000	18.800	0.000
14	1	0.000	3.100	18.800	3.100
15	2	0.000	6.200	18.800	6.200
16	2a	0.000	7.460	18.800	7.460
17	3	0.000	9.300	18.800	9.300
18	4	0.000	12.400	18.800	12.400

BALKEN

Nr.	Naam	Begin	Eind	Profiel
1	1	A;3	F;3	1:UNP180
2	2	A;2a	F;2a	1:UNP180
3	3	A;1	Ba;1	1:UNP180
4	4	Ea;1	F;1	1:UNP180
5	5	A;1	A;3	1:UNP180
6	6	Ba;1	Ba;2a	1:UNP180
7	7	Ea;1	Ea;2a	1:UNP180
8	8	F;1	F;3	1:UNP180

BALKEN vervolg

Nr.	Naam	Aansl.begin	Aansl.eind	Excentr.	Pasm.begin	Pasm.eind	Opm.
1	1	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
2	2	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
3	3	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
4	4	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
5	5	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
6	6	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
7	7	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
8	8	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	

Opmerkingen:
De torsie traagheid van alle balken is tot 10% gereduceerd

BALKEN vervolg

Nr.	Naam	Toevallige inklemming %		
		begin	tussen	eind
	Alle balken	15	15	15

STEUNPUNTTYPE

Nr. : 1  Assenstelsel: Globaal
FRd : 400.000000 Rx:Vrij Z:Vast Ry:Vrij
Min.afst.: 0.500

STEUNPUNTEN

Nr.	Naam	Steunpunttype	Balk	Positie	Excentr.	Hoek	Opm:
1		1:	3	0.000	0.000	0.000	
2		1:	5	3.100	0.000	0.000	
3		1:	1	0.000	0.000	0.000	
4		1:	3	2.600	0.000	0.000	
5		1:	6	4.360	0.000	0.000	
6		1:	2	5.600	0.000	0.000	
7		1:	1	5.600	0.000	0.000	
8		1:	2	8.000	0.000	0.000	
9		1:	1	8.000	0.000	0.000	
10		1:	2	12.6	0.000	0.000	
11		1:	1	12.600	0.000	0.000	
12		1:	2	14.3	0.000	0.000	
13		1:	1	14.300	0.000	0.000	
14		1:	7	4.360	0.000	0.000	
15		1:	4	1.4	0.000	0.000	
16		1:	8	3.100	0.000	0.000	
17		1:	1	18.800	0.000	0.000	
18		1:	4	3.415	0.000	0.000	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

BELASTINGGEVALLEN

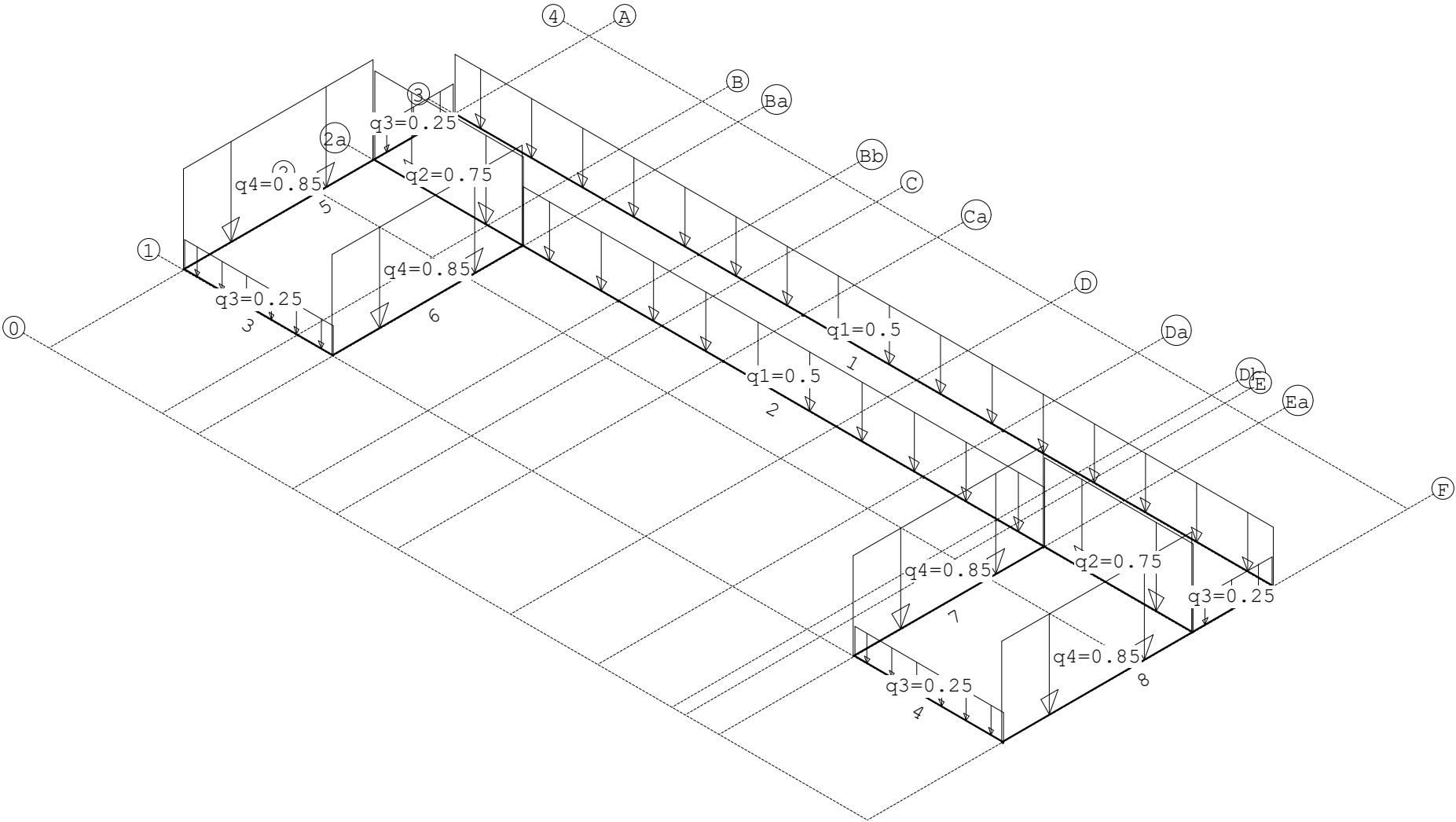
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	ψ_0	ψ_1	ψ_2	e.g.
	1 permanent	0:Alles tegelijk				0.00
	2 veranderlijk	0:Alles tegelijk	0.50	0.50	0.30	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
	1 permanent	1 Permanente belasting
	2 veranderlijk	2 Ver. bel. pers. ed. (q_k)

VELDBELASTINGEN

B.G:1 permanent



VELDBELASTINGEN

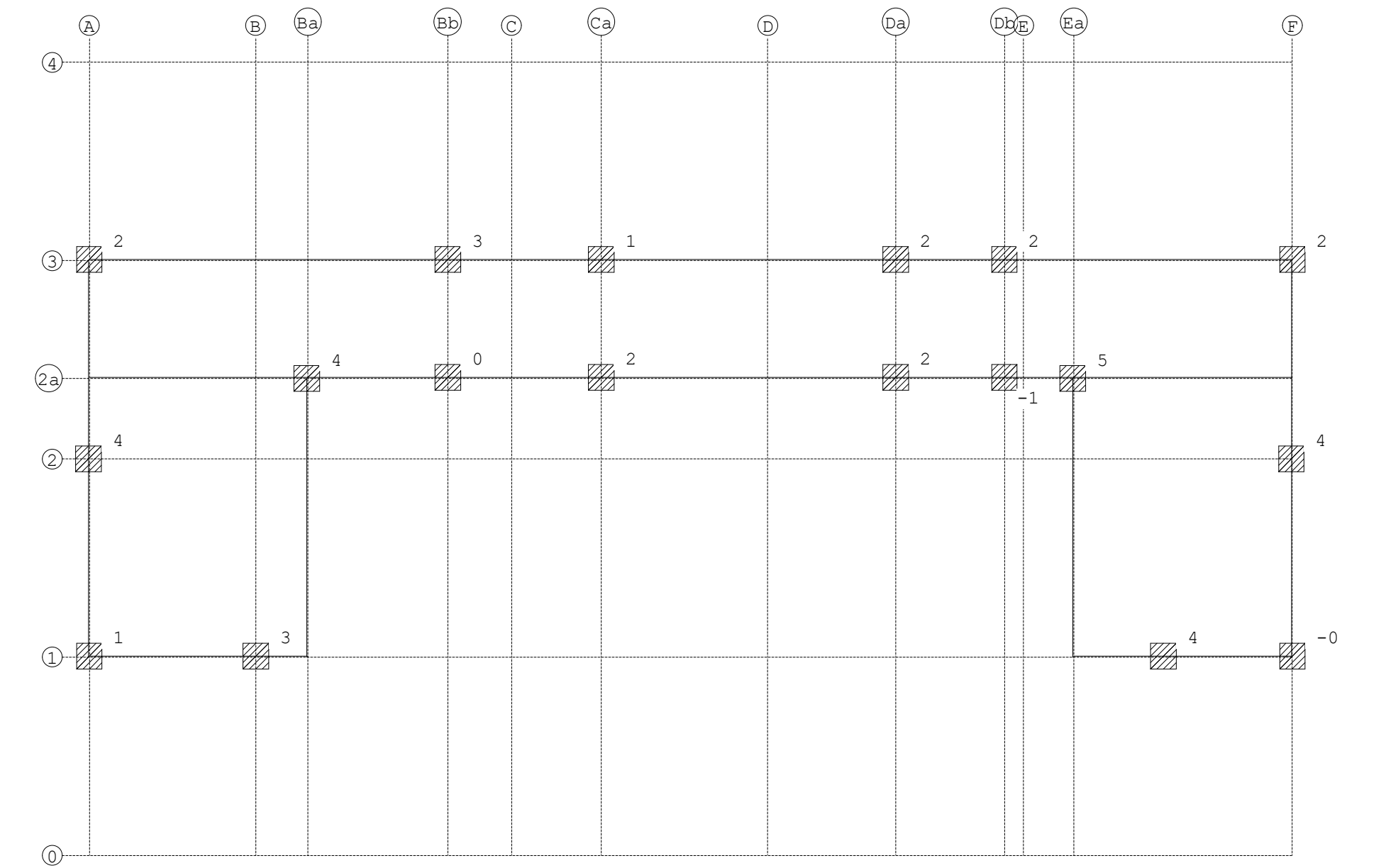
B.G:1 permanent

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	1:q-last	-0.500	-0.500	0.000	18.800	0.000
2	1	1:q-last	-0.750	-0.750	0.000	3.415	0.000
2	2	1:q-last	-0.500	-0.500	3.415	11.970	0.000
2	3	1:q-last	-0.750	-0.750	15.385	3.415	0.000
3	1	1:q-last	-0.250	-0.250	0.000	3.415	0.000
4	1	1:q-last	-0.250	-0.250	0.000	3.415	0.000
5	1	1:q-last	-0.850	-0.850	0.000	4.360	0.000
5	2	1:q-last	-0.250	-0.250	4.360	1.840	0.000
6	1	1:q-last	-0.850	-0.850	0.000	4.360	0.000
7	1	1:q-last	-0.850	-0.850	0.000	4.360	0.000
8	1	1:q-last	-0.850	-0.850	0.000	4.360	0.000
8	2	1:q-last	-0.250	-0.250	4.360	1.840	0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Staalconstructie vide

REACTIES

B.G:1 permanent



REACTIES

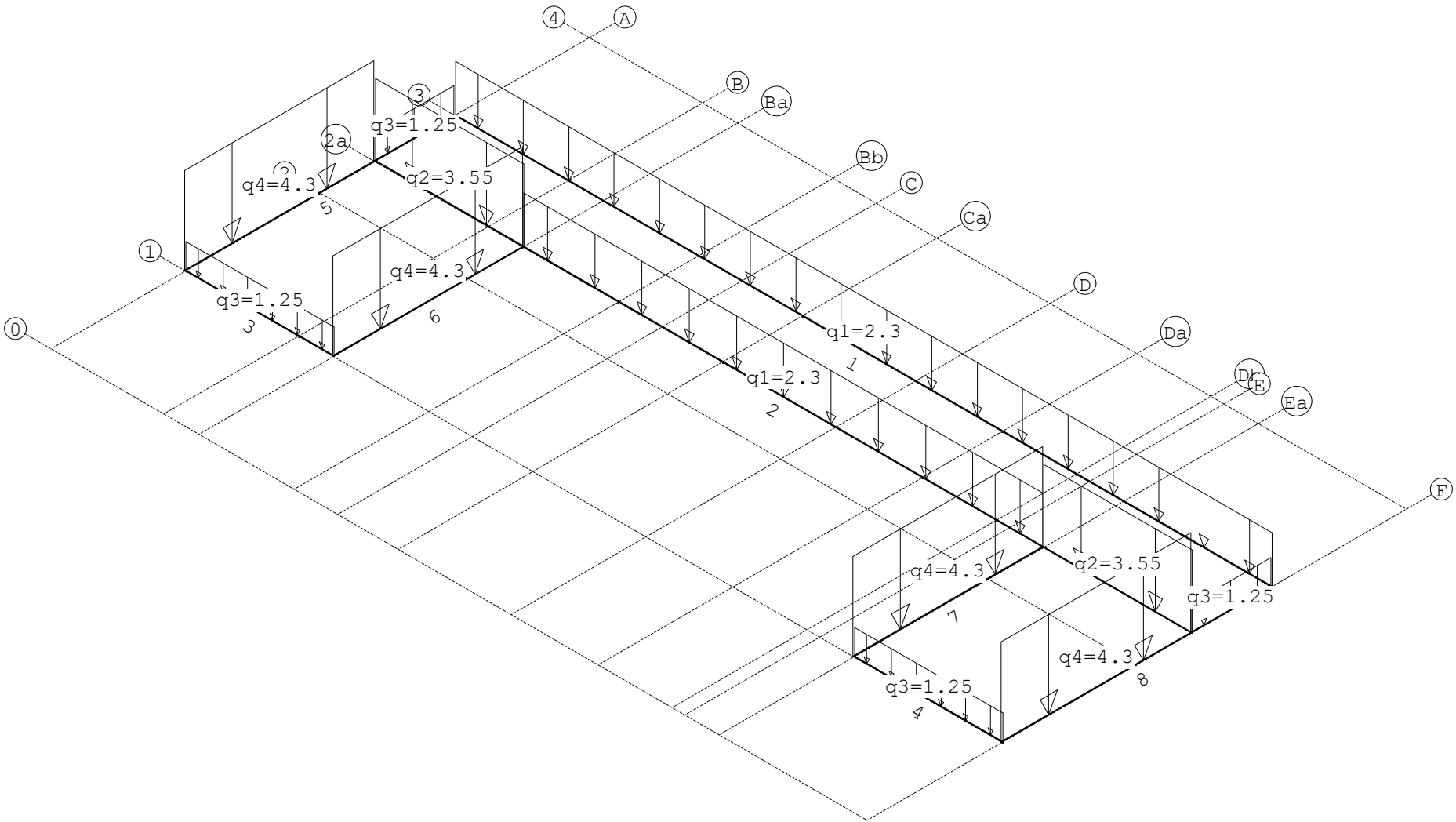
B.G:1 permanent

Balk	Stp	MX	Z	MY
1	3	0.00	1.75	0.00
1	7	0.00	2.61	0.00
1	9	0.00	1.34	0.00
1	11	0.00	1.52	0.00
1	13	0.00	1.85	0.00
1	17	0.00	1.52	0.00
2	5	0.00	4.40	0.00
2	6	0.00	0.36	0.00
2	8	0.00	2.09	0.00
2	10	0.00	2.26	0.00
2	12	0.00	-1.29	0.00
2	14	0.00	5.01	0.00
3	1	0.00	0.70	0.00
3	4	0.00	2.97	0.00
4	15	0.00	3.88	0.00
4	18	0.00	-0.21	0.00
5	1	0.00	0.70	0.00
5	2	0.00	3.61	0.00
5	3	0.00	1.75	0.00
6	5	0.00	4.40	0.00
7	14	0.00	5.01	0.00
8	18	0.00	-0.21	0.00
8	16	0.00	3.60	0.00
8	17	0.00	1.52	0.00
		37.96	: Som reacties	
		-37.96	: Som belastingen	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

VELDBELASTINGEN

B.G:2 veranderlijk



VELDBELASTINGEN

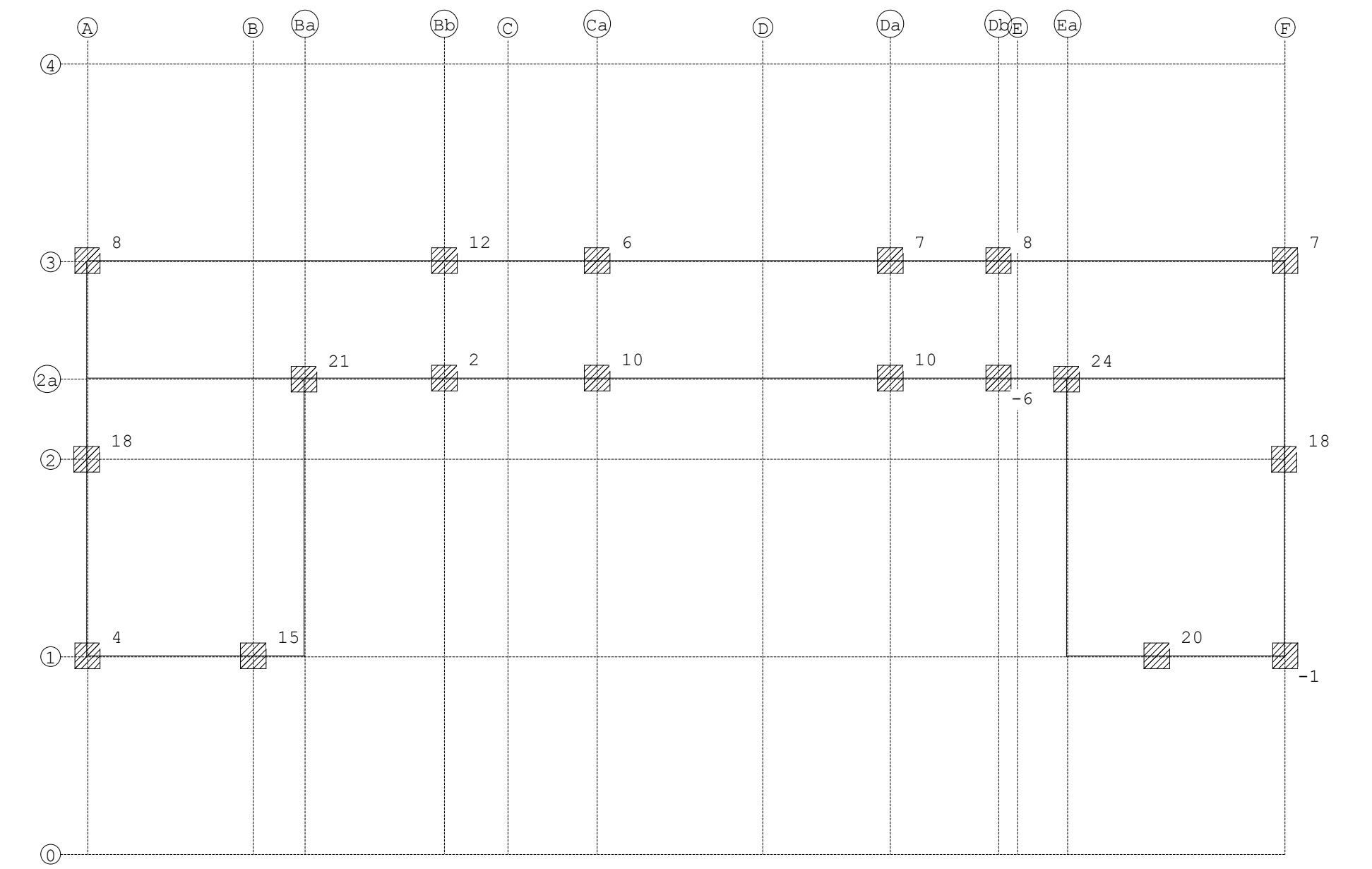
B.G:2 veranderlijk

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	1:q-last	-2.300	-2.300	0.000	18.800	0.000
2	1	1:q-last	-3.550	-3.550	0.000	3.415	0.000
2	2	1:q-last	-2.300	-2.300	3.415	11.970	0.000
2	3	1:q-last	-3.550	-3.550	15.385	3.415	0.000
3	1	1:q-last	-1.250	-1.250	0.000	3.415	0.000
4	1	1:q-last	-1.250	-1.250	0.000	3.415	0.000
5	1	1:q-last	-4.300	-4.300	0.000	4.360	0.000
5	2	1:q-last	-1.250	-1.250	4.360	1.840	0.000
6	1	1:q-last	-4.300	-4.300	0.000	4.360	0.000
7	1	1:q-last	-4.300	-4.300	0.000	4.360	0.000
8	1	1:q-last	-4.300	-4.300	0.000	4.360	0.000
8	2	1:q-last	-1.250	-1.250	4.360	1.840	0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

REACTIES

B.G:2 veranderlijk



REACTIES

B.G:2 veranderlijk

Balk	Stp	MX	Z	MY
1	3	0.00	8.19	0.00
1	7	0.00	12.02	0.00
1	9	0.00	6.18	0.00
1	11	0.00	6.97	0.00
1	13	0.00	8.49	0.00
1	17	0.00	7.13	0.00
2	5	0.00	21.35	0.00
2	6	0.00	1.55	0.00
2	8	0.00	9.63	0.00
2	10	0.00	10.45	0.00
2	12	0.00	-6.19	0.00
2	14	0.00	24.31	0.00
3	1	0.00	3.53	0.00
3	4	0.00	15.02	0.00
4	15	0.00	19.58	0.00
4	18	0.00	-1.04	0.00
5	1	0.00	3.53	0.00
5	2	0.00	18.01	0.00
5	3	0.00	8.19	0.00
6	5	0.00	21.35	0.00
7	14	0.00	24.31	0.00
8	18	0.00	-1.04	0.00
8	16	0.00	17.95	0.00
8	17	0.00	7.13	0.00
		183.15	: Som reacties	
		-183.15	: Som belastingen	

BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor
1	Fund.	1	Perm	1.20	2	Extr	1.50						
2	Fund.	1	Perm	0.90	2	Extr	1.50						
3	Kar.	1	Perm	1.00	2	Extr	1.00						
4	Kar.	1	Perm	1.00									
5	Blij.	1	Perm	1.00									
6	Fund.	1	Perm	1.35									
7	Fund.	1	Perm	1.35	2	psi0	1.50						
8	Fund.	1	Perm	1.20	2	Extr	1.50						
9	Fund.	1	Perm	0.90									
10	Fund.	1	Perm	0.90	2	psi0	1.50						

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Staalconstructie vide

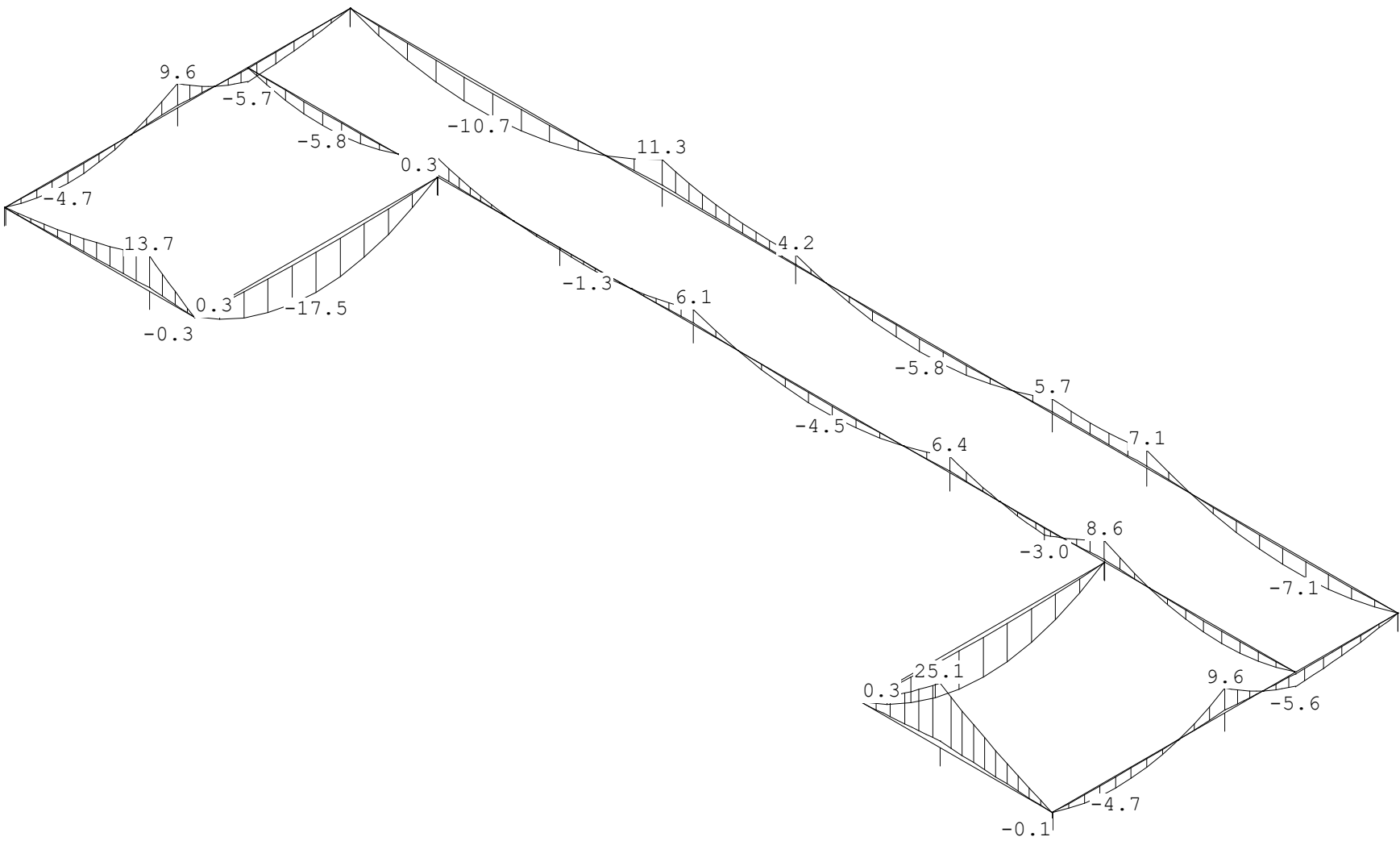
BELASTINGCOMBINATIES

BC	Type	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor	BG	Gen.	Factor
11	Fund.	1	Perm	0.90	2	Extr	1.50						
12	Kar.	1	Perm	1.00	2	Extr	1.00						
13	Freq.	1	Perm	1.00									
14	Freq.	1	Perm	1.00	2	psi1	1.00						
15	Quas.	1	Perm	1.00									
16	Quas.	1	Perm	1.00	2	psi2	1.00						
17	Blij.	1	Perm	1.00									

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

MOMENTEN

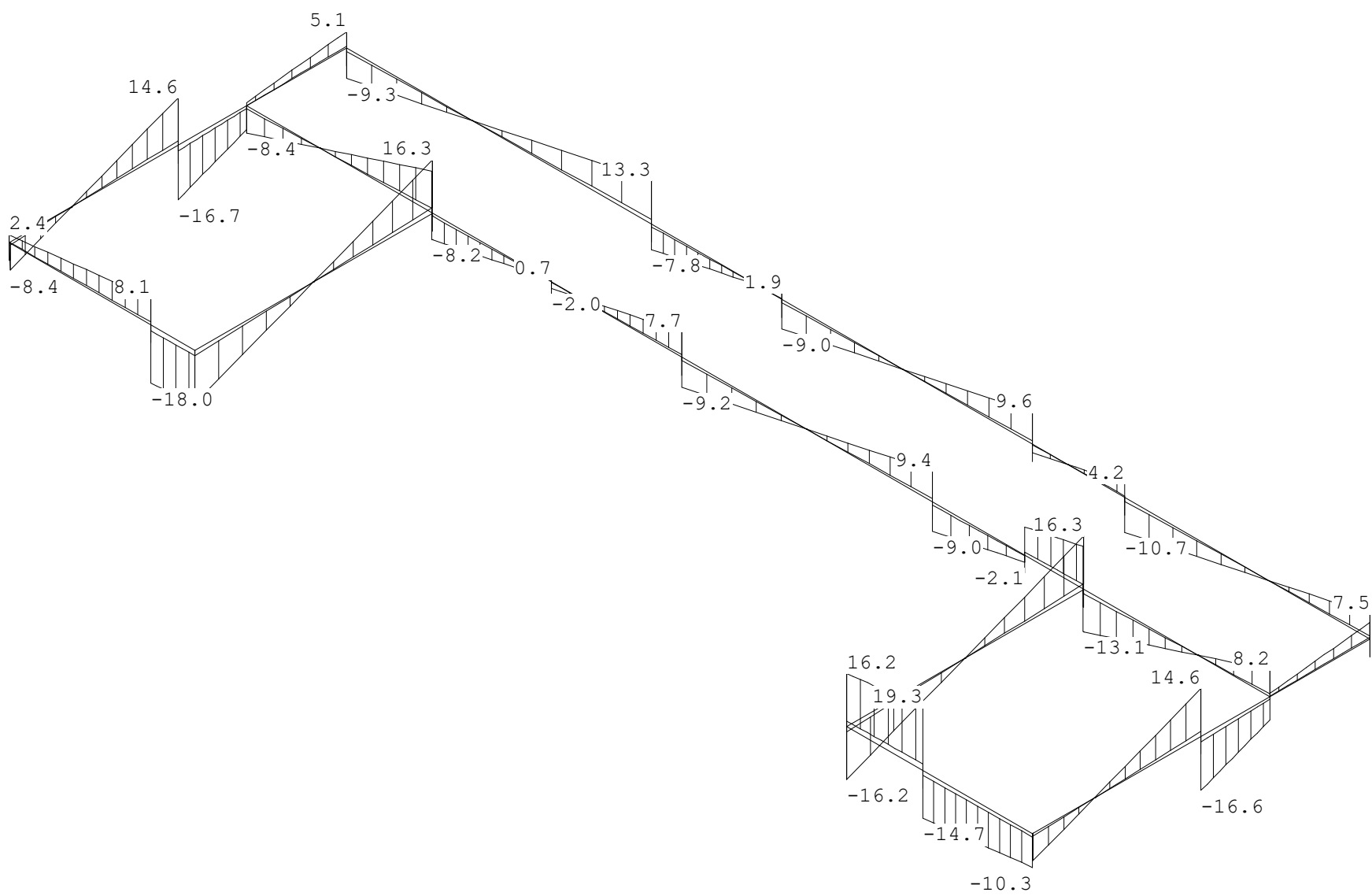
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

DWARSKRACHTEN

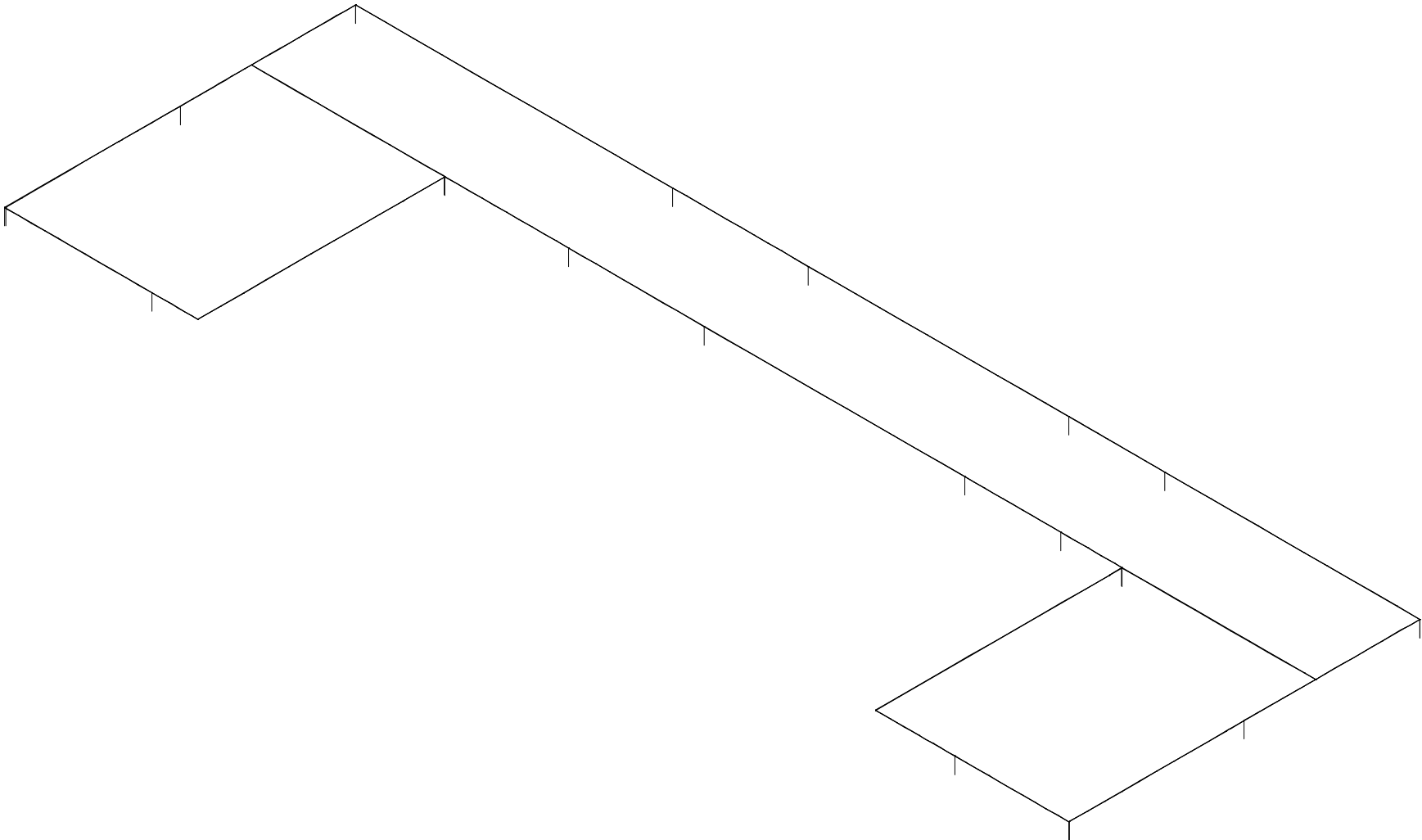
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

WRINGMOMENTEN

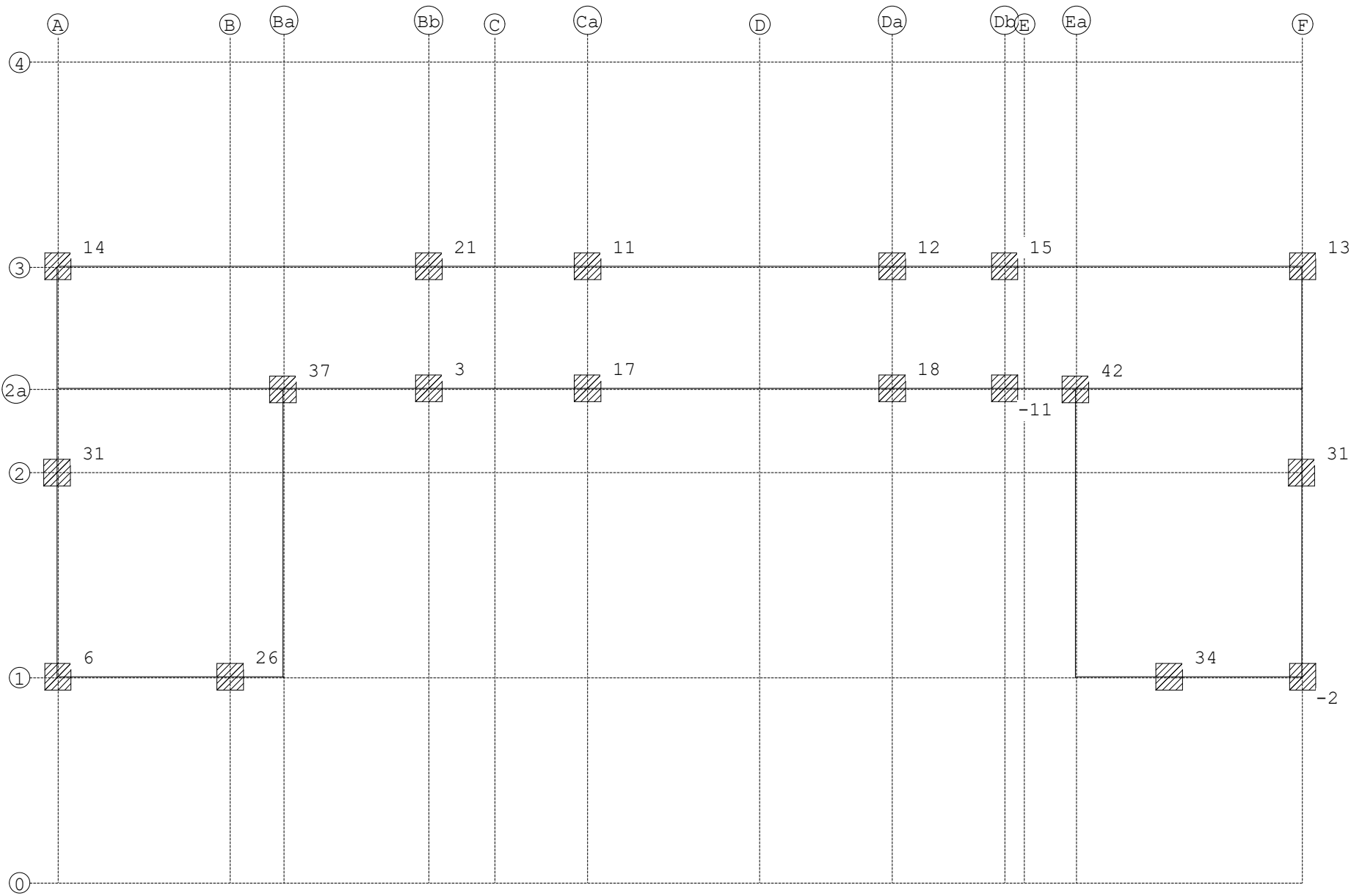
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Staalconstructie vide

REACTIES

Fundamentele combinatie



REACTIES

Fundamentele combinatie

Balk	Stp	MX-min	MX-max	Z-min	Z-max	MY-min	MY-max
1	3	0.00	0.00	1.57	14.39	0.00	0.00
1	7	0.00	0.00	2.35	21.17	0.00	0.00
1	9	0.00	0.00	1.21	10.89	0.00	0.00
1	11	0.00	0.00	1.36	12.28	0.00	0.00
1	13	0.00	0.00	1.66	14.95	0.00	0.00
1	17	0.00	0.00	1.37	12.51	0.00	0.00
2	5	0.00	0.00	3.96	37.30	0.00	0.00
2	6	0.00	0.00	0.32	2.75	0.00	0.00
2	8	0.00	0.00	1.88	16.95	0.00	0.00
2	10	0.00	0.00	2.04	18.40	0.00	0.00
2	12	0.00	0.00	-10.84	-1.16	0.00	0.00
2	14	0.00	0.00	4.51	42.48	0.00	0.00
3	1	0.00	0.00	0.63	6.13	0.00	0.00
3	4	0.00	0.00	2.68	26.09	0.00	0.00
4	15	0.00	0.00	3.49	34.02	0.00	0.00
4	18	0.00	0.00	-1.81	-0.19	0.00	0.00
5	1	0.00	0.00	0.63	6.13	0.00	0.00
5	2	0.00	0.00	3.25	31.35	0.00	0.00
5	3	0.00	0.00	1.57	14.39	0.00	0.00
6	5	0.00	0.00	3.96	37.30	0.00	0.00
7	14	0.00	0.00	4.51	42.48	0.00	0.00
8	18	0.00	0.00	-1.81	-0.19	0.00	0.00
8	16	0.00	0.00	3.24	31.25	0.00	0.00
8	17	0.00	0.00	1.37	12.51	0.00	0.00

STAALPROFIELEN - ALGEMENE GEGEVENS

PROFIEL/MATERIAAL

KIPSTABILITEIT

TOETSING SPANNINGEN

Staafl	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm ²]	Opm.	
1											
V1	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.269	63	75,76
V2	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.269	63	75,76
V3	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.5	(6.12y)	0.137	32	75,76
V4	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.168	40	42,75,76
2											
V5	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.175	41	75,76
V6	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.176	41	75,76
V7	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.144	34	75,76
V8	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.152	36	75,76
V9	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.152	36	75,76
V10	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.204	48	42,75,76
3											
V11	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.326	77	42,75,76
4											
V12	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.597	140	42,75,76
5											
V13	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.228	53	75,76
V14	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.228	53	75,76

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Staalconstructie vide

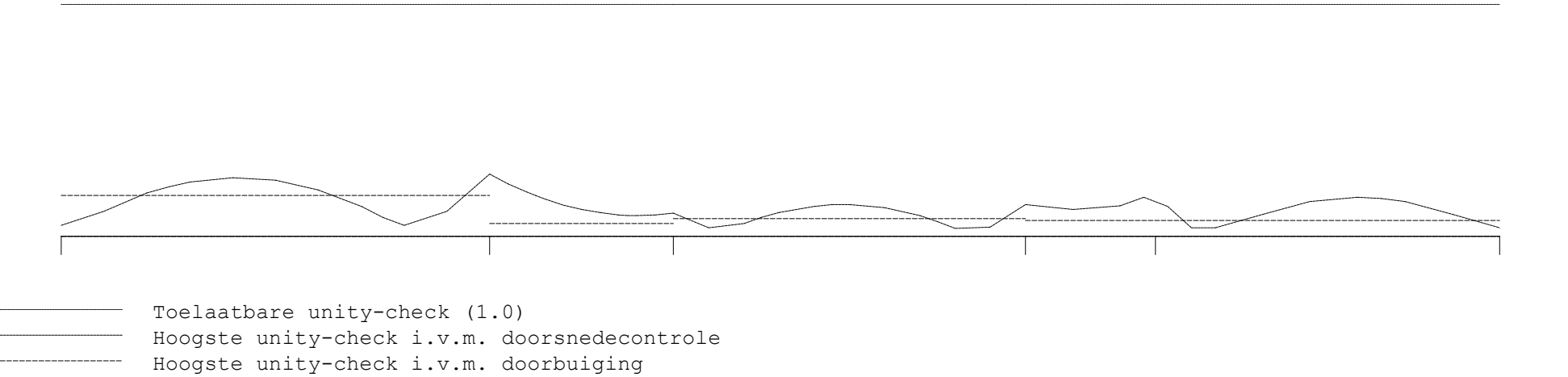
TOETSING SPANNINGEN

Staafr.	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing		Opm.
									U.C.	[N/mm ²]	
6											
V15	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.5	(6.12y)	0.415	98	75,76
7											
V16	1	1	1	1	My-max	EN3-1-1	6.2.5	(6.12y)	0.414	97	75,76
8											
V17	1	1	1	1	Einde	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.227	53	75,76
V18	1	1	1	1	Begin	EN3-1-1	6.2.8	(6.29+6.12y)	0.227	53	75,76

Opmerkingen:
[42] Waarschuwing: Er sluiten tussentijds staven en/of opleggingen aan.
[75] Toetsing van wringing voor dit profieltype is niet voorzien.
[76] Toetsing van kipstabiliteit voor dit profieltype is niet voorzien.

UNITY-CHECK'S

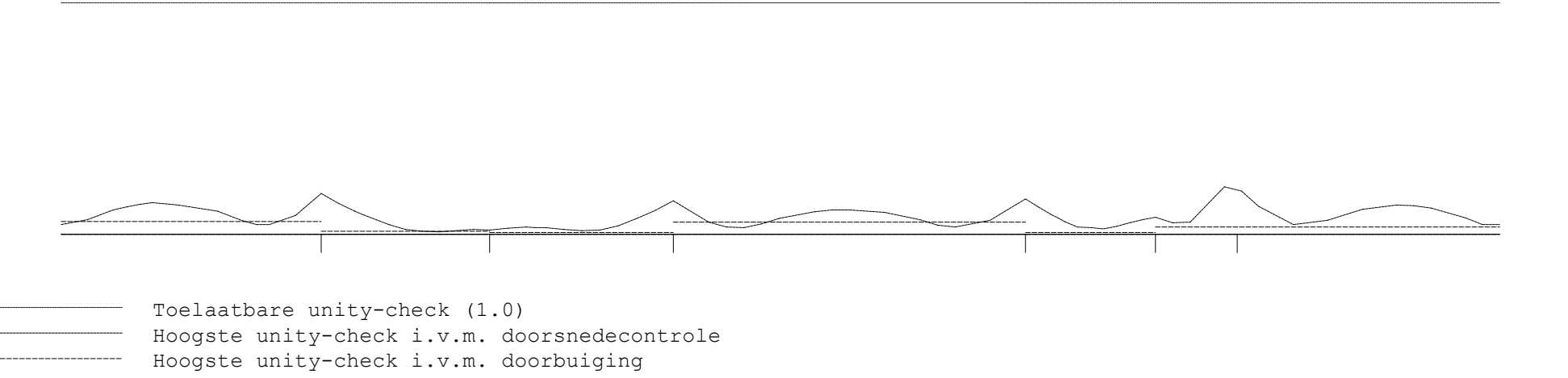
1 OMHULLENDE VAN ALLES



UNITY-CHECK'S

2 OMHULLENDE VAN ALLES

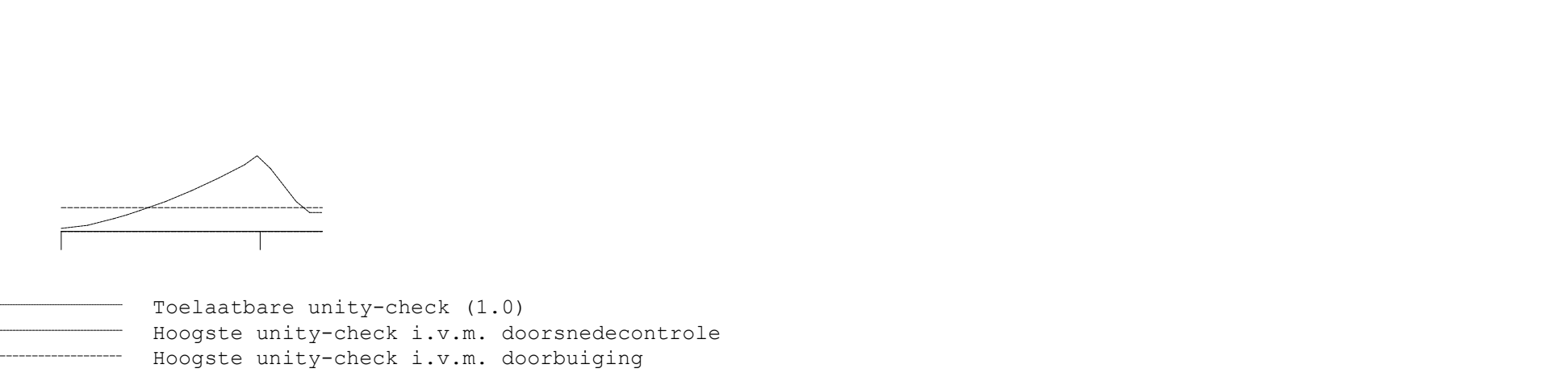
Velden: 5 t/m 10



UNITY-CHECK'S

3 OMHULLENDE VAN ALLES

Velden: 11 t/m 11

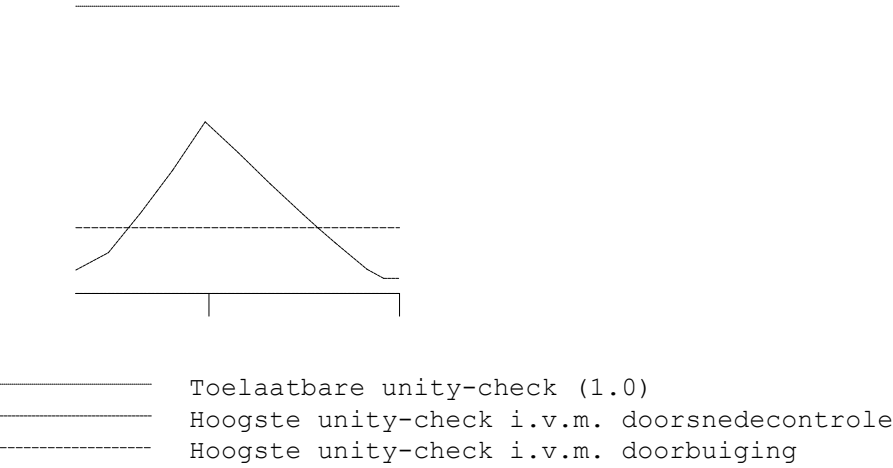


Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Staalconstructie vide

UNITY-CHECK'S

4 OMHULLENDE VAN ALLES

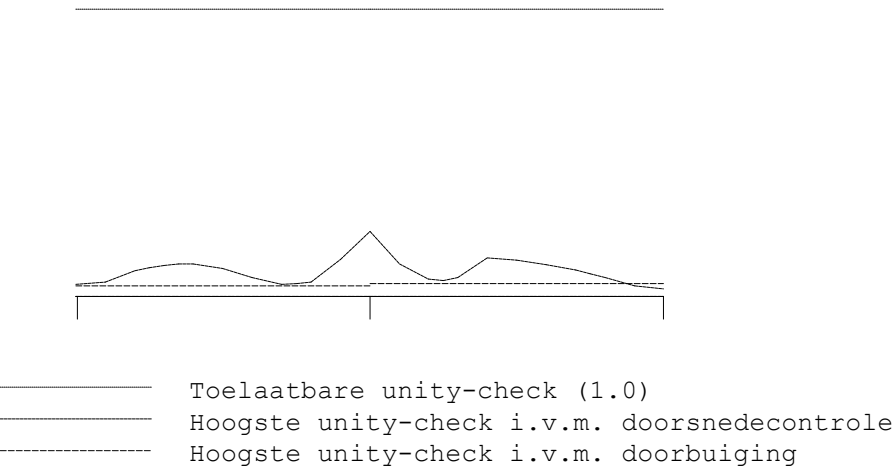
Velden: 12 t/m 12



UNITY-CHECK'S

5 OMHULLENDE VAN ALLES

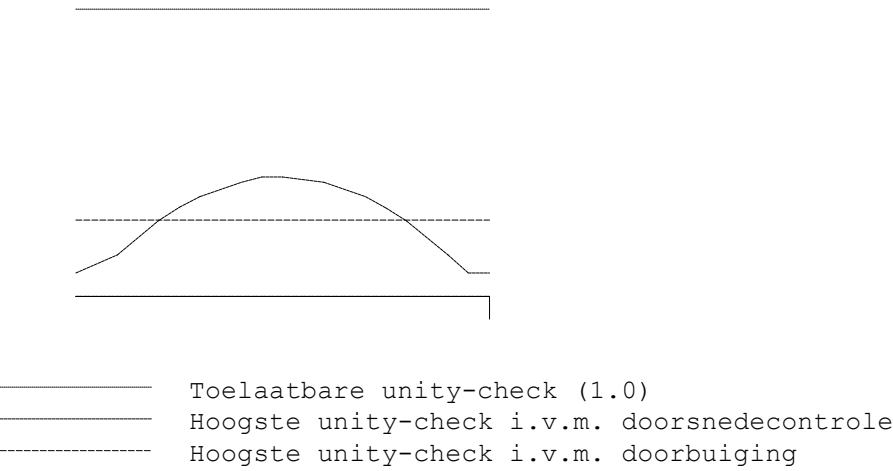
Velden: 13 t/m 14



UNITY-CHECK'S

6 OMHULLENDE VAN ALLES

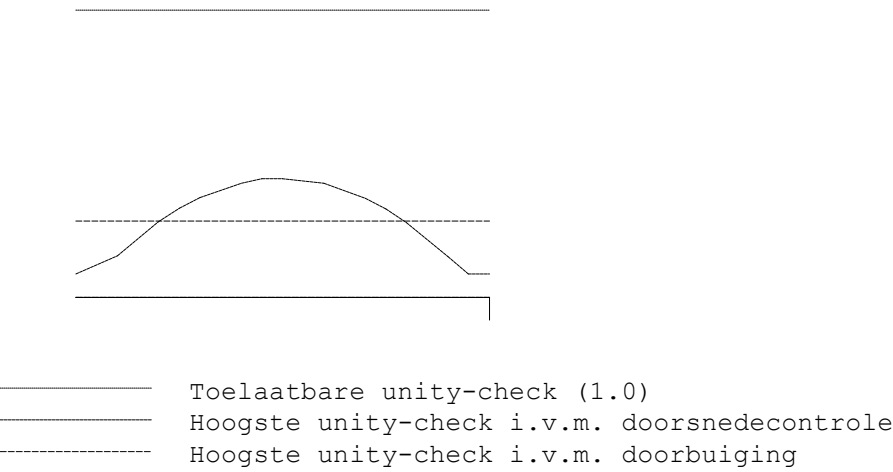
Velden: 15 t/m 15



UNITY-CHECK'S

7 OMHULLENDE VAN ALLES

Velden: 16 t/m 16

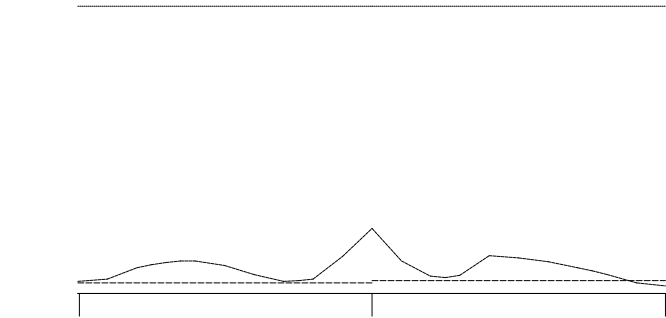


Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Staalconstructie vide

UNITY-CHECK'S

8 OMHULLENDE VAN ALLES

Velden: 17 t/m 18



- Toelaatbare unity-check (1.0)
- Hoogste unity-check i.v.m. doorsnedecontrole
- Hoogste unity-check i.v.m. doorbuiging

FOUTEN/MELDINGEN

[m163] Het project bevat meerdere belastingcombinaties van het type 'Blijvend'. Dit kan leiden tot onjuiste waarden van de vervormingen volgens NEN-EN 1990 Bijlage A.1.4.3.

Berekening kolom onder verdiepingsvloer

RHS 80/80/4 CF

norm: EN 10219-1	f_{yd}	=	235 N/mm ²	β_w	=	0,8 -	E	=	210000 N/mm ²
staal: S235 JRH	f_u	=	360 N/mm ²	ϵ	=	1,00 -	ν	=	0,3 -
	f_{ya}	=	283 N/mm ²	η	=	1,2 -	G	=	80769 N/mm ²
h, D = 80 mm	y_0	=	0,0 mm	I_y	=	111,0 cm ⁴	I_z	=	111,0 cm ⁴
b = 80 mm	z_0	=	0,0 mm	i_y	=	3,1 cm	i_z	=	3,1 cm
d, y = mm	A	=	11,75 cm ²	$W_{el,y}$	=	27,8 cm ³	$W_{el,z}$	=	27,8 cm ³
t_w = 4,0 mm	A_ϕ	=	0 mm ²	S_y	=	16,5 cm ³	S_z	=	16,5 cm ³
t_f = mm	O	=	30,6 cm	$W_{pl,y}$	=	33,1 cm ³	$W_{pl,z}$	=	33,1 cm ³
r = 8,0 mm	M	=	9,2 kg/m'	$A_{v,z}$	=	5,9 cm ²	$A_{v,y}$	=	5,9 cm ²
r_1 = 4,0 mm	I_p	=	0,0 cm ³	I_t	=	180,4 cm ⁴	C_w	=	41,8 cm ⁶

Krachten, unity checks (u.c)

N_{Ed}^+ = 30,0 kN	$M_{Ed,y}$ = 0,0 kNm	$T_{Ed,x}$ = 0,0 kNm	$V_{Ed,y}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^+ = 332 kN	$M_{Rd,y}$ = 9,3 kNm	$T_{Rd,x}$ = 7,5 kNm	$V_{Rd,y}$ = 95,9 kN
u.c. = 0,1 -	u.c. = 0,0 -	u.c. = 0,0 -	u.c. = 0,0 -
N_{Ed}^- = -30,0 kN	$M_{Ed,z}$ = 0,0 kNm		$V_{Ed,z}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^- = -154,0 kN	$M_{Rd,z}$ = 9,3 kNm		$V_{Rd,z}$ = 95,9 kN
u.c. = 0,2 -	u.c. = 0,0 -		u.c. = 0,0 -

art. 6.2.8 - 6.2.10

EN-1993-1-5 (4.15)

art. 6.2.9

$$n_y = 1,00 - \quad n_z = 1,00 -$$

$$N_{Ed} / N_{C,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0,2$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0,0$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0,0$$

art. 6.3.1

art. 6.3.2

art. 6.3.3

$$N_{b,Rd,y} = 154,0 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,z} = 154,0 \text{ kN} \quad N_{cr,TF} = 407828 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \text{\#VERW! kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = 0,19 -$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = 0,19 -$$

art. 6.3.3 & Bijlage B

y - as

puntlast

ongeschoord

situatie 2

Tabel 6.6

$$M_{A,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{S,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{C,y} = \psi_y M_{A,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = 0 -$$

$$k_{c,y} = 1,00 -$$

z - as

puntlast

ongeschoord

situatie 2

Tabel 6.6

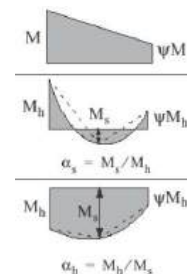
$$M_{A,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{S,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$\psi_z = 0 -$$

$$k_{c,z} = 1,00 -$$



Kniklengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 3,00 \text{ m} \\ L_x &= 3,00 \text{ m} \\ L_z &= 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

Kiplengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 3,00 \text{ m} \\ L_x &= 3,00 \text{ m} \\ L_z &= 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (lijf)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = 26 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 26 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	1,00
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq \text{\#GETAL!}$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > \text{\#GETAL!}$
klasse 1	klasse 1	klasse 1	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 1,00 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= h - 2 (t_f + r) \\ &= 56 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 14,0 - \\ z_N &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned} \psi &= -1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 23,9 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,10 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 28 \text{ mm} \quad b_c = 28 \text{ mm} \quad b_{eff} = 28 \text{ mm} \\ b_1 &= 11,2 \text{ mm} \quad b_2 = 16,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned} \psi &= 1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,25 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} \quad b_c = 56 \text{ mm} \quad b_{eff} = 56,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 28,0 \text{ mm} \quad b_2 = 28,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned} \psi &= 1,0 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,25 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} \quad b_c = 56 \text{ mm} \quad b_{eff} = 56 \text{ mm} \\ b_1 &= 28 \text{ mm} \quad b_2 = 28 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (flens)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 26 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = 26 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 26 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	1,00
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq \text{\#GETAL!}$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > \text{\#GETAL!}$
klasse 1	klasse 1	klasse 1	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 1,00 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= b - 2 (t_f + r) \\ &= 56 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 14,0 - \\ y_N &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned}\psi &= -1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 23,9 - \\ \lambda_p &= (c/t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,10 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 28 \text{ mm} & b_c &= 28 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 28 \text{ mm} \\ b_1 &= 11,2 \text{ mm} & b_2 &= 16,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned}\psi &= 1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c/t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,25 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 56 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 56,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 28 \text{ mm} & b_2 &= 28 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned}\psi &= 1,0 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c/t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,25 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 56 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 56 \text{ mm} \\ b_1 &= 28 \text{ mm} & b_2 &= 28 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

	buiging	druk	druk & buiging	$\varepsilon = (235 / f_{ya})^{1/2}$
klasse 1	$c / (t \varepsilon) \leq 72$	$c / (t \varepsilon) \leq 33$	$c / (t \varepsilon) \leq 72$	$= 0,91 -$
klasse 2	$c / (t \varepsilon) \leq 83$	$c / (t \varepsilon) \leq 38$	$c / (t \varepsilon) \leq 83$	$\alpha = 0,5 -$
klasse 3	$c / (t \varepsilon) \leq 124$	$c / (t \varepsilon) \leq 42$	$c / (t \varepsilon) \leq 124$	$\psi = -1 -$
klasse 4	$c / (t \varepsilon) > 124$	$c / (t \varepsilon) > 42$	$c / (t \varepsilon) > 62$	
zwakke as	$c / t = [b - 2(t + r_i)] / t = 16 -$	$\rightarrow c / (t \varepsilon) = 18 -$		
sterke as	$c / t = [h - 2(t + r_i)] / t = 16 -$	$\rightarrow c / (t \varepsilon) = 18 -$		

	buiging	druk	druk & buiging	
zwakke as	klasse 1	klasse 1	klasse 1	$\rightarrow$ klasse 1
sterke as	klasse 1	klasse 1	klasse 1	

Roarks formula's for stress and strain tabel 10.1, case 16

$$\begin{aligned}\tau_{av.} &= \frac{T_{Ed,x}}{2 t (b - t) (h - t)} \leq \frac{f_{ya}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \rightarrow T_{Rd,x} \leq \frac{2 f_y t (b - t) (h - t)}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \leq 7,5 \text{ kNm} \\ K &= \frac{2 t^2 (b - t)^2 (h - t)^2}{b t + h t - 2 t^2} = 175,6 \text{ cm}^4 \approx I_t\end{aligned}$$

Berekening

art. 6.2.3 Trek

$$\begin{aligned} N_{Ed} / N_{t,Rd} &\leq 1,0 & 332,1 \text{ kN} & \text{art. 6.2.3} & (6.5) \\ N_{pl,Rd} &= A f_{ya} / \gamma_{M0} & \text{vloeien brutodoorsnede} & -332,1 \text{ kN} & \text{art. 6.2.4} & (6.6) \\ N_{u,Rd} &= 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2} & \text{lokaal bezwijken doorsnede met gaten} & & & (6.7) \\ N_{net,Rd} &= A_{net} f_{ya} / \gamma_{M0} & \text{verbindingen cat. C (glijvast) volgens art. 3.4.1 EN 1993-1-8} & & & (6.8) \\ N_{pl,Rd} &= 332,1 \text{ kN} & (6.6) & N_{u,Rd} &= 304,5 \text{ kN} & (6.7) & N_{net,Rd} &= 332,1 \text{ kN} & (6.8) \end{aligned}$$

art. 6.2.4 Druk

$$\begin{aligned} N_{Ed} / N_{c,Rd} &\leq 1,0 & (6.9) \\ N_{c,Rd} &= A f_{ya} / \gamma_{M0} & \text{doorsnedeklasse 1, 2 of 3} & (6.10) \\ N_{c,Rd} &= A_{eff} f_{ya} / \gamma_{M0} & \text{doorsnedeklasse 4} & (6.11) \\ N_{c,Rd} &= 332,1 \text{ kN} & (6.10) & N_{c,Rd} &= 332,1 \text{ kN} & (6.11) \end{aligned}$$

art. 6.2.5 Buiging

$$\begin{aligned} M_{Ed} / M_{c,Rd} &\leq 1,0 & (6.12) \\ M_{c,Rd} &= n W_{pl} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{pl,Rd} & \text{doorsnedeklasse 1 of 2} & (6.13) \\ M_{c,Rd} &= n W_{el,min} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{el,Rd} & \text{doorsnedeklasse 3} & (6.14) \\ M_{c,Rd} &= n W_{eff,min} f_{ya} / \gamma_{M0} & \text{doorsnedeklasse 4} & (6.15) \\ \text{verwaarlozing gataftrek flenzen} & A_{f,net} 0,9 f_u / \gamma_{M2} \geq A_f f_y / \gamma_{M0} & (6.16) \\ n \text{ volgens art. 6.2.8 - 6.2.10} & V_{Ed,y} \rightarrow n_y M_{c,z,Rd} & V_{Ed,z} \rightarrow n_z M_{c,y,Rd} \\ & n_y = 1,00 - & n_z = 1,00 - \\ M_{c,y,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.13) & M_{c,y,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.14) & M_{c,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.15) \\ M_{c,z,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.13) & M_{c,z,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.14) & M_{c,Rd} &= 9,3 \text{ kNm} & (6.15) \end{aligned}$$

art. 6.2.6 Afschuiving

$$\begin{aligned} V_{Ed} / V_{c,Rd} &\leq 1,0 & (6.17) \\ V_{pl,Rd} &= (A_v f_y) / (\sqrt{3} \gamma_{M0}) & (6.18) \\ \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} &\leq 1,0 & \text{met: } \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I t} \rightarrow V_{Ed} \leq \frac{2 f_y I_{y,z} t}{\sqrt{3} S_{y,z} \gamma_{M0}} & (6.19), (6.20) \\ V_{pl,T,Rd} &= V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2} & = 0,0 V_{pl,Rd} & (6.26) \\ V_{pl,T,Rd} &= V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2} - \tau_{w,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y & = 0,0 V_{pl,Rd} & (6.27) \\ V_{pl,T,Rd} &= V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y) & = 0,0 V_{pl,Rd} & (6.28) \\ V_{pl,y,Rd} &= 96 \text{ kN} & (6.18) & V_{pl,y,T,Rd} &= 96 \text{ kN} & (6.18) \\ V_{pl,z,Rd} &= 96 \text{ kN} & (6.18) & V_{pl,z,T,Rd} &= 96 \text{ kN} & (6.18) \end{aligned}$$

Torsie en dwarskracht

$$\begin{aligned} \text{plastisch, klasse 1, 2} & V_{pl,y,Rd} = 95,9 \text{ kN} & V_{pl,z,Rd} &= 95,9 \text{ kN} & (6.18) \\ \text{elastisch klasse 3, 4} & V_{Ed,y} = 87,7 \text{ kN} & V_{Ed,z} &= 87,7 \text{ kN} & (6.20) \end{aligned}$$

art. 6.2.7 Torsie

$$\begin{aligned} T_{Ed} / T_{Rd} &\leq 1,0 & (6.23) \\ T_{Ed} &= T_{t,Ed} + T_{w,Ed} & (6.24) \end{aligned}$$

Torsie & dwarskracht

$$\begin{aligned} V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} &\leq 1,0 & (6.25) \\ V_{pl,T,Rd} &= V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y) = V_{pl,Rd} (1 - T_{Ed,x} / T_{Rd,x}) & (6.28) \\ T_{Ed,x} / T_{Rd,x} &= 0,00 - & (6.23) \end{aligned}$$

art. 6.2.8 Buiging en afschuiving

art. 6.2.10 Buiging, afschuiving en normaalkracht

$$\begin{aligned} V_{Ed} / V_{pl,Rd} &\leq 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} &\leq 0,5 &\rightarrow \rho &= 0 \\ V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 &\rightarrow n &= (1 - \rho) \end{aligned} \quad (6.29)$$

$$\begin{aligned} \text{dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 & \rho_y &= 0,0 - \rightarrow n_y = 1,0 - \\ \text{torsie \& dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} - 1)^2 & \rho_z &= 0,0 - \rightarrow n_z = 1,0 - \end{aligned}$$

interactie van belasting haaks op de staafas volgens art. 7.2 EN 1993-1-5

$$\eta_1 = N_{Ed} / N_{c,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0,2 \leq 1,0 \quad (4.14) \quad (4.15)$$

$$\eta_2 = V_{z,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0 \quad (6.14)$$

$$\eta_3 = V_{y,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0$$

$$\text{art. 6.2.8} \quad \eta_1 + (2 \eta_3 - 1)^2 = 0,0 \leq 1,0 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.1)$$

$$\text{art. 6.2.10} \quad \eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,0 \leq 1,4 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.2)$$

art. 6.2.9 Buiging en normaalkracht

$$M_{Ed} / M_{N,Rd} \leq 1,0 \quad \text{art. 6.2.9.1 Doorsnedeklasse 1 of 2} \quad (6.31)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.2 Doorsnedeklasse 3} \quad (6.42)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.3 Doorsnedeklasse 4} \quad (6.43)$$

$\sigma_{x,Ed}$ normaalspanning volgens art. 6.2.3, 6.2.4 en 6.2.5

$$\text{alternatief klasse 4:} \quad \frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1 \quad (6.44)$$

$$n_{y,6.2.10} = 1,0 - n_{z,6.2.10} = 1,0 - \text{art. 6.2.10}$$

$$n_{y,z,6.2.9} = n_{y,z,6.2.10} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w)$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 1,00 M_{pl,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} = 9 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 1,00 M_{pl,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} = 9 \text{ kNm} \quad (6.40)$$

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A \leq 0,5 = 0,5 -$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A \leq 0,5 = 0,5 -$$

$$N_{pl,Rd} = 332 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.3} = 332,1 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.4}$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,1 -$$

twee-assige buiging

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0,00 \leq 1 \quad (6.41)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,2 -$$

$$\alpha = \beta = 1,66 / (1 - 1,13 n^2) = 1,7 \leq 6$$

art. 6.3 Nikweerstand van staven

art. 6.3.1.1 - 6.3.1.2 Op druk belaste staven

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1,0 \quad (6.46)$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.47)$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A_{eff} f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.48)$$

$$\chi_{y,z} = (\phi_{y,z} + (\phi_{y,z}^2 - \lambda_{y,z}^2)^{1/2})^{-1} \leq 1 \quad (6.49)$$

$$\phi_{y,z} = \frac{1}{2} (1 + \alpha (\lambda_{y,z} - 0,2) + \lambda_{y,z}^2) \quad (6.50)$$

$$\lambda_{y,z} = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.51)$$

$$\lambda_{y,z} = (A_{eff} f_o / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.52)$$

$$\lambda_{y,z} \leq 0,2 \quad N_{Ed} / N_{cr,z} \leq 0,04 \quad \text{Knik mag worden verwaarloosd}$$

$$\text{y - as} \quad \lambda_y = 1,14 - \quad \text{z - as} \quad \lambda_z = 1,14 -$$

$$L_{cr,y} = 3 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 - \quad L_{cr,z} = 3 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 -$$

$$N_{cr,y} = 256 \text{ kN} \quad \phi_y = 1,38 - \quad N_{cr,z} = 256 \text{ kN} \quad \phi_z = 1,38 -$$

$$N_{b,Rd,y} = 154,0 \text{ kN} \quad \chi_y = 0,46 - \quad N_{b,Rd,z} = 154,0 \text{ kN} \quad \chi_z = 0,46 -$$

art. 6.3.1.4 Torsie of torsieknik

Algemene vergelijking

$$\gamma = (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) (N_{cr,TF} - N_{cr,z}) (N_{cr,TF} - N_{cr,T}) - N_{cr,TF}^2 (z_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) - N_{cr,TF}^2 (y_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,z})$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2 \quad N_{cr,y} = 255,7 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 255,7 \text{ kN} \quad (6.47) \quad (6.48)$$

$$N_{cr,T} = [G I_t + \pi^2 E C_w / \ell_t^2] i_0^{-2} = 407828,1 \text{ kN} \quad (6.33a)$$

$$i_{y,g} = 3 \text{ mm} \quad y_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (y_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_{z,g} = 3 \text{ mm} \quad z_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (z_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_0^2 = i_{y,g}^2 + i_{z,g}^2 + y_{o,g}^2 + z_{o,g}^2 = 19 \text{ mm}^2$$

substitutie: $N_{cr,TF} = F_e$ $N_{cr,y} = F_{ex}$ $N_{cr,z} = F_{ey}$ $N_{cr,T} = F_{ez}$ (AISC)

$$\gamma = (F_e - F_{ex}) (F_e - F_{ey}) (F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey}) (y_0 / i_0)^2 - F_e^2 (F_e - F_{ex}) (z_0 / i_0)^2 = 0$$

$$\rightarrow \gamma = F_e^3 [1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2] - F_e^2 [(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2] - F_{ex} (z_0 / i_0)^2 + F_{ex} F_{ey} F_{ez} = 0$$

$$\rightarrow \gamma = A F_e^3 - B F_e^2 + C F_e - D = 0$$

$$\rightarrow \gamma = F_e^3 - (B / A) F_e^2 + (C / A) F_e - D / A = a F_e^3 - b F_e^2 + c F_e - d = 0$$

$$A = 1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2 = 1,0E+00 -$$

$$-B = -[(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2 - F_{ex} (z_0 / i_0)^2] = -4,1E+05 \text{ kN}$$

$$C = F_{ex} F_{ey} + F_{ex} F_{ez} + F_{ey} F_{ez} = 2,1E+08 \text{ (kN)}^2$$

$$-D = -F_{ex} F_{ey} F_{ez} = -2,7E+10 \text{ (kN)}^3$$

$$f(x) = x^3 + -4,1E+05 x^2 + 2,1E+08 x + -2,7E+10 \quad -\frac{1}{3} b / a = 1,4E+05$$

$$p = \frac{1}{3} (3c - b^2) = -6E+10 \quad q = f(-\frac{1}{3}b/a) = -5E+15 \quad q^2 / 4 + p^3 / 27 > 0$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 > 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q - (q^2 / 4 + p^3 / 27)^{\frac{1}{2}}]^{\frac{1}{3}} = 135857,5$$

$$v = \frac{1}{3} p / u = 135857,5$$

$$F_{e1} = u + v + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = 407828,1 \text{ kN} \quad y = 0,231$$

$$F_{e2} = -\frac{1}{2} [(1 - 3^{\frac{1}{2}} i) u + (1 + 3^{\frac{1}{2}} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2} = 256 + 0 i \text{ kN}$$

$$F_{e3} = -\frac{1}{2} [(1 + 3^{\frac{1}{2}} i) u + (1 - 3^{\frac{1}{2}} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e3} = 256 + 0 i \text{ kN}$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 = 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q]^{\frac{1}{3}} = -$$

$$F_{e1} = 2u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2,3} = -u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2,3} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 < 0$$

$$A = \arccos [(1\frac{1}{2} q / p) (-3 / p)^{\frac{1}{2}}] = -$$

$$F_{e1} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos [\frac{1}{3} (A + 2\pi)] \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos [\frac{1}{3} (A + 4\pi)] \rightarrow F_{e2} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e3} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos (\frac{1}{3} A) \rightarrow F_{e3} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e1} = 407828 \text{ kN} \quad F_{e2} = - \text{ kN} \quad F_{e3} = - \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = 407828 \text{ kN} \quad N_{cr,y} = 256 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 255,7 \text{ kN}$$

$$M_{A,y} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,y} = 0 \text{ kNm} \quad M_{C,y} = \psi_z M_{A,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{A,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = 0,00 - \quad \alpha_{s,y} = 0,00 - \quad \alpha_{h,y} = 0 -$$

$$\psi_z = 0,00 - \quad \alpha_{s,z} = 0,00 - \quad \alpha_{h,z} = 0 -$$

Bijlage B: Methode 2: Interactiefactoren bij art. 6.3.3 (4)

Tabel B2: Interactiefactoren voor staven die gevoelig zijn voor vervorming door torsie

			C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}	
			y-as	z-as
	$-1 \leq \psi \leq 1$			
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$		
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$		
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$		
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$		
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$		
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$		

Tabel B1: Interactiefactoren voor staven die niet gevoelig zijn voor vervorming door torsie

klasse 3 en 4			0	klasse 1 en 2			1
k_{yy}	$C_{my} [1 + 0,6 \lambda_y A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,6 A]$			$C_{my} [1 + (\lambda_y - 0,2) A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,8 A]$	$1,06$ $\leq 1,04$		$1,04$
k_{yz}	k_{zz}			$0,6 k_{zz}$			$0,62$
k_{zy}	$0,8 k_{yy}$			$0,6 k_{yy}$			$0,62$
k_{zz}	$C_{mz} [1 + 0,6 \lambda_z B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,6 B]$			$C_{mz} [1 + (\lambda_z - 0,2) B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,8 B]$	$1,06$ $\leq 1,04$		$1,04$

$N_{Rk} = A f_{ya} / \gamma_{M0} = 332,1 \text{ kN}$	art. 6.2.4	$\lambda_y = 1,14$	$\lambda_z = 1,14$	art.6.3.1.3
$N_{Ed} = 30,0 \text{ kN}$		$\chi_y = 0,46$	$\chi_z = 0,46$	art.6.3.1.3
$A = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_y N_{Rk} = 0,19$		$\chi_{LT,y} = 1,00$	$\chi_{LT,z} = 1,00$	art.6.3.2
$B = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_z N_{Rk} = 0,19$		$C_{my} = 0,90$	$C_{mz} = 0,90$	
$e_{Ny} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{y,Ed} = e_{N,z} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yy} = 1,04$		
$e_{Nz} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{z,Ed} = e_{N,y} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yz} = 0,62$		
$M_{y,Ed} = 0 \text{ kNm}$	$M_{y,Rk} = M_{cy,Rd} = 9,3 \text{ kNm}$	$k_{zy} = 0,62$		
$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$	$M_{z,Rk} = M_{cz,Rd} = 9,3 \text{ kNm}$	$k_{zz} = 1,04$		

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.61)$$

$$0,19 + 0 + 0 = 0,19 \leq 1 \text{ voldoet}$$

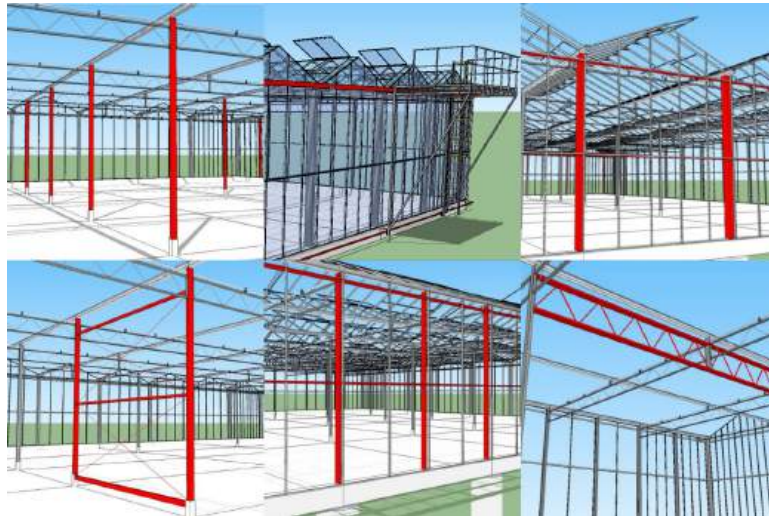
$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.62)$$

$$0,19 + 0 + 0 = 0,19 \leq 1 \text{ voldoet}$$

Bedrijf: PELECON, CK-210-5
 Project: NAUTIX
 Bestand: N23.02.04 casta PV panelen.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10.P SP9



BATCH

Kasgegevens:

- Kastype : Breedkap-kas
- Overspanning (l) : 12.40 m
- Aantal gekoppelde spanten : 1 (y-richting)
- Vakmaat (v) : 4.00 m
- Kolomhoogte (h) : 4.00 m
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm (Vertikaal gemeten: 497 mm)
- Spantverlaging (vspan) : 10 mm

De berekeningen zijn in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 50 jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_k = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

1 UITANGSPUNTEN EN ONTWERPBELASTINGEN - NEDERLAND

1.1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

1.1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met $C_{prob} 50$ jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

1.1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 50$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 50$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K_1 * \ln(1 / ref)^{+0.5}}{1 - K_1 * \ln(0.02)^{+0.5}} = 27.000$$
 m/s
- Height ridge : $0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * \tan 25^\circ = 6.891$ m
- Reference height : $z_e = 6.891$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 6.891$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.741$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.283$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.635$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 455.625$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.635^{0.5} * 27.000 = 34.5$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 745.063$ N/m²
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 745 N/m² = 0.745 N/m² dekoppervlak

Project : NAUTIX
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Breedkapspanen - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 3
 SP9 Versie: 3.10.P
 Versie: 2.01
 ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

1.1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 694.4 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 560.0 N/m²)
- Return period: ref = 50
- Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
- Reduction with a return period n and V=0.800
 $EN\ 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/50) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 1.000$
- Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
- Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
- Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
- Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 1.000 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 560.0\ N/m^2\ 1)$
- Snow load, taken into account the Snow drifting + sliding (open, expose, Cm=1.2 or 1.0)
 Factor: f.mu.acc = 1.0 + 0.2 * Ce.NH = 1.0 + 0.2 * 1.2 = 1.24
 $q_{sneeuw} = f.mu.acc * q_s = 1.24 * 560.0 = 694.4\ N/m^2$

1.1.3.1 Calculation of the thermal coefficient Ct

Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
 For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
 category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 25°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Minimaal 12 °C
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Sandwich isolatiedak

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = U1/[1/U-R.se] = 9.530 W/m²*K
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = 1000*(20.2634/(Ti-5)*(sin(0.4*Uo-0.1))^0.75)^4
 $= 1000 * (20.2634 / (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75})^4 = 70219\ N/m^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*1.000, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)
 $= (1 - 0.054 * (\min(700 * 1.000; 70219)/3500)^{0.25} * (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75}) * \cos(25.00 * 3.14/180) = 1.000$

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)
- Sneeuwbelasting, rekening houdend met sneeuwaccumulatie:
 $C_1 = 0.8, C_2 = 0.8 * (30 + 25.0) / 30 = 1.467$
 $q_{sneeuw} = q_s * 0.5 * (C_1 + C_2) / C_1 = 560.0 * 0.5 * (0.8 + 1.467) / 0.8 = 694.4\ N/m^2$

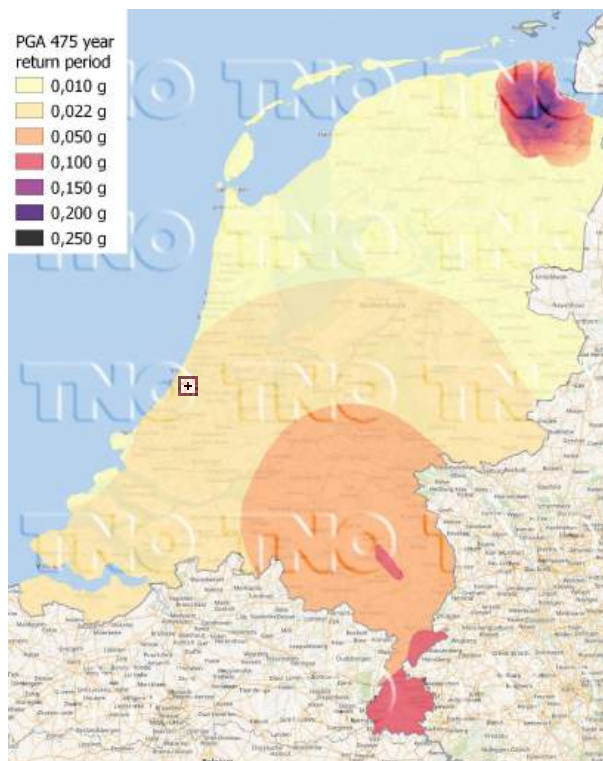
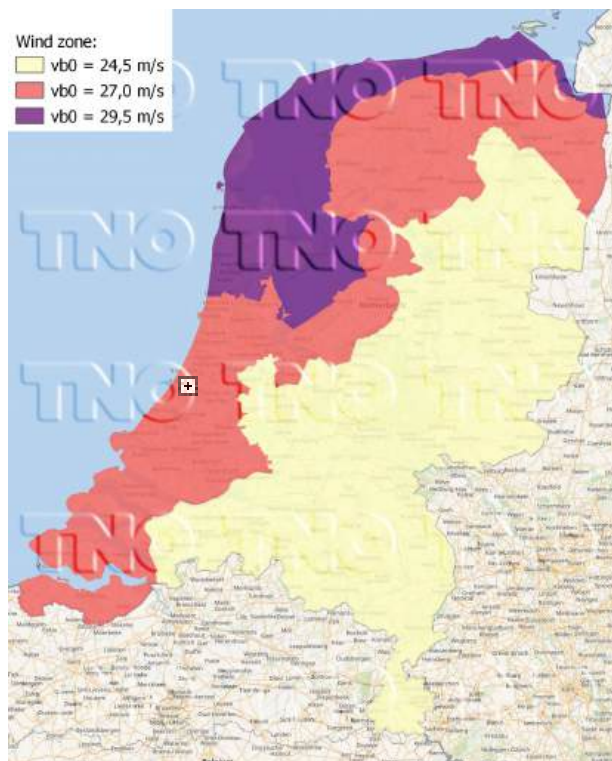
2 Wind, sneeuw en seismische belastingen (door norm bepaald)

GPS gegevens Nederland

adres Netherlands - Oegstgeest (GPS: 52.1862, 4.4748)
Hoogte boven zeeniveau 1 m

Windkaart (Windgebied II (27.0 m/s))

Seismische kaart (0.022 x g m/s²)



Bedrijf: PELECON, CK-210-5
 Project: NAUTIX
 Bestand: N23.02.04 casta PV panelen.ckd



De controle is uitgevoerd met CASTA/Kassenbouw versie 3.10.P SP9

3

Note: \$

Kasgegevens:

- Kastype : Breedkap-kas
 - Overspanning (l) : 12.40 m
 - Aantal gekoppelde spanten : 1 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.00 m
 - Kolomhoogte (h) : 4.00 m
 - Spanthoogte (hspan) : 450 mm (Vertikaal gemeten: 497 mm)
 - Spantverlaging (vspant) : 10 mm

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de tralieligger van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 50 jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_k = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation. Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

3.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:
 (Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

3.1.1 Liggers 1e spant:

- Stijfheid (B.C.5) :	opwaarts = -12.9 mm < 27.4 mm:		voldoet.
- Bovenrand:			
- uit het vlak (5) :	0.61 < 1.00:		voldoet.
- in het vlak (5) :	0.61 < 1.00:		voldoet.
- doorsnede (5) :	0.54 < 1.00:		voldoet.
- Onderrand:			
- uit het vlak (5) :	0.85 < 0.95:		voldoet.
- in het vlak (5) :	0.61 < 1.00:		voldoet.
- doorsnede (5) :	0.60 < 1.00:		voldoet.
- Diagonalen eindvelden:			
- druk (B.C.2) :	0.52 < 1.00:		voldoet.
- trek (B.C.3) :	0.56 < 1.00:		voldoet.
- Diagonalen middenvelden:			
- druk (B.C.2) :	0.30 < 1.00:		voldoet.
- trek (B.C.3) :	0.20 < 1.00:		voldoet.
- Verbinding diagonalen eindvelden:			
- Lassen (B.C.2) : UClaSD =	0.81 < 1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1) : UCdiaD =	1.00 < 1.00:		voldoen
- Verbinding diagonalen middenvelden:			
- Lassen (B.C.2) : UClaST =	0.47 < 1.00:		voldoen
- Aansluitingen(1) : UCdiaT =	1.00 < 1.00:		voldoen
- Gordingverticaal:			
- druk (B.C.3) : Ndgv =	-8351 N < 237952 N:		voldoet.
- veerstijfheid(3) : k0gvert =	634.3 N/mm < 9167.6 N/mm:		voldoet.
- plaatsvastheid(1): kor =	327.5 N/mm < 543.4 N/mm:		voldoet.
- Bouten eindplaten:			
- bovenste (B.C.5) : Fi,max =	105631 N < 180864 N:		voldoet.
- onderste (B.C.5) : Fi,max =	140703 N < 180864 N:		voldoet.
- Eindplaten (zonder onderleggringen)			
- pons boven (5) : Ft,max =	105489 N < 448239 N:		voldoet.
- pons onder (5) : Ft,max =	140384 N < 448239 N:		voldoet.
- buiging boven(5) : Meindpl =	1328.1 Nm < 1908.6 Nm:		voldoet.
- buiging onder(5) : Meindpl =	1766.7 Nm < 1908.6 Nm:		voldoet.
- Lasaansluiting eindplaten:			
- bovenrand (5) : UC =	0.70 < 1.00:		voldoet.
- onderrand (5) : UC =	0.72 < 1.00:		voldoet.
- Bouten nokplaten:			
- bovenste (B.C.3) : Fi,max =	32029 N < 90432 N:		voldoet.
- onderste (B.C.3) : Fi,max =	29628 N < 90432 N:		voldoet.
- Nokplaten (zonder onderleggringen)			
- pons boven (6) : Ft,max =	27714 N < 168090 N:		voldoet.
- pons onder (5) : Ft,max =	489 N < 168090 N:		voldoet.
- buiging boven(6) : Mnokpl =	348.6 Nm < 866.0 Nm:		voldoet.
- buiging onder(5) : Mnokpl =	5.8 Nm < 866.0 Nm:		voldoet.
- Lasaansluiting nokplaten:			
- bovenrand (6) : UC =	0.19 < 1.00:		voldoet.
- onderrand (2) : UC =	0.05 < 1.00:		voldoet.

3.1.2 Eindconclusie(s):

- De liggers in het 1e spant voldoen qua sterkte, stijfheid en stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.	
- Stijfheid:	voldoet
- Bovenrand (RHBK80*50*3.0 mm) (S275 (EN10219)):	voldoet
- Onderrand (RHBK80*50*3.0 mm) (S275 (EN10219)):	voldoet
- Diag.eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Diag.middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) (S235 (EN10219)):	voldoen
- Gordingverticaal (RHBK80*50*3.0 mm) (S275 (EN10219)):	voldoet
- Bouten eindplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM16-8.8 (D)):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8 (D)):	voldoen
- Eindplaten (ST110*20.0 mm) (zonder onderleggringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen
- Bouten nokplaten:	
- Bij de bovenrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Bij de onderrand (1xM16-8.8):	voldoen
- Nokplaten (ST80*15.0 mm) (zonder onderleggringen):	
- Bij de bovenrand met schotjes:	voldoen
- Bij de onderrand:	voldoen

3.1.3 Uitdijen van de kas:

- Met het uitdijen van de kas wordt de totale verlenging of verkorting (ten opzichte van de uitgangspositie) van een spantenrij op goothoogte bedoeld. Het uitdijen van een spantenrij kan gereduceerd worden door in het ontwerpstadium hier al rekening mee te houden. Er wordt aanbevolen om voor het uitdijen van de kas een maximum aan te houden van $2 * 30 \text{ mm} = 60 \text{ mm}$.
- Uitdijen (B.C.3): 6.0 mm

3.1.4 Trekstang spant:

- σ (B.C.1) = | 89.3 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.2) = | 46.3 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.3) = | 141.0 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.4) = | 0.0 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.5) = | 0.0 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.6) = | 0.0 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.7) = | 0.0 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.8) = | 54.4 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.9) = | 100.9 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.10) = | 100.9 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.
- σ (B.C.11) = | 37.9 | $\text{N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$: voldoet.

3.1.5 Eindconclusie:

- Alle spanten voldoen.

3.1.6 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

'Gap' van de lussen van de diagonaalaansluitingen

		Eindvelden		Middenvelden	
		bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
1e spant	10.00 mm	10.00 mm	10.00 mm	10.00 mm	10.00 mm

- Bij de stabiliteitsberekeningen van de bovenrand en de onderrand uit het vlak van de tralie wordt uitgegaan van specifieke stabiliteitsvoorzieningen ter plaatse van de zwevende goten (zie paragraaf 4.2 en 5.2 van hoofdstuk 6, 7, 8 en 9).
- In de berekeningen wordt uitgegaan van een adequate krachtsinleiding van de verticale belastingen in de bovenrand van de tralieligger, zowel bij opwaartse alsook bij neerwaartse belasting.
- Uit experimenteel onderzoek is gebleken, dat de werkelijke doorbuiging van de tralieligger 20% tot 100% groter is dan berekend, ten gevolge van locale vervormingen ter plaatse van de diagonaal-aansluitingen. Onder normale omstandigheden is dit echter niet maatgevend.

3.2 INVOERGEGEVENS

3.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Breedkapkas
- Overspanning (l) : 12.40 m
- Vakmaat (v) : 4.00 m
- Kolomhoogte gevel : 4.00 m
- Kaslengte (L) : 20.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 1

3.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 25.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 0 mm
- Spanthoogte (hspan) : 450 mm (vertikaal gemeten: 497 mm)
- Spantverlaging (vspant) : 10 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1000 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 775 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 800 mm

3.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK160*160*5.0
- Staalsoort kolommen : S275 (EN10219)
- Lengte kolom : 4000 mm

3.2.4 Gegevens van de kolom (alleen bij 1 en 2 overspanningen):

- Profiel : RHBK160*160*5.0

3.2.5 Gegevens van het Breedkapsant:

3.2.6 1e spant:

- Bovenrand (br) : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Onderrand (or) : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Aantal diagonalen per veld: 4 (16 diagonalen per spantbeen)
- Diaagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Verstijfde verbinding : Nee (controle geometrie)
- Controle van de lassen : druk trek
 - Excentriciteit : 0 0 mm
 - Keeldoorsnede : 2.0 2.0 mm
- Gordingverticaal (gv) : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
 - plaatsvastheid : 75 %
- Diagonalen eindvelden : RHBK40*20*2.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Diagonalen middenvelden : RHBK40*20*2.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
- Extra diag. bij kopplaat : geen
- Diaagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Gordingverticaal (gv) : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
 - plaatsvastheid onderrand : 75 %
- Strip in eerste veld : geen
- Eindplaat (ep) : ST110*20.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Bout bij de bovenrand : M16-8.8 (dubbel uitgevoerd)
 - onder de rand (3): < 25 mm
 - boven de rand (4): niet aanwezig.
 - Bout bij de onderrand : M16-8.8 (dubbel uitgevoerd)
 - onder de rand (1): niet aanwezig.
 - boven de rand (2): < 25 mm
- Schotjes : aantal breedte dikte verlaagd
 - bovenrand : 1 40 x 5 - 5 mm
 - onderrand : 0 40 x 5 - 5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen
 - horz. vert. keel
- Lassen :
 - bovenrand : 2 2 3.0 mm
 - onderrand : 2 2 3.0 mm
- Positie spanttrekker : Onderrand
- Positie spanttrekker : 1e diaagonaal
- Boutdiameter en -kwaliteit: M16-8.8
- Nokplaat (np) : ST80*15.0 met schotjes (S235 (EN10219))
 - Boutdiameter en -kwaliteit bij de bovenrand: M16-8.8
 - Plaatsing bout (3) onder de bovenrand < 25 mm
 - bout (4) boven de bovenrand niet aanwezig.
 - Boutdiameter en -kwaliteit bij de onderrand: M16-8.8
 - bout (1) onder de onderrand niet aanwezig.
 - Plaatsing bout (2) boven de onderrand < 25 mm
- Schotjes : aantal breedte dikte verlaagd
 - bovenrand : 1 40 x 5 - 5 mm
 - onderrand : 0 40 x 5 - 5 mm
- Positie kopplaat : tegen randen
 - horz. vert. keel
- Lassen :
 - bovenrand : 2 2 3.0 mm
 - onderrand : 2 2 3.0 mm
- Iy gording kasdek : niet ingevoerd
- Toog : 0 mm

3.2.7 Overige gegevens Breedkapspant:

- Zijgevelspantkolom : RHBK160*160*5.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Kolom : RHBK160*160*5.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Mechaniekgat (middenkolom): 0 x 0 mm (hoogte x breedte)
- richting : loodrecht op de goot
- Spanttrekker : RHBK50*25*2.0 (Staalsoort: S235 (EN10219))
positie : goot
- Gordingen : 3

3.2.8 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 300 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Fspantbeen 1e spant : 1198 N
- E.g.ligger : 2396 N

3.2.9 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

3.2.10 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V50 = 27.0 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
Type kasdekomhulling : Sandwich isolatiedak
Temperatuur onder kasdek: Minimaal 12 °C
Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 50 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.022 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 745 N/m² dekopervlak
(N.B.: Nokhoogte: H = 0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * tan 25° = 6.891 m)
Gebouwhoogte: 6.891 m. Eff.hoogte: ze = 6.891 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 694.4 N/m² grondoppervlak
(N.B.: Er is rekening gehouden met sneeuwaccumulatie)
- Installaties : 70 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : willekeurig op onderrand
 - hoh teeltgoot : 1600 mm
 - hoogte teeltgoot (Htgt) : 1000 mm
- Installaties totaal : 70 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
 - positie ophanging : willekeurig op onderrand
 - hoh gewasdraad : 800 mm
- Gewassen op onderrand : ja
- Schoorverbanden : Geen
- Transportlast incidenteel : 0 N
permanent : 0 N
positie : 1e gording
positie ophanging : diagonaal knooppunt
- Puntlast onderbouw (Fpunt): 1000 N (geconcentreerde verticale belasting)

3.3 UITANGSPUNTEN EN ONTWERPBELASTINGEN - NEDERLAND

3.3.1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

3.3.1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met $C_{prob} 50$ jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

3.3.1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 50$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 50$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K_1 * \ln(1 / ref)^{+0.5}}{1 - K_1 * \ln(0.02)^{+0.5}} = 27.000 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * \tan 25^\circ = 6.891$ m
- Reference height : $z_e = 6.891$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 6.891$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.741$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.283$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.635$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 455.625$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.635^{0.5} * 27.000 = 34.5$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 745.063$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.87 * 0.85)) = 0.74$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.87 * 0.85 = 0.74$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

- 1): de maximale reductie van de windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)
- 2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)
- Cs;loodrecht = 0.87 (kaslengte 20.0 m)
- Ccor;parallel = 0.85 (kasbreedte 12.4 m)

+-----+

3.3.1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 694.4 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 560.0 N/m²)
- Return period: ref = 50
- Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
- Reduction with a return period n and V=0.800
 $EN\ 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/50) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 1.000$
- Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
- Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
- Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
- Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 1.000 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 560.0\ N/m^2\ 1)$
- Snow load, taken into account the Snow drifting + sliding (open, expose, Cm=1.2 or 1.0)
 Factor: f.mu.acc = 1.0 + 0.2 * Ce.NH = 1.0 + 0.2 * 1.2 = 1.24
 $q_{sneeuw} = f.mu.acc * q_s = 1.24 * 560.0 = 694.4\ N/m^2$

3.3.1.31 Calculation of the thermal coefficient Ct

Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
 For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
 category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 25°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Minimaal 12 °C
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Sandwich isolatiedak

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = U1/[1/U-R.se] = 9.530 W/m²*K
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = 1000*(20.2634/(Ti-5)*(sin(0.4*Uo-0.1))^0.75)^4
 $= 1000 * (20.2634 / (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75})^4 = 70219\ N/m^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*1.000, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax}/3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)
 $= (1 - 0.054 * (\min(700 * 1.000; 70219)/3500)^{0.25} * (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75}) * \cos(25.00 * 3.14/180) = 1.000$

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)
- Sneeuwbelasting, rekening houdend met sneeuwaccumulatie:
 $C_1 = 0.8, C_2 = 0.8 * (30 + 25.0) / 30 = 1.467$
 $q_{sneeuw} = q_s * 0.5 * (C_1 + C_2) / C_1 = 560.0 * 0.5 * (0.8 + 1.467) / 0.8 = 694.4\ N/m^2$

3.3.1.4 BELASTINGCOMBINATIES EN FACTOREN

3.3.1.41 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.3.1.42 Combinaties voor dekroeden:

- BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.3.1.43 Combinaties voor de goot:

- BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
- BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.3.1.44 Settings for load combinations gamma/KFI/Psi/Zeta:

Consequence class: CC2 Gardencentre

	6.10b	6.10a
Gamma		
- Permant load G Unfavourable	1.350	1.350
- Permant load G Favourable	0.900	0.900
- Live load Q	1.500	1.500
Unfavourable load KFI		
- Permant load G	1.000	1.000
- Live load Q	1.000	1.000
Combinationfactor Psi.0		
- Snow load	0.000	0.000
- Wind load	0.000	0.000
- Permant load	1.000	1.000
Reduction factor permant load		
- Zeta	0.890	1.000

3.3.1.45 Tabel 1: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen gewicht dek a= 300 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 70 N/m ² + 0 N/m ² = 70 N/m ²	Wind- belasting a= 745 N/m ² b= 745 N/m ² c= 745 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 694 N/m ² b= 560 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 0 N b= 0 N	Aardbeving AgR = 0.022 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.20(1.00)	1.20(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.20(1.00)	1.20(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	b 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.20(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.35(1.00)	1.35(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.032]
10	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.032]
11	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.037]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

3.3.1.46 Tabel 2: Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

- +- + Tekenaafsprak

+

gevel * 1e kap 2e kap middenkappen eindkap * gevel Druk in

BC druk + 1e kap 2e kap middenkappen eindkap + zuig de kas Cpf,h

*)

1	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
2	+0.64	+0.20	-0.62	+0.00	+0.00	-0.40	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.34)	-0.40	0.03
3	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
4	+0.64	-0.24	-0.62	+0.00	+0.00	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-(0.34)	0.20	0.03
5	+0.64	+0.30	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-(0.34)	0.20	0.03
6	+0.64	-1.07	-1.00	-0.70	-0.50	-0.40	-0.50	-0.40	-0.40	-(0.34)	-0.30	0.03
7	+0.64	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-0.53	-(0.34)	0.20	0.03
8	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
9	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
10	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00
11	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	-(0.00)	0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

Horizontale windbelasting van het kasdek.
 De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).
 De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top : He = 6891 mm
 - Height from ground level to gutter : hs = 4000 mm
 - Max (0.75*He, h) : h = 5168 mm
 - Roof angle : alpha = 25.0 °
 - Greenhouse Width : W = 12400 mm Ratio h/W = 0.4168
 - Greenhouse length : L = 20000 mm Ratio h/L = 0.2584
 - Bay width gutter to gutter : S = 12400 mm Ratio h/S = 0.4168

Wind op de kappen in de middenvelden:

Volgens rekenmodel NEN3859 2012 blijven de vormfactoren op de kaphelften ook na 4 kappen asymmetrisch. De windstuwdruk wordt als volgt berekend:
 - fCdim = Cdim;loodrecht*Cdim;parallel/Cdim = 0.87 *0.85 /0.72 = 1.03

3.4 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

3.4.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 1.6 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.22 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.22 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.18 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.16 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.14 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.36 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.48 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.18 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 55.36 cm4: voldoet.

- druk : | -5226 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 20609 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 20356 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 3.2 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 41.8 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 20339 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 18810 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 7.7 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 98.6 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 2.3 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 11.0 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.57 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.57 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.48 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.71 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.55 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.50 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.52 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.81 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.47 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 55.36 cm4: voldoet.

- druk : | -5447 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 93089 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 89498 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 91.4 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 88.7 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 1151.7 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 1115.5 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.46 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 28709 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 26745 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 10.4 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 132.3 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.13 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 2.3 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.2 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.34 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.34 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.29 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.28 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.25 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.23 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.41 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.56 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.20 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.76 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.28 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 61.17 cm4: voldoet.

- druk : | -8351 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 634.3 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 570.0 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 32459 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 32059 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 5.1 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 65.8 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.03 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 32029 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 29628 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 12.2 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 155.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 6.0 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- 1e spant:

Stijfheid:

- opwaarts : | -6.5 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.35 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.35 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.30 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.42 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.30 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.38 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.27 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.00 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.42 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.30 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 55.36 cm4: voldoet.

- druk : | -196 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 48162 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 88486 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 47.7 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 87.5 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 600.5 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 1101.7 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.46 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 18584 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 13217 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 13.4 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 167.8 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | -1.6 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- 1e spant:

Stijfheid:

- opwaarts : | -12.9 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.54 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.85 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.61 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.60 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.52 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.21 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.81 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.46 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 55.36 cm4: voldoet.

- druk : | -2022 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 105631 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 140703 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 105.5 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 140.4 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 1328.1 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 1766.7 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.70 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.72 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 23197 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 21884 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 8.7 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.5 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 109.6 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 5.8 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.11 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 0.0 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- 1e spant:

Stijfheid:

- opwaarts : | -4.5| mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.22 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.27 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.29 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.22 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.10 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.50 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.34 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm⁴ > 55.36 cm⁴: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 14774 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 68386 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 11.5 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 66.8 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 145.1 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 840.5 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.09 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.36 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 28450 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 6432 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 27.7 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 348.6 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.19 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | -8.3| mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- 1e spant:

Stijfheid:

- opwaarts : | -4.4| mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.25 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.25 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.22 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.29 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.31 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.32 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.23 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.50 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.32 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm⁴ > 55.36 cm⁴: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 22074 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 72796 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 20.1 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 70.9 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 252.8 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 892.7 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.39 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 22296 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 10502 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 19.7 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 247.1 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.15 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | -4.1| mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 1.7 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.14 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.11 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.12 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.09 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.17 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.24 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.10 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.32 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.13 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm⁴ > 55.36 cm⁴: voldoet.

- druk : | -2807 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 13815 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 13588 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 2.5 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 32.1 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 13092 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 11724 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 5.8 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 74.1 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.06 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 2.4 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.9 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.2 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.22 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.24 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.31 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.39 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.53 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.19 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 61.17 cm4: voldoet.

- druk : | -5981 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 634.3 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 570.0 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 33241 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 30726 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 12.7 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 3.0 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 161.4 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 35.8 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 30614 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 28349 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 11.6 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.2 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 6.0 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.10 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 4.2 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.26 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.22 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.24 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.21 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.19 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.31 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.39 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.13 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.53 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.19 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm4 > 61.17 cm4: voldoet.

- druk : | -5981 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 634.3 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 570.0 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 33241 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 30726 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 12.7 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 3.0 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 161.4 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 35.8 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 30614 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 28349 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderleggringen)

- pons boven : 11.6 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 147.2 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.04 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 6.0 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.4.11 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- 1e spant:

Stijfheid:

- neerwaarts : | 1.6 | mm < 27.4 mm: voldoet.

Bovenrand:

- uit het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- in het vlak : 0.10 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.08 <= 1.00: voldoet.

Onderrand:

- uit het vlak : 0.09 <= 0.95: voldoet.

- in het vlak : 0.08 <= 1.00: voldoet.

- doorsnede : 0.07 <= 1.00: voldoet.

Drukdiagonalen:

- druk : 0.12 <= 1.00: voldoet.

- trek : 0.15 <= 1.00: voldoet.

Trekdiagonalen:

- trek : 0.05 <= 1.00: voldoet.

Verbinding diagonalen eindvelden:

- Lassen : 0.20 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Verbinding diagonalen middenvelden:

- Lassen : 0.08 <= 1.00: voldoen

- Aansluitingen : 1.00 <= 1.00: voldoen

Gordingdiagonalen:

- dekgording : 246.05 cm⁴ > 55.36 cm⁴: voldoet.

- druk : | -2079 | N < 237952 N: voldoet.

- veerstijfheid : 574.1 N/mm < 9167.6 N/mm: voldoet.

- plaatsvasth.or: 327.5 N/mm < 543.4 N/mm: voldoet.

Bouten eindplaten:

- bovenste : 12868 N < 180864 N: voldoen.

- onderste : 11744 N < 180864 N: voldoen.

Eindplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 5.3 kN < 448.2 kN: voldoet.

- pons onder : 1.6 kN < 448.2 kN: voldoet.

- buiging boven : 66.9 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

- buiging onder : 19.2 Nm < 1908.6 Nm: voldoet.

Lasaansluiting eindplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.02 <= 1.00: voldoet.

Bouten nokplaten:

- bovenste : 11704 N < 90432 N: voldoet.

- onderste : 10826 N < 90432 N: voldoet.

Nokplaten (zonder onderlegringen)

- pons boven : 4.4 kN < 168.1 kN: voldoet.

- pons onder : 0.0 kN < 168.1 kN: voldoet.

- buiging boven : 56.7 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

- buiging onder : 0.0 Nm < 866.0 Nm: voldoet.

Lasaansluiting nokplaten:

- bovenrand : 0.05 <= 1.00: voldoet.

- onderrand : 0.01 <= 1.00: voldoet.

Uitdijen van de kas: | 2.3 | mm. Aanbevolen maximum: 2 * 30 = 60 mm.

3.5 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.

3.5.1 Eigenschappen van het 1e spant:

3.5.1.1 Eigenschappen van de bovenrand (RHBK80*50*3.0 mm S275 (EN1021) (index "br")):

- Oppervlakte : Abr = 728.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.br = 623906.1 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.br = 15597.7 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.br = 29.3 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.br = 299160.2 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.br = 11966.4 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.br = 20.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.br = 25.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lbr = 0.000 m
- Gewicht : Gbr = 39.124 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.br = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ebr = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gbr = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.br = 15598 (Wply.br = 19160) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.br = 11966 (Wplz.br = 13812) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.br = 622996 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.br = 237952 N
 - NRk.br = 237952 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.br = 5094 Nm Mz.c.Rd.br = 3908 Nm
 - elastisch My.Rk.br = 5094 Nm Mz.Rk.br = 3908 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekbr*tbr/Lbr)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 326.6 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lbr = 252.3 mm
- Omgez. hoeken : rhoek = 4
- Op druk belast : fy-dbr = fy-eq = 326.6 N/mm²
- Op trek belast : fy-tbr = fy-eq = 326.6 N/mm²
- In de z-richting:
 - Stel: kniklengte lkzbr = lbr = 855 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zbr = 855 / 20.3 = 42
 - Chizbr = min(0.851 , 1.0) = 0.851

3.5.1.2 Eigenschappen van de onderrand (RHBK80*50*3.0 mm S275 (EN1021) (index "or")):

- Oppervlakte : Aor = 728.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.or = 623906.1 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.or = 15597.7 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.or = 29.3 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.or = 299160.2 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.or = 11966.4 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.or = 20.3 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.or = 25.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lor = 0.000 m
- Gewicht : Gor = 39.124 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.or = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Eor = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gor = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.or = 15598 (Wply.or = 19160) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.or = 11966 (Wplz.or = 13812) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.or = 622996 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.or = 237952 N
 - NRk.or = 237952 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.or = 5094 Nm
 - elastisch My.Rk.or = 5094 Nm
 - Mz.c.Rd.or = 3908 Nm
 - Mz.Rk.or = 3908 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfabeta = 0.49 alfazeta = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = $fy + (7 * \text{nhoek} * \text{tor} / \text{Lor}) * (ft - fy) < (fy + ft) / 2$: fy-eq = 326.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lor = 252.3 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dor = fy-eq = 326.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tor = fy-eq = 326.6 N/mm²
 - In de z-richting:
 - Stel: kniklengte lkz.or = lor = 684 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda-zor = 684 / 20.3 = 34
 - Chizor = min(0.903 , 1.0) = 0.903

3.5.1.3 Eigenschappen van de diagonalen (index "d"):

- Hoek met de randen : $\text{adiag} = \text{atan}(\text{ht}, \text{diag} / (\text{lveld}/2)) =$
 $= \text{atan}(350 / (855/2)) = 39.3 \text{ graden}$
- Systeem-lengte : $\text{ldiag} = ((\text{lveld}/2)^2 + \text{ht}, \text{diag}^2)^{1/2} =$
 $= ((855/2)^2 + (350)^2)^{1/2} = 553 \text{ mm}$
- Reductie-factor kniklengte = 0.75, Gezaagd 2-zijdige las
- Kniklengte diagonalen: $\text{lkzd} = 0.75 * 553 = 414 \text{ mm}$ (uit het vlak)
- Aansluitfactor treksterkte = 0.60, Gezaagd 2-zijdige las

3.5.1.4 Diagonalen in de eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm S235 (EN1021) (index "de")):

- Oppervlakte : $\text{Ade} = 220.6 \text{ mm}^2$
- Traagheidsmoment y-as: $\text{Iy.de} = 43154.5 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment y-as: $\text{Wy.de} = 2157.7 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal y-as: $\text{iy.de} = 14.0 \text{ mm}$
- Traagheidsmoment z-as: $\text{Iz.de} = 14073.9 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment z-as: $\text{Wz.de} = 1407.4 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal z-as: $\text{iz.de} = 8.0 \text{ mm}$
- Neutrale lijn z-as : $\text{ez.de} = 10.0 \text{ mm}$
- Versch.neutr.lijn y : $\text{eNy} = 0.0 \text{ mm}$
- z : $\text{eNz} = 0.0 \text{ mm}$
- Lengte : $\text{Lde} = 0.000 \text{ m}$
- Gewicht : $\text{Gde} = 7.654 \text{ kg}$
- Rekenwaarde vloeigrens $\text{fy.de} = 235.0 \text{ N/mm}^2$
- Elasticiteitsmodulus $\text{Ede} = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Afschuivingsmodulus $\text{Gde} = 80769 \text{ N/mm}^2$
- Weerstandsmom.pl.y-as $\text{Wpy.de} = 2158$ ($\text{Wply.de} = 2747$) mm^3
- Weerstandsmom.pl.z-as $\text{Wpz.de} = 1407$ ($\text{Wplz.de} = 1661$) mm^3
- Torsietraagheidsmoment $\text{It.de} = 32109 \text{ mm}^4$
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $\text{Nc.Rd.de} = 65078 \text{ N}$
 - $\text{NRk.de} = 65078 \text{ N}$
 - Moment plastisch $\text{My.c.Rd.de} = 637 \text{ Nm}$ $\text{Mz.c.Rd.de} = 415 \text{ Nm}$
 - elastisch $\text{My.Rk.de} = 637 \text{ Nm}$ $\text{Mz.Rk.de} = 415 \text{ Nm}$
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\text{alfay} = 0.49$ $\text{alfaz} = 0.49$
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) ($\text{fy} = 235.0 \text{ N/mm}^2$, $\text{ft} = 360.0 \text{ N/mm}^2$)
 $\text{fy-eq} = \text{fy} + (7 * \text{nhoekde} * \text{tde} / \text{Lde}) * (\text{ft} - \text{fy}) < (\text{fy} + \text{ft}) / 2$: $\text{fy-eq} = 295.1 \text{ N/mm}^2$
 - Ontwikkelde lengte : $\text{Lde} = 116.6 \text{ mm}$
 - Omgez. hoeken : $\text{nhoek} = 4$
 - Op druk belast : $\text{fy-dde} = \text{fy-eq} = 295.1 \text{ N/mm}^2$
 - Op trek belast : $\text{fy-tde} = \text{fy-eq} = 295.1 \text{ N/mm}^2$
- Slankheid z-as : $\text{lambda-zde} = 414 / 7.99 = 51.9$
- Omega-de = 1.23 (art. 7.4 van RKP 1990 met $\text{alfa} = 0.49$)
 $\text{Ade} * \text{sigmae-dde} = 220.6 * 295.1$
- Drukcapaciteit : $\text{Fddiag} = \text{-----} = \text{-----} = 52923 \text{ N}$
 $\text{omega-de} = 1.23$
- Trek : - Ftaansluiting = $0.60 * \text{Ade} * \text{sigmau} / \text{yM} =$
 $= 0.60 * 220.6 * 360.0 / 1.25 = 38114 \text{ N}$
- Ftdoorsnede = $\text{Ade} * \text{sigmae-tde} =$
 $= 220.6 * 295.1 = 65078 \text{ N}$
- dus trekcapaciteit :
 - $\text{Fddiagt} = \min(38114, 65078) = 38114 \text{ N}$

3.5.1.5 Diagonalen in de middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm S235 (EN1021) (index "dm")):

- Oppervlakte : Adm = 220.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.dm = 43154.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.dm = 2157.7 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.dm = 14.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.dm = 14073.9 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.dm = 1407.4 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.dm = 8.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.dm = 10.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Ldm = 0.000 m
- Gewicht : Gdm = 7.654 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.dm = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Edm = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gdm = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.dm = 2158 (Wply.dm = 2747) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.dm = 1407 (Wplz.dm = 1661) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.dm = 32109 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.dm = 65078 N
 - NRk.dm = 65078 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.dm = 637 Nm
 - elastisch My.Rk.dm = 637 Nm
 - Mz.c.Rd.dm = 415 Nm
 - Mz.Rk.dm = 415 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekdm*tdm/Ldm)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 295.1 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Ldm = 116.6 mm
 - Omgez. hoeken : nhoek = 4
 - Op druk belast : fy-ddm = fy-eq = 295.1 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tdm = fy-eq = 295.1 N/mm²
 - Slankheid z-as : lambda-zdm = 414 / 7.99 = 51.9
 - Omega-dm = 1.23 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
 - Adm*sigmae-ddm 220.6 * 295.1
 - Drukcapaciteit : Ftdiagt = ----- = 52923 N
 - omega-dm 1.23
 - Trek : - Ftaansluiting = 0.60 * Adm * sigmau / yM =
 - = 0.60 * 220.6 * 360.0 / 1.25 = 38114 N
 - Ftdoorsnede = Adm * sigmae-tdm =
 - = 220.6 * 295.1 = 65078 N
 - dus trekcapaciteit :
 - Ftdiagt = min(38114 , 65078) = 38114 N

3.5.1.6 Aanvullende eigenschappen van de stabiliteit uit het vlak

Bepaling van de kritieke veerstijfheid ten behoeve van een plaatsvast punt van de randen en de daarbij benodigde stijfheid van de aansluiting met de gootverticaal.

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 728.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy = 623906.1 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: iy = 29.3 mm
- Kniklengte (ghoh) : lk = (lbeen / aantal velden) / plaatsv. percentage
- = (6841 / (3 + 1)) / 0.75 = 2280 mm
- Slankheid : lambda-y = lk / iy = 2280 / 29.3 = 77.9
- Grensslankheid : lambda-e = pi * (2.1E5/327)^{0.5} = 79.7
- Relatieve slankheid : lambda-r = lambda-y / lambda-e = 0.978
- Omegabuc-y : 0.55 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

+-----+		
nveld	Xsi	De factoren Xsi
+-----+		
1	1.0000	als functie van het aantal velden
2	0.5000	in tabelvorm gegeven
3	0.3330	
4	0.2930	
5	0.2760	
6	0.2680	
7	0.2630	
8	0.2605	Voor nveld = (3 + 1) * 0.75 geldt:
9	0.2580	Xsi = 0.3330
+-----+		

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor $\lambda-r$ kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt ($\Phi_1 = 0.64$):

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{mae}}{ghoh \cdot x_{si}} \cdot \left(-\frac{50}{3} \cdot \Phi_1 - \frac{250}{9} \cdot \Phi_1^2 \cdot \lambda - r^2 \right) = -69.0 \quad \text{N/mm}$$

- voor $\lambda-r$ tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{mae}}{ghoh \cdot x_{si}} \cdot \frac{1}{\lambda - r^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{\Omega_{gabuc} - 0.7}{0.3} \right)^2 \right] = 248.5 \quad \text{N/mm}$$

- voor $\lambda-r$ groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$k_{cr} = \frac{A \cdot \sigma_{mae}}{ghoh \cdot x_{si}} \cdot \frac{1}{\lambda - r^2} = 327.5 \quad \text{N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: $k_{cr} = 327.5 \quad \text{N/mm}$

Gegevens van de rand (uit het vlak):

- Oppervlakte : A = 728.5 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy = 623906.1 mm⁴
- Traagheidsstraal y-as: iy = 29.3 mm
- Kniklengte (ghoh) : lk = (lbeen / aantal velden) / plaatsv. percentage
 = (6841 / (3 + 1)) / 1.00 = 1710 mm
- Slankheid : lambda-y = lk / iy = 1710 / 29.3 = 58.4
- Grensslankheid : lambda-e = pi * (2.1E5/327)^{0.5} = 79.7
- Relatieve slankheid : lambda-r = lambda-y / lambda-e = 0.734
- Omegabuc-y : 0.70 (alfa = 0.49)

Rekenwaarde voor de kritieke stijfheid volgens 12.1.4.2.1. van NEN6770 en conform EN 1993-1-1

nveld	Xsi	De factoren Xsi als functie van het aantal velden in tabelvorm gegeven
1	1.0000	
2	0.5000	
3	0.3330	
4	0.2930	
5	0.2760	
6	0.2680	
7	0.2630	
8	0.2605	Voor nveld = (3 + 1) * 1.00 geldt:
9	0.2580	Xsi = 0.2930

Berekening van de kritieke stijfheid (plaatsvast punt):

- voor lambda-r kleiner dan of gelijk aan 0.41 geldt (Phi1 = 0.64):

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} \cdot \left(\frac{50}{3} \cdot \Phi_{i1} - \frac{250}{9} \cdot \Phi_{i1}^2 \cdot \lambda_{-r}^2 \right) = 2157.2 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r tussen 0.41 en 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} \cdot \frac{1}{\lambda_{-r}^2} \cdot \left[1 - \left(\frac{Omegabuc - 0.7}{0.3} \right)^2 \right] = 882.1 \text{ N/mm}$$
- voor lambda-r groter of gelijk dan 0.74 geldt:

$$kcr = \frac{A \cdot \sigma_{ae}}{ghoh \cdot xsi} \cdot \frac{2.5}{\lambda_{-r}^2} = 882.3 \text{ N/mm}$$

Hieruit volgt de maatgevende kritieke veerstijfheid rand: kcr = 882.1 N/mm

Gegevens Geometrie

- Bovenrand : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN1021))
 (sigmae = 275.0 N/mm², sigmau = 430.0 N/mm²)
- Onderrand : RHBK80*50*3.0 (Staalsoort: S275 (EN1021))
 (sigmae = 275.0 N/mm², sigmau = 430.0 N/mm²)
- Diagonalen eindvelden : RHBK40*20*2.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Diagonalen middenvelden : RHBK40*20*2.0 (Staalsoort: S235 (EN1021))
 (sigmae = 235.0 N/mm², sigmau = 360.0 N/mm²)
- Aantal diagonalen per veld: 4 (16 diagonalen per spantbeen)
- Diagonaal-aansluitingen : Gezaagd 2-zijdige las
- Hoek met de randen : adia = atan(ht,diag / (lveld/2)) =
 = atan(350 / (855/2)) = 39.3 graden
- Systeem-lengte : ldia = ((lveld/2)² + ht,diag²)^{1/2} =
 = ((855/2)² + (350)²)^{1/2} = 553 mm

Eindvelden		Middenvelden	
Keeldoorsnede =	2.0 mm	Keeldoorsnede =	2.0 mm
Exc. plaatsing =	0 mm	Exc. plaatsing =	0 mm
Nlas =	2 mm	Nlas =	2 mm
alas =	2.00 mm	alas =	2.00 mm
Modelfact. =	1.25	Modelfact. =	1.25
Bdia =	40.00 mm	Bdia =	40.00 mm
Hdia =	20.00 mm	Hdia =	20.00 mm
Tdia =	2.00 mm	Tdia =	2.00 mm
Bdia.nett =	40.00 mm	Bdia.nett =	40.00 mm
Hdia.nett =	20.00 mm	Hdia.nett =	20.00 mm
rdia =	20.00 mm	rdia =	20.00 mm
et =	0.00 mm	et =	0.00 mm
Ucv.dia.a =	0.57	Ucv.dia.a =	0.57
Ucv.dia.b =	1.00	Ucv.dia.b =	1.00
Ucv.dia.h =	0.25	Ucv.dia.h =	0.25

NEN-EN 1993-1-8, Tabel 7.8. Geldigheidsgebied voor gelaste verbindingen:

Geometrietoeets randen

----- Toelichting: Deze geometrietoeets wordt niet meegewogen in de eindtoets.
 Ucv.rand.b = 0.76 Met resultaten van proeven en praktijkervaring is aangetoond
 Ucv.rand.o = 0.76 dat deze grenzen voor tralieliggers van kassen te streng zijn.

Aansluitingen

	Eindvelden		Middenvelden	
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand
Brand.nett	74.00 mm	74.00 mm	74.00 mm	74.00 mm
Bl.dia	45.66 mm	45.66 mm	45.66 mm	45.66 mm
Hl.dia	20.00 mm	20.00 mm	20.00 mm	20.00 mm
sigmau.las	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
sigma.wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
sigmat.las	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Lasfactor	0.80	0.80	0.80	0.80
Beta_v	0.47	0.47	0.47	0.47
g	10.00 mm	10.00 mm	10.00 mm	10.00 mm
Av	360.35 mm ²	360.35 mm ²	360.35 mm ²	360.35 mm ²
gamma	12.33	12.33	12.33	12.33
Beff.t	32.49 mm	32.49 mm	32.49 mm	32.49 mm
Beff.p	18.51 mm	18.51 mm	18.51 mm	18.51 mm
Lef.dia	31.57 mm	31.57 mm	31.57 mm	31.57 mm
Llas	63.15 mm	63.15 mm	63.15 mm	63.15 mm
N1.dia	122125 N	122125 N	122125 N	122125 N
N2.dia	90323 N	90323 N	90323 N	90323 N
N3.dia	79306 N	79306 N	79306 N	79306 N
N4.dia	95735 N	95735 N	95735 N	95735 N
Ucv.afm	0.64	0.64	0.64	0.64
Ucv.dia.b	0.67	0.67	0.67	0.67
Ucv.dia.h	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.B1	0.00	0.00	0.00	0.00
Ucv.max	0.67	0.67	0.67	0.67
Ucv.max	1.00		1.00	
Ucv.max		1.00		

3.5.1.7 Eigenschappen van de bouten in de spant-kolom-aansluiting:

Bij de onderrand 1 x M16-8.8 dubbel uitgevoerd (index "bto"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{bto} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbto} = 180864 \text{ N (dubbel)}$

Bij de bovenrand 1 x M16-8.8 dubbel uitgevoerd (index "btb"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{btb} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbtb} = 180864 \text{ N (dubbel)}$

Momentenarm bij positief moment (+ = trek onderrand):

(bovenste bout onder bovenrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn bovenrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = h_{spant} - e_{zbr} - b_{or} - e_2 = 497 - 25.0 - 50 - 25 = 397 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = b_{br} - e_{zbr} + e_3 = 50 - 25.0 + 25 = 50 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 397 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{obout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 403 \text{ mm}$

Momentenarm bij negatief moment (- = trek bovenrand):

(onderste bout boven onderrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn onderrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = b_{or} - e_{zor} + e_2 = 50 - 25.0 + 25 = 50 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = h_{spant} - e_{zor} - b_{br} - e_3 = 497 - 25.0 - 50 - 25 = 397 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)
- Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 397 \text{ mm}$
- Momenten-arm = $h_{bbout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 403 \text{ mm}$

3.5.1.8 Eigenschappen van de eindplaat (ST110*20.0 mm S235 (EN1021) (index "ep")):

- Schuifspanning : $\sigma_{s-s} = 0.58 \cdot \sigma_{ae} = 0.58 \cdot 235 = 136 \text{ N/mm}^2$

Bij de onderrand:

- Pl.weerstandsmoment : $W_{p,ep} = 8122 \text{ mm}^3$ (zonder schotjes) ($R_{wpl} = 0.738$)
- Moment-capaciteit : $M_{p,cap} = W_p \cdot \sigma_{ae} = 8122 \cdot 235 = 1909 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Cap. pons (dubbel) : $F_{p,cap} = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = 2 \cdot \pi \cdot 26.17 \cdot 20.0 \cdot 136 = 448 \text{ kN}$

Bij de bovenrand:

- Ivm aanwezigheid van schotjes is een vervangend weerstandsmoment berekend:
- Wanddikte schotje : $t_s = 5 \text{ mm}$
- Flens/profielbreedte: $H_s = 36.57 \text{ mm}$, bij schotje(s) ter plaatse van de bout
- Slankheid : $\lambda = 1.052 \cdot H_s / t_s \cdot (\sigma_{e-e} / (E \cdot k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 \cdot 36.57 / 5 \cdot (235 / (2.1 \cdot 10^5 \cdot 0.43))^{0.5} = 0.39$
- Plooi factor : $\rho_{hs} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.39) / 0.39$, dus $\rho_{hs} = 1.00$
- Eff.profielbreedte : $H_{s,eff} = \rho_{hs} \cdot H_s = 1.00 \cdot 36.57 = 36.57 \text{ mm}$
- W_x - elastisch : $W_{el} = 5091.55 \text{ mm}^3$, met schotjes
- W_x - plastisch : $W_{pl} = 11000.00 \text{ mm}^3$, zonder schotje(s)
- $W_{p,ep}$ - reken : $W_{p,ep} = \max(W_{el}, W_{pl}) = \max(5091.55, 11000.0) = 11000.0 \text{ mm}^3$
- Moment-capaciteit : $M_{p,cap} = W_p \cdot \sigma_{ae} = 11000.0 \cdot 235 = 2585 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Cap. pons (dubbel) : $F_{p,cap} = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = 2 \cdot \pi \cdot 26.17 \cdot 20.0 \cdot 136 = 448 \text{ kN}$

3.5.1.9 Eigenschappen van de lasaansluiting:

Controle boutafstand

		Bovenrand	Onderrand
Doorsnede boutgat kopplaat	dDgat	18.00 mm	18.00 mm
Randafstand bout - rand	dDrnd	39.00 mm	39.00 mm
Afstand tussen Bouten horizontaal	dDtus	78.00 mm	78.00 mm
Minimale randafstand bouten	dMinRnd	12.00 mm	12.00 mm
Minimale afstand tussen bouten	dMinTus	24.00 mm	24.00 mm
Unity check randafstand bout	dUgat	0.31	0.31

Gegevens lasaansluiting:

Afstand eind schotje kopplaat-rand	dLenS	56.57 mm	0.00 mm
Materiaalkwaliteit las	dSgmUlas	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
Lasfactor	dBeta	0.80	0.80
Modelfactor	dGamma	1.25	1.25
Rekenwaarde uiterste grenstoestand	dSgm_wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
Toelaatbare trekspanning	dSgm_t	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Minimale lasdoorsnede rand	dAminRand	2.00 mm	3.00 mm
Minimale lasdoorsnede schotje	dAminSchot	2.00 mm	3.00 mm
Lasoppervlak hor. rand (prof: K,U,W)	dA1	320.00 mm ²	480.00 mm ²
Lasoppervlak hor. rand (prof: C)	dA1C	0.00 mm ²	0.00 mm ²
Lasoppervlak vert rand	dA2	200.00 mm ²	300.00 mm ²
Lasoppervlak schotjes	dA3	113.14 mm ²	0.00 mm ²

1): bij 1 schotje in de verbinding wordt de ingevoerde waarde met 1mm verminderd.

Tabel: Verdeling van de belasting over de lasen bij de kopplaat en randen:

		Bovenrand				Onderrand			
positie	belasting	horz	vert	sch	cont	horz	vert	sch	cont
kopplaat	normaalkracht	0.51	0.32	0.18	1.00	0.62	0.38	0.00	1.00
	dwarskracht	0.56	0.28	0.16	1.00	0.66	0.34	0.00	1.00
tralierand	normaalkracht	0.52	0.33	0.15	1.00	0.62	0.38	0.00	1.00
	dwarskracht	0.54	0.27	0.19	1.00	0.66	0.34	0.00	1.00

Tabel: Bij een eenheidsbelasting zijn de spanningen in de verschillende lasaansluitingen als volgt verdeeld [eenheid 1/m²]:

		Bovenrand			Onderrand		
positie	belasting	horz	vert	sch	horz	vert	sch
kopplaat	trekkracht	Tlr	1117	1117	1117	907	907
		Tew	0	0	0	0	0
		Slr	1117	1117	1117	907	907
	dwarskracht	Tlr	1228	0	0	975	0
		Tew	0	1418	1418	0	1126
		Sew	1228	0	0	975	0
tralierand	trekkracht	Tlr	1155	1155	0	907	907
		Tew	0	0	1333	0	0
		Slr	1155	1155	0	907	907
	dwarskracht	Tlr	1186	0	1186	975	0
		Tew	0	1369	0	0	1126
		Slr	1186	0	1186	975	0

NB. - De verdeling is bepaald volgens NEN2062 en EN 1993-1-8

- Bij 0 in de tabel is de las niet aanwezig

- Gebruikte afkortingen: Tlr = Schuifspanning loodrecht
 Tew = Schuifspanning evenwijdig
 Sew = Normaalspanning loodrecht
 Slr = Normaalspanning evenwijdig

3.5.1.10 Eigenschappen van de bouten in de spantkoppeling:

Bij de onderrand 1 x M16-8.8 dubbel uitgevoerd (index "bto"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{bto} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbto} = 180864 \text{ N (dubbel)}$

Bij de bovenrand 1 x M16-8.8 dubbel uitgevoerd (index "btb"):

- Spanningsdoorsnede per bout : $As_{btb} = 157.0 \text{ mm}^2$
- Rekenwaarde vloeigrens : $\min(\sigma_{ae}, 0.72 \cdot \sigma_{au})$
- Ideële boutcapaciteit : $F_{i,capbtb} = 180864 \text{ N (dubbel)}$

Momentenarm bij positief moment (+ = trek onderrand):

(bovenste bout onder bovenrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn bovenrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = h_{spant} - e_{zbr} - b_{or} - e_2 = 497 - 25.0 - 50 - 25 = 397 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = b_{br} - e_{zbr} + e_3 = 50 - 25.0 + 25 = 50 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)

Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 397 \text{ mm}$

Momenten-arm = $h_{bout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 403 \text{ mm}$

Momentenarm bij negatief moment (- = trek bovenrand):

(onderste bout boven onderrand, dus drukpunt t.p.v. hartlijn onderrand)

- Arm bout 1: $h_1 = 0$ (niet aanwezig)
- Arm bout 2: $h_2 = b_{or} - e_{zor} + e_2 = 50 - 25.0 + 25 = 50 \text{ mm}$
- Arm bout 3: $h_3 = h_{spant} - e_{zor} - b_{br} - e_3 = 497 - 25.0 - 50 - 25 = 397 \text{ mm}$
- Arm bout 4: $h_4 = 0$ (niet aanwezig)

Maximum hefboomsarm : $h_{max} = 397 \text{ mm}$

Momenten-arm = $h_{bout} = (h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 + h_4^2)/h_{max} = 403 \text{ mm}$

3.5.1.11 Eigenschappen van de Nokplaat (ST80*15.0 mm S235 (EN1021) (index "kp")):

- Schuifspanning : $\sigma_{s-s} = 0.58 \cdot \sigma_{ae} = 0.58 \cdot 235 = 136 \text{ N/mm}^2$

Bij de onderrand:

- Pl.weerstandsmoment : $W_{pep} = 3685 \text{ mm}^3$ (zonder schotjes)($R_{wpl} = 0.819$)
- Moment-capaciteit : $M_{p,cap} = W_p \cdot \sigma_{ae} = 3685 \cdot 235 = 866 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Cap. pons (dubbel) : $F_{p,cap} = 2 \cdot \pi \cdot D \cdot t \cdot \sigma_{s-s} = 2 \cdot \pi \cdot 26.17 \cdot 15.0 \cdot 136 = 168 \text{ kN}$

Bij de bovenrand:

Ivm aanwezigheid van schotjes is een vervangend weerstandsmoment berekend:

- Wanddikte schotje : $t_s = 5 \text{ mm}$
- Flens/profielbreedte: $H_s = 36.57 \text{ mm}$, bij schotje(s) ter plaatse van de bout
- Slankheid : $\lambda = 1.052 \cdot H_s/t_s \cdot (\sigma_{e-e} / (E \cdot k \cdot \sigma_{ae}))^{0.5} = 1.052 \cdot 36.57 / 5 \cdot (235 / (2.1 \cdot 10^5 \cdot 0.43))^{0.5} = 0.39$

- Plooi factor : $\text{rhos} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda$, $\lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.39) / 0.39$, dus $\text{rhos} = 1.00$
- Eff. profiel breedte : $\text{Hs,eff} = \text{rhos} * \text{Hs} = 1.00 * 36.57 = 36.57 \text{ mm}$
- Wx - elastisch : $\text{Wel} = 3591.57 \text{ mm}^3$, met schotjes
- Wx - plastisch : $\text{Wpl} = 4500.00 \text{ mm}^3$, zonder schotje(s)
- Wp - reken : $\text{Wp} = \max(\text{Wel}, \text{Wpl}) = \max(3591.57, 4500.00) = 4500.00 \text{ mm}^3$
- Moment-capaciteit : $\text{Mp, cap} = \text{Wp} * \sigma_{\text{ae}} = 4500.00 * 235 = 1057500 \text{ E3 Nmm}$
- Diameter boutkop : $e = 26.17 \text{ mm}$
- Cap. pons (dubbel) : $\text{Fp, cap} = 2 * \pi * D * t * \sigma_{\text{ae}} = 2 * \pi * 26.17 * 15.0 * 235 = 474000 \text{ kN}$

3.5.1.12 Eigenschappen van de lasaansluiting:

Controle boutafstand		Bovenrand	Onderrand
Doorsnede boutgat kopplaat	dDgat	18.00 mm	18.00 mm
Randafstand bout - rand	dDrnd	32.00 mm	32.00 mm
Afstand tussen Bouten horizontaal	dDtus	64.00 mm	64.00 mm
Minimale randafstand bouten	dMinRnd	12.00 mm	12.00 mm
Minimale afstand tussen bouten	dMinTus	24.00 mm	24.00 mm
Unity check randafstand bout	dUgat	0.38	0.38

Gegevens lasaansluiting:

Afstand eind schotje kopplaat-rand	dLenS	56.57 mm	0.00 mm
Materiaalkwaliteit las	dSgmUlas	360.00 N/mm ²	360.00 N/mm ²
Lasfactor	dBeta	0.80	0.80
Modelfactor	dGamma	1.25	1.25
Rekenwaarde uiterste grenstoestand	dSgm_wud	207.85 N/mm ²	207.85 N/mm ²
Toelaatbare trekspanning	dSgm_t	288.00 N/mm ²	288.00 N/mm ²
Minimale lasdoorsnede rand	dAminRand	2.00 mm	3.00 mm
Minimale lasdoorsnede schotje	dAminSchot	2.00 mm	3.00 mm
Lasoppervlak hor. rand (prof: K,U,W)	dA1	320.00 mm ²	480.00 mm ²
Lasoppervlak hor. rand (prof: C)	dA1C	0.00 mm ²	0.00 mm ²
Lasoppervlak vert rand	dA2	200.00 mm ²	300.00 mm ²
Lasoppervlak schotjes	dA3	113.14 mm ²	0.00 mm ²

1): bij 1 schotje in de verbinding wordt de ingevoerde waarde met 1mm verminderd.

Tabel: Verdeling van de belasting over de lassen bij de kopplaat en randen:

		Bovenrand				Onderrand			
positie	belasting	horz	vert	sch	cont	horz	vert	sch	cont
kopplaat	normaalkracht	0.51	0.32	0.18	1.00	0.62	0.38	0.00	1.00
	dwarskracht	0.56	0.28	0.16	1.00	0.66	0.34	0.00	1.00
tralierand	normaalkracht	0.52	0.33	0.15	1.00	0.62	0.38	0.00	1.00
	dwarskracht	0.54	0.27	0.19	1.00	0.66	0.34	0.00	1.00

Tabel: Bij een eenheidsbelasting zijn de spanningen in de verschillende lasaansluitingen als volgt verdeeld [eenheid 1/m²]:

		Bovenrand			Onderrand		
positie	belasting	horz	vert	sch	horz	vert	sch
kopplaat	trekkracht Tlr	1117	1117	1117	907	907	0
	Tew	0	0	0	0	0	0
	Slr	1117	1117	1117	907	907	0
	dwarskracht Tlr	1228	0	0	975	0	0
	Tew	0	1418	1418	0	1126	0
	Sew	1228	0	0	975	0	0
tralierand	trekkracht Tlr	1155	1155	0	907	907	0
	Tew	0	0	1333	0	0	0
	Slr	1155	1155	0	907	907	0
	dwarskracht Tlr	1186	0	1186	975	0	0
	Tew	0	1369	0	0	1126	0
	Slr	1186	0	1186	975	0	0

NB. - De verdeling is bepaald volgens NEN2062 en EN 1993-1-8
 - Bij 0 in de tabel is de las niet aanwezig
 - Gebruikte afkortingen: Tlr = Schuifspanning loodrecht
 Tew = Schuifspanning evenwijdig
 Sew = Normaalspanning loodrecht
 Slr = Normaalspanning evenwijdig

3.5.1.13 Eigenschappen van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm S275 (EN10219))

- Oppervlakte : $A = 3036 \text{ mm}^2$
- Traagheidsmoment y-as : $I_y = 1202.9E4 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment y-as : $W_y = 150367 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal y-as : $i_y = 63.0 \text{ mm}$
- Traagheidsmoment z-as : $I_z = 1202.9E4 \text{ mm}^4$
- Traagheidsstraal z-as : $i_z = 63.0 \text{ mm}$
- Rekenwaarden voor de vloeigrens volgens art. 6.2.5 van RKP 1990:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN1021 (sigmae = 275.0 N/mm², sigmau = 430.0 N/mm²))
 - Ontwikkelde lengte : $L = 622.8 \text{ mm}$
 - Omgez. hoeken : $n_{hoek} = 4$
 - Op druk belast : $\sigma_{ae-d} = \sigma_{ae-eq} = 309.8 \text{ N/mm}^2$

3.5.1.14 Eigenschappen van het 1e spant:

- Effectieve kolomhoogte: $ph_{eff} = h - v_{spant} - h_{spant}/2 = 4000 - 10 - 497/2 = 3742 \text{ mm}$
 - Spanthoogte, netto : $ht_{net} = 350 \text{ mm}$ (tussen onder- en bovenrand)
 - Idem, effectief : $ht_{eff} = h_{spant} - ez_{br} - ez_{or} = (\text{hart op hart afstand}) = 497 - 25.0 - 25.0 = 400 \text{ mm}$
 - Idem, "diagonaal" : $ht_{diag} = 350 \text{ mm}$ ("hoogte van de diagonalen")
 - Lengte spantbeen : $l_{been} = 0.5 * b_{kap} / \cos(\text{dekhelling}) = 0.5 * 12400 / \cos(25.0) = 6841 \text{ mm}$
 - Diagonalen per been : $n_{Diag} = \text{Diagonalen per veld} * \text{aantal gordingen} + 1 = 4 * (3 + 1) = 16$
 - Veldlengte randen : $l_{veld} = 2 * l_{been} / n_{Diag} = 6841 / 16 = 855 \text{ mm}$
 $A_{or} * ht_{eff} = 728.5 * 400$
 - Neutrale lijn z-as : $e_{ztl} = \frac{A_{or} + A_{br} \cdot 728.5 + 728.5}{(t.o.v. neutrale lijn van de bovenrand)} = 200.0 \text{ mm}$
 - Traagheidsmoment y-as : $I_{spant} = A_{br} * e_{ztl}^2 + A_{or} * (ht_{eff} - e_{ztl})^2 = 728.5 * 200.0^2 + 728.5 * (400.0 - 200.0)^2 = 5828.4 \text{ E4 mm}^4$
 $EI_{-spant} = 2.1E5 * 5828.4 \text{ E4}$
 - Stijfheidsverhouding : $\beta_{eta} = \frac{EI_{-spant}}{EI_{-kolom}} = \frac{2.1E5 * 5828.4 \text{ E4}}{2.1E5 * 1202.9 \text{ E4}} = 4.8$
 - Eigen gewicht spantbeen van het 1e spant:
 - Gewicht bovenrand : $G_{br} = 6.84 \text{ m} * 5.72 \text{ kg/m} = 39.1 \text{ kg}$
 - Gewicht onderrand : $G_{or} = 6.84 \text{ m} * 5.72 \text{ kg/m} = 39.1 \text{ kg}$
 - Gewicht diag.eindvelden : $G_{de} = 2 * 4 * 0.553 \text{ m} * 1.73 \text{ kg/m} = 7.7 \text{ kg}$
 - Gewicht diag.middenvelden : $G_{dm} = 4 * (3-1) * 0.553 \text{ m} * 1.73 \text{ kg/m} = 7.7 \text{ kg}$
 - Gewicht gordingverticalen : $G_{gv} = 3 * 0.350 \text{ m} * 5.72 \text{ kg/m} = 6.0 \text{ kg}$
 - Gewicht eindplaten : $G_{ep} = 0.450 / \cos(25.0) * 17.27 \text{ kg/m} = 15.5 \text{ kg}$
 - Gewicht nokplaten : $G_{np} = 0.450 / \cos(25.0) * 9.42 \text{ kg/m} = 4.7 \text{ kg}$
- +
 Totaal: $G_{spant} = 119.8 \text{ kg}$

- In Newton: $F_{spantbeen} = 1198 \text{ N}$ en $Q_{spantbeen} = 175.1 \text{ N/m}$

3.5.2 Eigenschappen van de kolommen (RHBK160*160*5.0 mm S275 (EN1021) (index "k")):

- Oppervlakte : Ak = 3035.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.k = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.k = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.k = 63.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.k = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.k = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.k = 63.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.k = 80.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lk = 4.000 m
- Gewicht : Gk = 95.318 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.k = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ek = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.k = 150367 (Wply.k = 175243) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.k = 150367 (Wplz.k = 175243) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.k = 18534718 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.k = 940559 N
 - NRk.k = 940559 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.k = 46590 Nm
 - elastisch My.Rk.k = 46590 Nm
 - Mz.c.Rd.k = 46590 Nm
 - Mz.Rk.k = 46590 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy + (7 * rho_{hoekk} * tk / Lk) * (ft - fy) < (fy + ft) / 2: fy-eq = 309.8 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lk = 622.8 mm
 - Omgez. hoeken : rho_{hoek} = 4
 - Op druk belast : fy-dk = fy-eq = 309.8 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tk = fy-eq = 309.8 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-yk = 7336 / 63.0 = 117
 - Chixk = min(0.371 , 1.0) = 0.371
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ey} = \frac{\pi^2 * E * I_{yk}}{l_{ky}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1203E4}{7336^2} = 463240 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-zk = 4000 / 63.0 = 64
 - Chizk = min(0.705 , 1.0) = 0.705
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ez} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_{kzk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1203E4}{4000^2} = 1558264 \text{ N}$$

Project : NAUTIX
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Breedkapspanten - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 38
 SP9 Versie: 3.10.P
 Versie: 2.01
 ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

3.6 MODEL ELASTISCHE ANALYSE.

3.6.1 Rekenmodel

Knopen:

nr	x-coördinaat [m]	y-coördinaat [m]
1	-0.013	0.000
2	0.000	3.742
3	1.550	4.465
4	3.100	5.187
5	4.650	5.910
6	6.200	6.633
7	7.750	5.910
8	9.300	5.187
9	10.850	4.465
10	12.387	0.000
11	12.400	3.742

Opleggingen:

knoop nr.	hoek	X-richting type	Veerconst m/N	Y-richting type	Veerconst m/N	Rotatie type	Veerconst N*m/gr
1	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0
10	0.0	1	0.0	1	0.0	0	0.0

Staven:

staaf nr.	Van knp	Naar knp	Profiel	Materiaalsoort	Lengte [mm]
1	1	2	RHBK160*160*5.0	S275 (EN10219)	3742 (31)
2	2	3	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (32)
3	3	4	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (33)
4	4	5	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (34)
5	5	6	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (35)
6	6	7	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (36)
7	7	8	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (37)
8	8	9	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (38)
9	9	11	1e Spant	S275 (EN10219)	1710 (39)
10	2	0	RHBK50*25*2.0	S275 (EN10219)	12400 (40)
11	10	11	RHBK160*160*5.0	S275 (EN10219)	3742 (41)

Profielen:

Nr.	Profiel	I [mm ⁴]	A [mm ²]	W [mm ³]
1	RHBK160*160*5.0	12029341.8	3035.6	150366.8
2	1e Spant	58283893.4	1457.1	100.0
3	RHBK50*25*2.0	88017.2	280.6	3520.7

Materialen:

Nr.	Soort	Elast.Modul. [N/mm ²]	Vloeispanning [N/mm ²]
1	S275 (EN10219)	210000.0	275.0

3.6.2 Algemene belastingen en waarden voor het rekenmodel en de analyse

- Traliebelasting:

- installaties = $(q_{\text{inst}} + q_{\text{teeltgoot}}) \cdot v = (70 + 0) \cdot 4.0$
- eigen gewicht = $F_{\text{tral}} / l = 2396 / 12.4$
- gewas = $q_{\text{gew}} \cdot v = 0 \cdot 4.0$

$q_{\text{install}} = 280.0 \text{ N/m}$
 $q_{\text{tral}} = 193.2 \text{ N/m}$
 $q_{\text{gewas}} = 0.0 \text{ N/m}$

- Loodrecht op het dek:

- eigen gewicht = $q_{\text{dek}} \cdot v \cdot \sin(a) \cdot \cos(a) = 300 \cdot 4.0 \cdot \sin(25.0) \cdot \cos(25.0)$
- sneeuw = $q_{\text{sneeuw}} \cdot v \cdot \sin(a) \cdot \cos(a) = 694 \cdot 4.0 \cdot \sin(25.0) \cdot \cos(25.0)$

$q_{\text{dek.a}} = 459.6 \text{ N/m}$
 $q_{\text{sneeuw.a}} = 1063.9 \text{ N/m}$

Project : NAUTIX
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Breedkapspanten - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 39
 SP9 Versie: 3.10.P
 Versie: 2.01
 ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

- Evenwijdig aan het dek:

- eigen gewicht = $q_{dek} \cdot v \cdot \cos(a)^2 = 300 \cdot 4.0 \cdot \cos(25.0)^2$
- sneeuw = $q_{sneeuw} \cdot v \cdot \cos(a)^2 = 694 \cdot 4.0 \cdot \cos(25.0)^2$
- wind = $wind \cdot v = 745 \cdot 4.0$

$q_{dek.s} = 985.7 \text{ N/m}$
 $q_{sneeuw.s} = 2281.6 \text{ N/m}$
 $q_{wind.s} = 3.0 \text{ N/m}$

- Puntlast goot:

- eigen gewicht goot = $q_{goot} \cdot v = 70 \cdot 4.0$
- bij de zijgevel = $0.5 \cdot q_{goot.m} = 0.5 \cdot 280.0$
 (gedeeltelijk naar de zijgevel afgedragen)

$q_{goot.m} = 280.0 \text{ N/m}$
 $q_{goot.s} = 140.0 \text{ N/m}$

- Puntlast zijgevel bij de goot:

- Windlast = $q_{wind} \cdot \frac{0.5 \cdot ph}{ph - v_{spant} - h_{spant}/2} \cdot ph \cdot v$

$$= 745 \cdot \frac{0.5 \cdot 4000}{4000 - 10 - 497/2} \cdot 4.000 \cdot 4.000$$

$F_{hw.gt} = 6372 \text{ N}$

- Puntlast zijgevel op fundatiehoogte

- Windlast = $q_{wind} \cdot \left(1 - \frac{0.5 \cdot ph}{ph - v_{spant} - h_{spant}/2} \right) \cdot ph \cdot v$

$$= 745 \cdot \left(1 - \frac{0.5 \cdot 4000}{4000 - 10 - 497/2} \right) \cdot 4.000 \cdot 4.000$$

$F_{hw.fh} = 5549 \text{ N}$

- Dekwatter: Gewicht = 0 N, wielbasis = 1000 mm

$$F_{kd} = \frac{\text{Gewicht}}{4} \cdot \left(2 - \frac{\text{wielbasis}}{2 \cdot \text{vakmaat}} \right) = \frac{0}{4} \cdot \left(2 - \frac{1000}{2 \cdot 4000} \right)$$

$F_{kd} = 0 \text{ N}$

3.7 THEORIE VAN DE BEREKENING

VAN DE STABILITEIT VAN DE BOVENRAND EN DE ONDERRAND UIT HET VLAK VAN DE TRALIE (ZIE DIN 4114).

Bij de berekening van de stabiliteit van de bovenrand en de onderrand uit het vlak van de tralieliggers wordt, per kap, rekening gehouden met:

- de randvoorwaarden aan weerszijden van de kap. De rotatieveerstijfheid wordt uitgedrukt in het k-getal ($0.0 < k < 1.0$) ($k = 0.6$ betekent 60% inklemming). De waarden van de geldende randvoorwaarden zijn bepaald d.m.v. experimenteel onderzoek en weergegeven in tabel 5.1.
- het normaalkrachtenverloop. Er wordt uitgegaan van een rechtlijnig verloop.

Tabel 5.1: Rotatieveerstijfheden voor de randvoorwaarden van boven- en onderrand van tralieliggers (zie TNO-rapport BI-91-216).

Plaats	Veerstijfheid	Symbool	Rotatieveer-stijfheid (k-getal)	
			bovenrand	onderrand
In het 1e spant:				
T.p.v. de eindkolommen		"e"	0.60	0.70
T.p.v. de gordingen		"g"	0.80	0.10
T.p.v. de nokverbinding		"n"	0.20	0.20
T.p.v. de middenkolommen		"m"	0.30	0.40

Bij het berekenen van de kniklengte (lky) van de randen uit het vlak van de tralie kunnen 4 verschillende basissituaties optreden:

- 1) Aan beide zijden scharnierend ondersteund:
 $lky1 = b_{kap} * [(1 + 0.88 * N0/N1) / 1.88]^{1/2}$
- 2) Aan de zijde van N1 scharnierend ondersteund en aan de zijde van N0 volledig ingeklemd:
 $lky2 = b_{kap} * [(1 + 0.51 * N0/N1) / 3.09]^{1/2}$
- 3) Aan de zijde van N1 volledig ingeklemd en aan de zijde van N0 scharnierend ondersteund:
 $lky3 = b_{kap} * [(1 + 1.65 * N0/N1) / 5.42]^{1/2}$
- 4) Aan beide zijden volledig ingeklemd:
 $lky4 = b_{kap} * [(1 + 0.93 * N0/N1) / 7.72]^{1/2}$

waarin:

N1 = Grootste normaaldrukkraft per kap (altijd - = druk)
 (indien de betreffende rand in de betreffende kap niet op druk wordt belast, speelt knik en dus ook N1 geen enkele rol)
 N0 = Normaalkraft aan de andere zijde van de kap (- = druk; + = trek)
 N0/N1 = Quotiënt van N0 en N1 < 1.0. Indien de normaalkraft in de betreffende rand in de betreffende kap van teken wisselt, wordt N0/N1 negatief.
 Overeenkomstig DIN 4114 geldt als minimum waarde: N0/N1 = -0.20

De basissituaties hebben uitsluitend betrekking op een scharnier of een volledige inklemming als randvoorwaarde. Voor de bepaling van de kniklengte van een ligger met verschillende rotatieveren aan beide uiteinden, geldt:

$$l_{kx} = (1-k_0) * (1-k_1) * l_{kx1} + k_0 * (1-k_1) * l_{kx2} + (1-k_0) * k_1 * l_{kx3} + k_0 * k_1 * l_{kx4}$$

waarin:

k1 = Rotatieveerstijfheid (k-getal) aan de zijde van N1 (zie boven)
 k0 = Rotatieveerstijfheid (k-getal) aan de zijde van N0 (zie boven)

De berekening van de stabiliteitscontroles vindt plaats volgens EN 1993-1-1

3.8 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (0.00 * 560)	=	0 N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 560)	=	560 N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knooppunten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:

Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

Fg,hor = 0 N

- Verticale belasting:

$$Fk,vert = -0.5 \cdot (300 + 560 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] - 280 = -3163 \text{ N}$$

$$Fg,vert = -(300 + 560 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] + 0 = -5766 \text{ N}$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek

$$Qg1 = 300 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] = 465 \text{ Nm}$$

- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$dtoel1 = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$$

- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xgmin} = 2/384 \cdot (Qg1 \cdot 4000^4) / (E_{staal,g} \cdot dtoel1) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.8.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.8.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	+	Tekenafspreek
														+
gevel *	*	°\	\	/	°\	\	/	°\...	/	°*				
druk +	1e kap	2e kap	middenkappen				x aantal hor.	eindkap	+	gevel	Druk in			
											zuig			
														*)
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00..x0	+0.00	+0.00	+0.00	0.00			

3.8.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	0.00	1.00
Wind	0.00	0.00
gewas	0.00	0.00

3.8.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas		
		= 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral =	473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s =	140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m =	280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)		
		= [1.00*1087.6 + 0.00*2030.2]*sin(25.0)	qdek.E =	459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)		
		= [1.00*1087.6 + 0.00*2030.2]*cos(25.0)	qdek.L =	985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)		
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 =	985.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 =	985.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 =	985.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 =	985.7 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 =	985.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 =	985.7 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 =	985.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 =	985.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'		
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf =	0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)		
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt =	0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)		
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh =	0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)		
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt =	0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)		
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh =	0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2030.2]*sin(25.0)	qdek.E = 1317.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2030.2]*cos(25.0)	qdek.L = 2825.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 2825.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 2825.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 2825.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 2825.7 N/m
	- Middenkap links	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 2825.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 2825.7 N/m
	- Eindkap links	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 2825.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 2825.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 2825.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.8.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand		
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[mm] Vert.
1	-0.013	0.000			1700	24490	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	0	-3163			-0.76	-0.06	0.000
3	1.550	4.465	0	-5766			-0.03	-1.82	1.088
4	3.100	5.187	0	-5766			0.45	-3.03	1.567
5	4.650	5.910	0	-5766			0.51	-3.31	1.023
6	6.200	6.633	0	-5766			0.37	-3.15	0.000
7	7.750	5.910	0	-5766			0.24	-3.27	0.981
8	9.300	5.187	0	-5766			0.31	-2.97	1.499
9	10.850	4.465	0	-5766			0.78	-1.77	1.028
10	12.387	0.000			-1700	24595	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.8.2.5: Staaflbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
		Horizontaal		Verticaal		[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
1	RHBK160*160*5.					-24495	-1612	0	-24495	-1612	-6033
2	1e Spant	-74.0	-158.7	-33263	8020	-6033	-33137	7749	7451		
3	1e Spant	-74.0	-158.7	-30700	2523	7451	-30573	2252	11534		
4	1e Spant	-74.0	-158.7	-28136	-2974	11534	-28010	-3246	6215		
5	1e Spant	-74.0	-158.7	-25573	-8472	6215	-25446	-8743	-8505		
6	1e Spant	74.0	-158.7	-25491	8647	-8505	-25618	8376	6051		
7	1e Spant	74.0	-158.7	-28054	3150	6051	-28181	2879	11207		
8	1e Spant	74.0	-158.7	-30618	-2347	11207	-30744	-2619	6960		
9	1e Spant	74.0	-158.7	-33181	-7845	6960	-33308	-8116	-6688		
10	RHBK50*25*2.0			25058	0	0	25058	0	0		
11	RHBK160*160*5.			-24589	1787	0	-24589	1787	6688		

3.8.3 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.8.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~-)
0.00 - 1.55	-6033 7451	-33263 -33137	8020 7749
1.55 - 3.10	7451 11534	-30700 -30573	2523 2252
3.10 - 4.65	11534 6215	-28136 -28010	-2974 -3246
4.65 - 6.20	6215 -8505	-25573 -25446	-8472 -8743
6.20 - 7.75	-8505 6051	-25491 -25618	8647 8376
7.75 - 9.30	6051 11207	-28054 -28181	3150 2879
9.30 - 10.85	11207 6960	-30618 -30744	-2347 -2619
10.85 - 12.40	6960 -6688	-33181 -33308	-7845 -8116

3.8.3.1 Controle van de stijfheid van het spant:

De toelaatbare doorbuiging van alle spanten wordt bepaald per spantbeen:
 - uvtoel = 6841 / 250 < 30.0 mm, dus: uvtoel = 27.4 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:
 - doorbuiging umax = 1.57 mm

- Controle van de 1e rij tralies:
 Doorbuiging: |1.6 | mm < 27.4 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.2 Controle van de bovenrand:

3.8.3.21 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = -M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.8.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm
- De normaalkracht in de bovenrand wordt bij de eindplaten van de nok en de kolomaansluiting gereduceerd met de normaalkracht in de diagonaal (einddiagonaal sluit aan bij eindplaat ter plaatse van de bovenrand)
 - Reductie: $N_{red} = N_d - Q/\tan(39.3)$ plaats van eindplaat naar gording
 - Reductie: $N_{red} = N_d + Q/\tan(39.3)$ plaats van gording naar eindplaat
 (voor de dwarskracht Q zie tabel 3.8.3.1)

Tabel 3.8.3.2: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m] Spant		[mm]
0.00 - 1.55	-11346 -35196	1710
1.55 - 3.10	-33978 -44122	1710
3.10 - 4.65	-42903 -29543	1710
4.65 - 6.20	-28324 -2140	1710
6.20 - 7.75	-2046 -27938	1710
7.75 - 9.30	-29156 -42107	1710
9.30 - 10.85	-43326 -32773	1710
10.85 - 12.40	-33992 -9849	1710

3.8.3.22 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.8.3.22:
 Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- waar- den	Knfc staaf- lengte $\beta m \times \beta n$	Knk- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
0.00- 1.55	-11346 -35196	e-g	0.523	895	1	0.15	0.17
1.55- 3.10	-33978 -44122	g-g	0.551	942	1	0.19	0.22
3.10- 4.65	-42903 -29543	g-g	0.538	921	1	0.18	0.21
4.65- 6.20	-28324 -2140	g-n	0.495	846	1	0.12	0.14
6.20- 7.75	-2046 -27938	n-g	0.569	973	1	0.12	0.14
7.75- 9.30	-29156 -42107	g-g	0.539	922	1	0.18	0.21
9.30-10.85	-43326 -32773	g-g	0.548	938	1	0.18	0.21
10.85-12.40	-33992 -9849	g-e	0.500	856	1	0.14	0.17

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.37 - 0.2) * (|-44122| / (0.913 * 237952 / 1.0))) = 0.93 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-44122| / (0.913 * 237952 / 1.0))) = 1.05 \end{aligned}$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 1.05) = 0.93$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.56$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44122| / (0.913 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.203 + 0.000 = 0.203 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44122| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.218 + 0.000 = 0.218 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.203, 0.218) = 0.218$$

- controle: $0.22 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.8.3.23 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -44122 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-44122| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.96$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-44122| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.06$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.96, 1.06) = 0.96$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.57$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-44122| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.218 + 0.000 = 0.218$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-44122| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.199 + 0.000 = 0.199$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.218, 0.199) = 0.218$$

- controle: $0.22 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.8.3.24 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-44122|}{237952} = 0.19$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.3 Controle van de onderrand:

3.8.3.31 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.8.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.8.3.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-31715	2060	1920
1.55 - 3.10	3278	13548	1710
3.10 - 4.65	14767	1533	1710
4.65 - 6.20	2751	-33987	1710
6.20 - 7.75	-34009	2320	1710
7.75 - 9.30	1101	13926	1710
9.30 - 10.85	12708	2029	1710
10.85 - 12.40	810	-33373	1920

3.8.3.32 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.8.3.32:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte $\beta_m \times \beta_n$	Knik- lengte PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-31715	2060	e-g	0.651	1250	1	0.13	0.16
4.65- 6.20	2751	-33987	g-n	0.860	1471	1	0.14	0.18
6.20- 7.75	-34009	2320	n-g	0.845	1445	1	0.14	0.18
10.85-12.40	810	-33373	g-e	0.785	1507	1	0.14	0.18

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.58 - 0.2) * (|-33987| / (0.798 * 237952 / 1.0))) = 0.96 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-33987| / (0.798 * 237952 / 1.0))) = 1.03 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.96, 1.03) = 0.96 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.58 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-33987| / (0.798 * 237952 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.179 + 0.000 = 0.179 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-33987| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.158 + 0.000 = 0.158 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.179, 0.158) = 0.179$$

- controle: $0.18 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.8.3.33 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -34009 + 8647 / \tan(39.3) = -34009$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{l,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-34009| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.41$$

$$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-34009| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.45$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.41, 0.45) = 0.41$$

$$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.25$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-34009| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.41 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0) \\ = 0.158 + 0.000 = 0.158$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-34009| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.25 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0) \\ = 0.148 + 0.000 = 0.148$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.158, 0.148) = 0.158$$

- controle: $0.16 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.8.3.34 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-34009|}{237952} = 0.14$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 14767$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|14767|}{237952} = 0.06$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.14 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.4 Controle van de diagonalen:

3.8.3.41 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -8743$ N (zie tabel 3.8.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-8743|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{-8743}{\sin(39.3)} = 13803$ N
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $13803 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 8647$ N (zie tabel 3.8.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 8647$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{8647}{\sin(39.3)} = 13652$ N
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $13652 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.42 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -3246$ N (zie tabel 3.8.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-3246|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{-3246}{\sin(39.3)} = 5124$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $5124 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 3150$ N (zie tabel 3.8.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 3150$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{3150}{\sin(39.3)} = 4973$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $4973 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.43 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 13803 N			Nd = 5124 N		
Nt = 13652 N			Nt = 4973 N		
Fstev = 10564 N			Fstev = 3848 N		
Fstlo = 8647 N			Fstlo = 3150 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 10680 N			Fsdev = 3965 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	48.41 N/mm ²	48.41 N/mm ²	Tau1	17.64 N/mm ²	17.64 N/mm ²
Tau2	83.64 N/mm ²	83.64 N/mm ²	Tau2	30.47 N/mm ²	30.47 N/mm ²
Sgm1	48.41 N/mm ²	48.41 N/mm ²	Sgm1	17.64 N/mm ²	17.64 N/mm ²
SgmWst	100.60 N/mm ²	100.60 N/mm ²	SgmWst	36.65 N/mm ²	36.65 N/mm ²
UC1	0.48	0.48	UC1	0.18	0.18
UC2	0.17	0.17	UC2	0.06	0.06
SgmWsd	84.57 N/mm ²	84.57 N/mm ²	SgmWsd	31.39 N/mm ²	31.39 N/mm ²
UC3	0.41	0.41	UC3	0.15	0.15
Nt1	57479 N	57479 N	Nt1	57479 N	57479 N
knd	1.00	1.00	knd	1.00	1.00
Nd1	57479 N	57479 N	Nd1	57479 N	57479 N
UCt1	0.24	0.24	UCt1	0.09	0.09
UCd1	0.24	0.24	UCd1	0.09	0.09
UClas	0.48	0.48	UClas	0.18	0.18

UCdia	0.24	0.24	0.09	0.09	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClaS	0.48		0.18		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClaS = 0.48 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.44 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 0.465 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$dtoel2 = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$Ixg, bc = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * dtoel2) = 184524 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$Ixgmin = \max(Ixg, eg, Ixg, bc) = \max(553571, 184524) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.8.3.45 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$kgord = 4 * E_{staal, g} * Ixgmin / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k0gvert = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$kgord = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * vak}{4 * Eg * Ig} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (ngord + 1) * \cos(25.0) * Gbr * Itbr * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * Eg * Ig} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$MBr = \frac{V2 * hspan}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

Moment bij gording Mozk = hspan - Mbr = 450 - 226 = 224 Nmm

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kor = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * hspan^2 + V2 * hspan * -Mbr} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: kcr = 327.5 N/mm (zie 4.8)
- Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $Ngv = Fvg = -5226 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $Fgvertd = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $-5226 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.8.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-6033	-33263	8020	25058	1599	14298	20283
12.40	-6688	-33308	-8116	25058	3223	14394	20609

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 20609 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 20609 N < 180864 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.8.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-6033	-33263	8020	25058	0	14298	20220
12.40	-6688	-33308	-8116	25058	0	14394	20356

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + N_t$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 20356 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 20356 N < 180864 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.53 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 3.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $3.2 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.54 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.8.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	-6033	-33263	8020	25058	1704	0	0.04	0.02
12.40	-6688	-33308	-8116	25058	3340	0	0.05	0.02

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 3340 \cdot 25.0 = 42 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $42 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.55 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.8.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	8.72	0.00	8.72	10.06	0.05	0.03
verticaal	3.73	5.76	3.73	5.44	0.03	0.01
schotjes	3.73	5.76	3.73	5.44	0.03	0.01
kopplaat horizontaal	8.67	0.00	8.67	10.01	0.05	0.03
verticaal	3.86	5.56	3.86	5.49	0.03	0.01
schotjes	4.81	4.45	4.81	6.12	0.03	0.02

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Tabel 3.8.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	3.96	0.00	3.96	4.57	0.02	0.01
verticaal	0.00	4.57	0.00	2.64	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	3.96	0.00	3.96	4.57	0.02	0.01
verticaal	0.00	4.57	0.00	2.64	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.8.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-8505	-25446	-8743	7736	13301	20339
6.20	-8505	-25491	8647	7736	13224	20238

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 20339 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 20339 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.8.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-8505	-25446	-8743	0	13301	18810
6.20	-8505	-25491	8647	0	13224	18701

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 18810 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 18810 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.83 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 7.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 7.7 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.84 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.8.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
		[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-8505	-25446	-8743	7885	0	0.08	0.02
6.20	-8505	-25491	8647	7885	0	0.08	0.02

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

ht, eff

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 99$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 99 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

ht, eff

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.3.85 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.8.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	14.18	0.00	14.18	16.37	0.08	0.05
verticaal	8.81	6.20	8.81	10.78	0.05	0.03
schotjes	8.81	6.20	8.81	10.78	0.05	0.03
kopplaat horizontaal	14.29	0.00	14.29	16.50	0.08	0.05
verticaal	9.10	5.98	9.10	11.07	0.05	0.03
schotjes	5.18	10.51	5.18	8.52	0.04	0.02

Controle: $0.08 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Tabel 3.8.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	4.26	0.00	4.26	4.92	0.02	0.01
verticaal	0.00	4.92	0.00	2.84	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	4.26	0.00	4.26	4.92	0.02	0.01
verticaal	0.00	4.92	0.00	2.84	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

3.8.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 25058$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

25058

- $\sigma = \frac{25058}{280.6} = 89.3$ N/mm²

- controle : 89.3 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.8.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 38.1: Waarden over de spanten.

+-----+	
spant	Urel
	[mm]
+-----+	
1	2.26
+-----+	

Maximale waarde is: 2.26 mm

Uitdijen van de hele kas: 2.26 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 4000$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 7072$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < u_{max} ; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.9 B.C.2: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 1.00 * 0$ = 0 N
 - Gewasbelasting : $(1.00 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.00 * 70)$ = 70 N/m²
 - Windbelasting : $(1.00 * 745 * 1.03)$ = 765 N/m²
 - (fCdim = Cdim;lr*Cdim;par/Cdim = $0.87 * 0.85 / 0.72 = 1.03$)

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.20 * 300)$ = 360 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.20 * 70) * 4.00$ = 336 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.20 * 175.1)$ = 210.4 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 1.20 * 0$ = 0 N
 - Gewasbelasting : $(1.50 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.20 * 70)$ = 84 N/m²
 - Windbelasting : $(1.50 * 745)$ = 1118 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 - Fk,hor = $(4.000 - 0.5 * 3.742) * (1118 * (+0.64 - (-0.40))) * 4.00 = 1939$ N
 - Fg,hor = $-[1118 * (+0.20 - (-0.40))] * \tan(25.00)$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1939$ N
- Verticale belasting:
 - Fk,vert = $-0.5 * (360 + 0 + [1118 * (+0.20 - (-0.40))]) + 0 + 84$)
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 336 = -3793$ N
 - Fg,vert = $-(360 + 0 + [1118 * (+0.20 - (-0.40))]) + 0 + 84$)
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 0 = -6914$ N

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanen in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 $Qg1 = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465$ Nm
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $dtoel1 = \min(4000/750, 6) = 5.3$ mm
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xgmin} = 2/384 * (Qg1 * 4000^4) / (E_{staal,g} * dtoel1) = 553571$ mm⁴

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0		
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	qtral = 473.2 N/m	
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.s = 140 N	
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	Fgt.m = 280 N	
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m	
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	qdek.L = 985.7 N/m	
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.20--0.40)	qdek.L1 = 2773.8 N/m	
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.62--0.40)	qdek.L2 = 339.6 N/m	
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.00--0.40)	qdek.L3 = 2177.8 N/m	
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.00--0.40)	qdek.L4 = 2177.8 N/m	
	- Middenkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Lm1 = 985.7 N/m	
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.50--0.40)	qdek.Lm2 = 687.6 N/m	
	- Eindkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Le1 = 985.7 N/m	
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Le2 = 985.7 N/m	
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'		
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 382 N	
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)		
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.6 --0.4)	Fhw.gt = 6655 N	
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)		
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.6 --0.4)	Fhw.fh = 5796 N	
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cp1)		
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.3 +-0.4)	Fhw.gt = -354 N	
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cp1)		
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.3 +-0.4)	Fhw.fh = -308 N	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgawas = 1.20*280.0 + 1.20*193.2 + 1.50*0.0	qtral = 568.5 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.20*140.0	Fgt.s = 168 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.20*280.0	Fgt.m = 336 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.20*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 552.2 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.20*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 1184.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(+0.20--0.40)	qdek.L1 = 3866.5 N/m
	- 2e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.62--0.40)	qdek.L2 = 215.1 N/m
	- 3e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(+0.00--0.40)	qdek.L3 = 2972.4 N/m
	- 4e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(+0.00--0.40)	qdek.L4 = 2972.4 N/m
	- Middenkap links	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Lm1 = 1184.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.50--0.40)	qdek.Lm2 = 737.2 N/m
	- Eindkap links	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Le1 = 1184.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.40)	qdek.Le2 = 1184.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.50*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 573 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.6 --0.4)	Fhw.gt = 9983 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.6 --0.4)	Fhw.fh = 8694 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.3 +-0.4)	Fhw.gt = -531 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.3 +-0.4)	Fhw.fh = -462 N

Tabel 3.9.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[mm] Vert.
1	-0.013	0.000	8736	0	-17631	16475	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	10911	-3793			69.25	-0.32	0.000
3	1.550	4.465	1939	-6914			73.27	-9.15	8.809
4	3.100	5.187	1939	-6914			74.49	-11.96	10.969
5	4.650	5.910	1939	-6914			73.16	-9.28	7.084
6	6.200	6.633	1320	-4084			70.48	-3.70	0.000
7	7.750	5.910	701	-1254			72.67	1.26	-4.547
8	9.300	5.187	701	-1254			73.92	4.21	-6.882
9	10.850	4.465	701	-1254			73.76	4.16	-5.901
10	12.387	0.000	-464	0	-10610	19747	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.9.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel			B E G I N			E I N D		
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal	Verticaal						
1	RHBK160*160*5.			-16443	8954	0	-16443	8954	33503
2	1e Spant	-88.9	-190.7	-18952	5155	33503	-18800	4829	42041
3	1e Spant	-88.9	-190.7	-17635	-2256	42041	-17483	-2582	37904
4	1e Spant	-88.9	-190.7	-16318	-9667	37904	-16166	-9993	21092
5	1e Spant	-88.9	-190.7	-15001	-17079	21092	-14849	-17405	-8395
6	1e Spant	88.9	-190.7	-25800	-2956	-8395	-25952	-3282	-13729
7	1e Spant	88.9	-190.7	-27117	-4122	-13729	-27269	-4448	-21058
8	1e Spant	88.9	-190.7	-28433	-5289	-21058	-28585	-5615	-30382
9	1e Spant	88.9	-190.7	-29750	-6455	-30382	-29902	-6781	-41701
10	RHBK50*25*2.0			12982	0	0	12982	0	0
11	RHBK160*160*5.			-19707	11145	-0	-19707	11145	41701

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
0.00- 1.55	-99530 -114502	e-g	0.609	1041	1	0.48	0.57
1.55- 3.10	-113920 -103501	g-g	0.571	976	1	0.48	0.56
3.10- 4.65	-102919 -60813	g-g	0.523	895	1	0.43	0.51
4.65- 6.20	-60230 -7698	g-n	0.510	872	1	0.25	0.30

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.41 - 0.2) * (|-114502| / (0.892 * 237952 / 1.0))) = 1.00 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-114502| / (0.892 * 237952 / 1.0))) = 1.29 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.00, 1.29) = 1.00 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-114502| / (0.892 * 237952 / 1.0) + 1.00 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.539 + 0.000 = 0.539 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-114502| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.60 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.566 + 0.000 = 0.566 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.539, 0.566) = 0.566$$

- controle: 0.57 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.23 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -114502 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-114502| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.05$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-114502| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.31$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(1.05, 1.31) = 1.05$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.63$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-114502| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.566 + 0.000 = 0.566$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-114502| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.517 + 0.000 = 0.517$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.566, 0.517) = 0.566$$

- controle: $0.57 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.24 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-114502|}{237952} = 0.48$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 81018 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|81018|}{237952} = 0.34$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.48 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.3 Controle van de onderrand:

3.9.3.31 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.9.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.9.3.3: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	74280 95702	1920
1.55 - 3.10	96284 86018	1710
3.10 - 4.65	86600 44646	1710
4.65 - 6.20	45229 -28413	1710
6.20 - 7.75	-33888 -47299	1710
7.75 - 9.30	-47881 -66280	1710
9.30 - 10.85	-66862 -90248	1710
10.85 - 12.40	-90830 -119204	1920

3.9.3.32 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.9.3.32:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
4.65- 6.20	45229 -28413	g-n	0.811	1387	1	0.12	0.15
6.20- 7.75	-33888 -47299	n-g	1.130	1932	1	0.20	0.29
7.75- 9.30	-47881 -66280	g-g	1.170	2001	1	0.28	0.42
9.30-10.85	-66862 -90248	g-g	1.176	2011	1	0.38	0.57
10.85-12.40	-90830 -119204	g-e	0.972	1867	1	0.50	0.71

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-119204| / (0.703 * 237952 / 1.0))) = 1.24$$

$$Ky.3 = Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-119204| / (0.703 * 237952 / 1.0))) = 1.41$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.24, 1.41) = 1.24$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.75$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-119204| / (0.703 * 237952 / 1.0) + 1.24 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0)$$

$$= 0.713 + 0.000 = 0.713$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0)$$

$$= |-119204| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.75 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0)$$

$$= 0.555 + 0.000 = 0.555$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.713, 0.555) = 0.713$$

- controle: 0.71 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.33 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -119204 + |-6781|/\tan(39.3) = -119204$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld} = 1/4 * 0 * 855 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v_{qgew} * h_{ohgew} + \gamma * v_{qtg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.50 * 4.00 * 0 * 0.80 + 1.20 * 4.00 * 0 * 1.60 = 0$ N)
- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 855 = 684$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.80 (het profiel is geschoord).
 $M1 = -0.00$, $M2 = -0.00$, $M3 = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{darel.z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.80 * (1.0 + 0.6 * 0.39 * (|-119204| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.90 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.80 * (1.0 + 0.6 * (|-119204| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 1.07 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.90, 1.07) = 0.90 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-119204| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.90 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ &= 0.555 + 0.000 = 0.555 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-119204| / (0.965 * 237952 / 1.0) + 0.72 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ &= 0.519 + 0.000 = 0.519 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.555, 0.519) = 0.555$$

- controle: $0.55 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.9.3.34 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-119204|}{237952} = 0.50$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 96284$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|96284|}{237952} = 0.40$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.50 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.4 Controle van de diagonalen:

3.9.3.41 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -17405 \text{ N}$ (zie tabel 3.9.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-17405|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{17405}{\sin(39.3)} = 27477 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $27477 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 5155 \text{ N}$ (zie tabel 3.9.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 5155$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{5155}{\sin(39.3)} = 8139 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $8139 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.42 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -9993 \text{ N}$ (zie tabel 3.9.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-9993|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{9993}{\sin(39.3)} = 15776 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $15776 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 0 \text{ N}$ (zie tabel 3.9.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 0$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{0}{\sin(39.3)} = 0 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $0 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.43 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 27477 N			Nd = - 15776 N		
Nt = 8139 N			Nt = 0 N		
Fstev = 6298 N			Fstev = 0 N		
Fstlo = 5155 N			Fstlo = 0 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 21261 N			Fsdev = 12208 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	28.86 N/mm ²	28.86 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
Tau2	49.87 N/mm ²	49.87 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
Sgm1	28.86 N/mm ²	28.86 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
SgmWst	59.98 N/mm ²	59.98 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
UC1	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00
UC2	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
SgmWsd	168.35 N/mm ²	168.35 N/mm ²	96.66 N/mm ²	96.66 N/mm ²	96.66 N/mm ²
UC3	0.81	0.81	0.47	0.47	0.47
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N
UCt1	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00
UCd1	0.48	0.48	0.27	0.27	0.27
UCLas	0.81	0.81	0.47	0.47	0.47

UCdia	0.48	0.48	0.27	0.27	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClaS	0.81		0.47		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClaS = 0.81 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.44 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 765 * (+0.20 - (-0.40)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.250 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 765 * (-0.62 - (-0.40)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.181 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 1.250 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel}^2) = 496129 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 496129) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.9.3.45 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

 De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
 - Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak} * 2 * 4000}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 210000 * 553571}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

 Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$
 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)
 - Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -5447 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
 - Controle: $-5447 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.9.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	33503	-18952	5155	12982	0	8677	12271
12.40	-41701	-29902	-6781	12982	91405	12465	93089

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $nbb = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $hbbout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,br \text{ max} = 93089 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbtb \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $93089 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.9.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	33503	-18952	5155	12982	88652	8677	89498
12.40	-41701	-29902	-6781	12982	0	12465	17628

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $nbo = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $hobout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + Nt$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,or \text{ max} = 89498 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbto \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $89498 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.53 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 91.4$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $91.4 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 88.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $88.7 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.54 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.9.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	33503	-18952	5155	12982	0	89240	0.02	0.46
12.40	-41701	-29902	-6781	12982	92136	0	0.61	0.02

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 92136 \cdot 25.0 = 1152 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1152 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 89240 \cdot 25.0 = 1115 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1115 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.55 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.9.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	107.06	0.00	107.06	123.63	0.59	0.37
verticaal	102.90	4.81	102.90	118.85	0.57	0.36
schotjes	102.90	4.81	102.90	118.85	0.57	0.36
kopplaat horizontaal	110.41	0.00	110.41	127.49	0.61	0.38
verticaal	106.39	4.64	106.39	122.88	0.59	0.37
schotjes	4.02	122.85	4.02	71.08	0.34	0.01

Controle: $0.61 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Tabel 3.9.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	82.88	0.00	82.88	95.70	0.46	0.29
verticaal	80.37	2.90	80.37	92.82	0.45	0.28
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	82.88	0.00	82.88	95.70	0.46	0.29
verticaal	80.37	2.90	80.37	92.82	0.45	0.28
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.46 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.9.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-8395	-14849	-17405	10435	18912	28709
6.20	-8395	-25800	-2956	9775	2773	10532

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 28709 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 28709 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.9.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-8395	-14849	-17405	0	18912	26745
6.20	-8395	-25800	-2956	0	2773	3921

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 26745 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 26745 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.2: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.83 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 10.4$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 10.4 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.84 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.9.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-8395	-14849	-17405	10582	0	0.13	0.05
6.20	-8395	-25800	-2956	9922	0	0.07	0.01

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 132$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 132 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.3.85 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.9.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	22.51	0.00	22.51	25.99	0.13	0.08
verticaal	11.82	12.34	11.82	15.39	0.07	0.04
schotjes	11.82	12.34	11.82	15.39	0.07	0.04
kopplaat horizontaal	22.54	0.00	22.54	26.02	0.13	0.08
verticaal	12.22	11.91	12.22	15.70	0.08	0.04
schotjes	10.32	14.11	10.32	14.43	0.07	0.04

Controle: $0.13 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Tabel 3.9.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	8.49	0.00	8.49	9.80	0.05	0.03
verticaal	0.00	9.80	0.00	5.66	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	8.49	0.00	8.49	9.80	0.05	0.03
verticaal	0.00	9.80	0.00	5.66	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

3.9.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 12982$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

12982

- $\sigma = \frac{12982}{280.6} = 46.3$ N/mm²

- controle : 46.3 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.9.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 39.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	2.27
-----+	

Maximale waarde is: 2.27 mm

Uitdijen van de hele kas: 2.27 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.10 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 694)	=	694 N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.20 * 300)	=	360 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.20 * 70) * 4.00	=	336 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.20 * 175.1)	=	210.4 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.20*0	=	0 N
- Sneeuwbelasting	: (1.50 * 694)	=	1042 N/m ²
- Gewas winter	: (1.50 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.20 * 70)	=	84 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knooppcoordinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:

Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

Fg,hor = 0 N

- Verticale belasting:

$$Fk,vert = -0.5 \cdot (360 + 1042 + 0 + 84) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] - 336 = -4944 \text{ N}$$

$$Fg,vert = -(360 + 1042 + 0 + 84) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] + 0 = -9214 \text{ N}$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek

$$Qg1 = 300 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] = 465 \text{ Nm}$$

- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$dtoel1 = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$$

- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xgmin} = 2/384 \cdot (Qg1 \cdot 4000^4) / (E_{staal,g} \cdot dtoel1) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.10.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.10.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	Tekenafpraak	
													+	
gevel	*	°\	\	/°\	\	/°\...	/°\	\	/°*	*				
druk	+	1e kap	2e kap	x	aantal hor.	eindkap	+	zuig	de kas					
+0.00		+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	..x0	+0.00	+0.00		+0.00	0.00	

3.10.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.20
Installaties	1.00	1.20
Sneeuw	1.00	1.50
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.50

3.10.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas	
		= 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 1523.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 3267.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 3267.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 3267.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 3267.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 3267.3 N/m
	- Middenkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 3267.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 3267.3 N/m
	- Eindkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 3267.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 3267.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.20*280.0 + 1.20*193.2 + 1.50*0.0	qtral = 568.5 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.20*140.0	Fgt.s = 168 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.20*280.0	Fgt.m = 336 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.20*1087.6 + 1.50*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 2148.1 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.20*1087.6 + 1.50*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 4606.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 4606.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 4606.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 4606.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 4606.7 N/m
	- Middenkap links	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 4606.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 4606.7 N/m
	- Eindkap links	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 4606.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 4606.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 4606.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.10.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Vert.	
1	-0.013	0.000			2682	38550	0.00	0.00	0.000	
2	0.000	3.742	0	-4944			-2.05	-0.16	0.000	
3	1.550	4.465	0	-9214			-0.10	-4.83	2.885	
4	3.100	5.187	0	-9214			1.18	-8.05	4.161	
5	4.650	5.910	0	-9214			1.33	-8.79	2.717	
6	6.200	6.633	0	-9214			0.96	-8.37	0.000	
7	7.750	5.910	0	-9214			0.63	-8.69	2.606	
8	9.300	5.187	0	-9214			0.80	-7.90	3.983	
9	10.850	4.465	0	-9214			2.07	-4.71	2.730	
10	12.387	0.000			-2682	38716	0.00	0.00	0.000	

Tabel 3.10.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					-38559	-2544	0	-38559	-2544	-9521
2	1e Spant	-88.9	-190.7	-88.9	-190.7	-52476	12611	-9521	-52324	12285	11768
3	1e Spant	-88.9	-190.7	-88.9	-190.7	-48430	3934	11768	-48278	3608	18216
4	1e Spant	-88.9	-190.7	-88.9	-190.7	-44383	-4744	18216	-44231	-5070	9825
5	1e Spant	-88.9	-190.7	-88.9	-190.7	-40337	-13421	9825	-40185	-13747	-13406
6	1e Spant	88.9	-190.7	88.9	-190.7	-40255	13596	-13406	-40407	13270	9567
7	1e Spant	88.9	-190.7	88.9	-190.7	-44302	4919	9567	-44454	4593	17701
8	1e Spant	88.9	-190.7	88.9	-190.7	-48348	-3758	17701	-48500	-4084	10995
9	1e Spant	88.9	-190.7	88.9	-190.7	-52394	-12435	10995	-52546	-12761	-10551
10	RHBK50*25*2.0					39548	0	0	39548	0	0
11	RHBK160*160*5.					-38706	2820	0	-38706	2820	10551

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-17842	-55582	e-g	0.523	895	1	0.23	0.27
1.55- 3.10	-53635	-69680	g-g	0.550	941	1	0.29	0.34
3.10- 4.65	-67733	-46678	g-g	0.538	921	1	0.28	0.33
4.65- 6.20	-44731	-3370	g-n	0.495	846	1	0.19	0.22
6.20- 7.75	-3221	-44122	n-g	0.569	973	1	0.19	0.22
7.75- 9.30	-46069	-66480	g-g	0.539	922	1	0.28	0.33
9.30-10.85	-68427	-51738	g-g	0.548	938	1	0.29	0.34
10.85-12.40	-53685	-15485	g-e	0.500	855	1	0.23	0.27

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.37 - 0.2) * (|-69680| / (0.913 * 237952 / 1.0))) = 0.95 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-69680| / (0.913 * 237952 / 1.0))) = 1.13 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.95, 1.13) = 0.95 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-69680| / (0.913 * 237952 / 1.0) + 0.95 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.321 + 0.000 = 0.321 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-69680| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.344 + 0.000 = 0.344 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.321, 0.344) = 0.344$$

- controle: $0.34 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -69680 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-69680| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.99$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-69680| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.15$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.99, 1.15) = 0.99$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.59$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-69680| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.344 + 0.000 = 0.344$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-69680| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.315 + 0.000 = 0.315$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.344, 0.315) = 0.344$$

- controle: $0.34 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-69680|}{237952} = 0.29$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.29 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.3 Controle van de onderrand:

3.10.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.10.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.10.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-50039	3258	1920
1.55 - 3.10	5205	21402	1710
3.10 - 4.65	23350	2447	1710
4.65 - 6.20	4394	-53609	1710
6.20 - 7.75	-53644	3715	1710
7.75 - 9.30	1768	22027	1710
9.30 - 10.85	20080	3238	1710
10.85 - 12.40	1291	-52650	1920

3.10.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.10.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte $\beta_m \times \beta_n$	Knik- lengte PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-50039	3258	e-g	0.651	1249	1	0.21	0.25
4.65- 6.20	4394	-53609	g-n	0.860	1471	1	0.23	0.28
6.20- 7.75	-53644	3715	n-g	0.844	1444	1	0.23	0.28
10.85-12.40	1291	-52650	g-e	0.785	1507	1	0.22	0.28

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.58 - 0.2) * (|-53609| / (0.798 * 237952 / 1.0))) = 1.00 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53609| / (0.798 * 237952 / 1.0))) = 1.10 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.00, 1.10) = 1.00 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53609| / (0.798 * 237952 / 1.0) + 1.00 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.282 + 0.000 = 0.282 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53609| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.60 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.249 + 0.000 = 0.249 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.282, 0.249) = 0.282$$

- controle: 0.28 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -53644 + |13596|/\tan(39.3) = -53644$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld} = 1/4 * 0 * 855 = 0$ E3 Nmm
(N.B.: $F_{gew} = \gamma * v_{qgew} * h_{ohgew} + \gamma * v_{qtg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.50 * 4.00 * 0 * 0.80 + 1.50 * 4.00 * 0 * 1.60 = 0$ N)
- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 855 = 684$ mm
($l_{ky} = l_{veld}$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.80 (het profiel is geschoord).

M1 = -0.00, M2 = -0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned}
 Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{darel.z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.80 * (1.0 + 0.6 * 0.39 * (|-53644| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.85 \\
 Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\
 &= 0.80 * (1.0 + 0.6 * (|-53644| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.92 \\
 Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.85, 0.92) = 0.85 \\
 Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.68
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\
 &= |-53644| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.85 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\
 &= 0.250 + 0.000 = 0.250 \\
 UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\
 &= |-53644| / (0.965 * 237952 / 1.0) + 0.68 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\
 &= 0.234 + 0.000 = 0.234
 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.250, 0.234) = 0.250$$

- controle: $0.25 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.10.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-53644|}{237952} = 0.23$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 23350$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|23350|}{237952} = 0.10$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.23 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.4 Controle van de diagonalen:

3.10.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -13747 \text{ N}$ (zie tabel 3.10.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{13747}{\sin(39.3)} = 21702 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $21702 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 13596 \text{ N}$ (zie tabel 3.10.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{13596}{\sin(39.3)} = 21464 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $21464 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -5070 \text{ N}$ (zie tabel 3.10.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{5070}{\sin(39.3)} = 8003 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $8003 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 4919 \text{ N}$ (zie tabel 3.10.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{4919}{\sin(39.3)} = 7766 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $7766 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 21702 N			Nd = 8003 N		
Nt = 21464 N			Nt = 7766 N		
Fstev = 16609 N			Fstev = 6009 N		
Fstlo = 13596 N			Fstlo = 4919 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 16793 N			Fsdev = 6193 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	76.12 N/mm ²	76.12 N/mm ²		27.54 N/mm ²	27.54 N/mm ²
Tau2	131.51 N/mm ²	131.51 N/mm ²		47.58 N/mm ²	47.58 N/mm ²
Sgm1	76.12 N/mm ²	76.12 N/mm ²		27.54 N/mm ²	27.54 N/mm ²
SgmWst	158.18 N/mm ²	158.18 N/mm ²		57.23 N/mm ²	57.23 N/mm ²
UC1	0.76	0.76		0.28	0.28
UC2	0.26	0.26		0.10	0.10
SgmWsd	132.97 N/mm ²	132.97 N/mm ²		49.04 N/mm ²	49.04 N/mm ²
UC3	0.64	0.64		0.24	0.24
Nt1	57479 N	57479 N		57479 N	57479 N
knd	1.00	1.00		1.00	1.00
Nd1	57479 N	57479 N		57479 N	57479 N
UCt1	0.37	0.37		0.14	0.14
UCd1	0.38	0.38		0.14	0.14
UClas	0.76	0.76		0.28	0.28

UCdia	0.38	0.38	0.14	0.14	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.76		0.28		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.76 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, \text{links} = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg, \text{rechts} = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, \text{links}| ; |Qg, \text{rechts}|) = 1.541 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 611650 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 611650) = 611650 \text{ mm}^4$$

3.10.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 634.3 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 611650 / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 611650} = 15.6 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{15.6 * 450}{15.6 + 17.0} = 215.2 \text{ Nm}$$

Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 215 = 235 \text{ Nmm}$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 15.6 * 450^2 + 15.6 * 450 * (-215)} = 570.0 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)
- Controle: $570.0 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -8351 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal: $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $-8351 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.10.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-9521	-52476	12611	39548	2520	22518	31945
12.40	-10551	-52546	-12761	39548	5077	22669	32459

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $n_{bb} = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $h_{bbout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bb} \cdot h_{bbout}}{\text{met } F_t \geq 0N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \text{ max} = 32459 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $32459 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.10.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-9521	-52476	12611	39548	0	22518	31845
12.40	-10551	-52546	-12761	39548	0	22669	32059

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $n_{bo} = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $h_{obout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bo} \cdot h_{obout}}{\text{met } F_t \geq 0N}$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \text{ max} = 32059 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $32059 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 5.1$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $5.1 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.10.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	-9521	-52476	12611	39548	2687	0	0.06	0.03
12.40	-10551	-52546	-12761	39548	5262	0	0.08	0.03

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 5262 \cdot 25.0 = 66 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $66 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.10.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	13.71	0.00	13.71	15.84	0.08	0.05
verticaal	5.88	9.05	5.88	8.56	0.04	0.02
schotjes	5.88	9.05	5.88	8.56	0.04	0.02
kopplaat horizontaal	13.64	0.00	13.64	15.75	0.08	0.05
verticaal	6.08	8.73	6.08	8.64	0.04	0.02
schotjes	7.56	7.02	7.56	9.63	0.05	0.03

Controle: $0.08 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Tabel 3.10.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.22	0.00	6.22	7.19	0.03	0.02
verticaal	0.00	7.19	0.00	4.15	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.22	0.00	6.22	7.19	0.03	0.02
verticaal	0.00	7.19	0.00	4.15	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.03 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.10.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-13406	-40185	-13747	12166	20950	32029
6.20	-13406	-40255	13596	12166	20829	31870

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 32029 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 32029 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.10.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-13406	-40185	-13747	0	20950	29628
6.20	-13406	-40255	13596	0	20829	29456

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 29628 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 29628 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 12.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 12.2 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.10.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	F _{trb}	F _{tro}	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-13406	-40185	-13747	12401	0	0.12	0.04
6.20	-13406	-40255	13596	12401	0	0.12	0.04

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 155$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 155 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.10.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	22.29	0.00	22.29	25.74	0.12	0.08
verticaal	13.85	9.75	13.85	16.95	0.08	0.05
schotjes	13.85	9.75	13.85	16.95	0.08	0.05
kopplaat horizontaal	22.47	0.00	22.47	25.94	0.12	0.08
verticaal	14.32	9.41	14.32	17.40	0.08	0.05
schotjes	8.15	16.53	8.15	13.40	0.06	0.03

Controle: $0.12 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Tabel 3.10.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.70	0.00	6.70	7.74	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.74	0.00	4.47	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.70	0.00	6.70	7.74	0.04	0.02
verticaal	0.00	7.74	0.00	4.47	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.04 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

3.10.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 39548$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

- 39548
- $\sigma = \frac{39548}{280.6} = 141.0$ N/mm²
- controle : 141.0 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.10.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

+-----+	
spant	Urel
	[mm]
+-----+	
1	6.00
+-----+	

Maximale waarde is: 6.00 mm

Uitdijen van de hele kas: 6.00 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 4000$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 7072$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < u_{max} ; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.11 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 745 * 1.03)$ = 765 N/m²
 $(fC_{dim} = C_{dim}; l_r * C_{dim}; p_{ar}/C_{dim} = 0.87 * 0.85 / 0.72 = 1.03)$

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(0.90 * 300)$ = 270 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(0.90 * 70) * 4.00$ = 252 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(0.90 * 175.1)$ = 157.6 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.50 * 745)$ = 1118 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand $\psi = 1/231$ (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (4.000 - 0.5 * 3.742) * (1118 * (+0.64 - (0.20))) * 4.00 = -1431 \text{ N}$
 - $F_{g,hor} = -[1118 * (-0.24 - (0.20))] * \tan(25.00)$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] = -1431 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{k,vert} = -0.5 * (270 + 0 + [1118 * (-0.24 - (0.20))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 252 = 445 \text{ N}$
 - $F_{g,vert} = -(270 + 0 + [1118 * (-0.24 - (0.20))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 0 = 1394 \text{ N}$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 $Q_{g1} = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xgmin} = 2/384 * (Q_{g1} * 4000^4) / (E_{staal,g} * d_{toel1}) = 553571 \text{ mm}^4$

3.11.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.11.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

gevel	*	1e kap	2e kap	middenkappen	x aantal hor.	eindkap	*	gevel
druk	+							Druk in
								zuig de kas
+0.64		-0.24	-0.62	+0.00	+0.00	-0.40	-0.40	+0.34
								0.20

3.11.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	0.90
Installaties	0.00	0.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.50
gewas	0.00	0.00

3.11.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas	
		= 0.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 193.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.24-0.20)	qdek.L1 = -334.0 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.62-0.20)	qdek.L2 = -1448.6 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.00-0.20)	qdek.L3 = 389.6 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.00-0.20)	qdek.L4 = 389.6 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -802.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -802.5 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -802.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -802.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 382 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 2832 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 2466 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 3469 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 3021 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*280.0 + 0.90*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 173.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 0.90*140.0	Fgt.s = 126 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 0.90*280.0	Fgt.m = 252 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 413.7 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 887.1 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.24-0.20)	qdek.L1 = -1092.4 N/m
	- 2e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.62-0.20)	qdek.L2 = -2764.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(+0.00-0.20)	qdek.L3 = -7.0 N/m
	- 4e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(+0.00-0.20)	qdek.L4 = -7.0 N/m
	- Middenkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -1795.1 N/m
	- Middenkap rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -1795.1 N/m
	- Eindkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -1795.1 N/m
	- Eindkap Rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -1795.1 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.50*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 573 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 4248 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 3700 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 5204 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 4532 N

Tabel 3.11.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.
1	-0.013	0.000	3717	0	-12879	-11681	0.00	0.00	0.000	
2	0.000	3.742	3515	445			49.35	-0.15	0.000	
3	1.550	4.465	-1431	1394			50.89	-3.39	4.104	
4	3.100	5.187	-1431	1394			50.96	-3.47	4.724	
5	4.650	5.910	-1431	1394			50.05	-1.43	3.019	
6	6.200	6.633	604	2690			48.60	1.79	0.000	
7	7.750	5.910	2639	3986			50.17	5.12	-4.221	
8	9.300	5.187	2639	3986			50.92	6.71	-6.513	
9	10.850	4.465	2639	3986			50.20	5.14	-5.312	
10	12.387	0.000	4554	0	-9639	-7179	0.00	0.00	0.000	

Tabel 3.11.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					11713	9120	0	11713	9120	34124
2	1e Spant	-66.6	-142.8			9866	-7797	34124	9979	-8041	20581
3	1e Spant	-66.6	-142.8			10687	-6173	20581	10801	-6417	9816
4	1e Spant	-66.6	-142.8			11508	-4549	9816	11622	-4793	1828
5	1e Spant	-66.6	-142.8			12330	-2924	1828	12444	-3169	-3383
6	1e Spant	66.6	-142.8			6160	-8876	-3383	6046	-9120	-18771
7	1e Spant	66.6	-142.8			5339	-4392	-18771	5225	-4637	-26492
8	1e Spant	66.6	-142.8			4518	91	-26492	4404	-153	-26546
9	1e Spant	66.6	-142.8			3696	4574	-26546	3582	4330	-18931
10	RHBK50*25*2.0					0	0	0	0	0	0
11	RHBK160*160*5.					7197	5059	-0	7197	5059	18931

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-70853	-46463	e-g	0.577	987	1	0.30	0.35
1.55- 3.10	-46109	-19139	g-g	0.495	846	1	0.19	0.23
3.10- 4.65	-18785	1241	g-g	0.406	694	1	0.08	0.09
4.65- 6.20	1595	10807	g-n	0.568	972	1	0.04	0.05

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.39 - 0.2) * (|-70853| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.96 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-70853| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 1.14 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.96, 1.14) = 0.96 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-70853| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.96 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.330 + 0.000 = 0.330 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-70853| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.57 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.350 + 0.000 = 0.350 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.330, 0.350) = 0.350$$

- controle: 0.35 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -70853 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-70853| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.99$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-70853| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.15$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.99, 1.15) = 0.99$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.59$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-70853| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.350 + 0.000 = 0.350$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-70853| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.320 + 0.000 = 0.320$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.350, 0.320) = 0.350$$

- controle: $0.35 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-70853|}{237952} = 0.30$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 68843 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|68843|}{237952} = 0.29$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.30 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.3 Controle van de onderrand:

3.11.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.11.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.11.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	90243	56443	1920
1.55 - 3.10	56796	29940	1710
3.10 - 4.65	30294	10381	1710
4.65 - 6.20	10735	-2235	1710
6.20 - 7.75	-5376	-43905	1710
7.75 - 9.30	-44258	-63618	1710
9.30 - 10.85	-63972	-64162	1710
10.85 - 12.40	-64516	-45537	1920

3.11.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.11.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
4.65- 6.20	10735	-2235	g-n	0.811	1387	1	0.01	0.01
6.20- 7.75	-5376	-43905	n-g	0.923	1578	1	0.18	0.24
7.75- 9.30	-44258	-63618	g-g	1.161	1986	1	0.27	0.40
9.30-10.85	-63972	-64162	g-g	1.254	2144	1	0.27	0.42
10.85-12.40	-64516	-45537	g-e	0.960	1843	1	0.27	0.38

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.84 - 0.2) * (|-64162| / (0.635 * 237952 / 1.0))) = 1.15 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-64162| / (0.635 * 237952 / 1.0))) = 1.21 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.15, 1.21) = 1.15 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.69 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-64162| / (0.635 * 237952 / 1.0) + 1.15 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.425 + 0.000 = 0.425 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-64162| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.69 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.299 + 0.000 = 0.299 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.425, 0.299) = 0.425$$

- controle: $0.42 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -64516 + 4574 / \tan(39.3) = -64516$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot \eta_{z.2} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-64516| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-64516| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.50$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.42, 0.50) = 0.42$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.25$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-64516| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.42 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.300 + 0.000 = 0.300$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y.Ed}| / (1.00 \cdot M_{y.Rk} / 1.0)$
 $= |-64516| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.25 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.281 + 0.000 = 0.281$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.300, 0.281) = 0.300$

- controle: $0.30 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.11.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-64516|}{237952} = 0.27$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 90243$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|90243|}{237952} = 0.38$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.38 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

3.11.3.4 Controle van de diagonalen:

3.11.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -9120$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{9120}{\sin(39.3)} = 14398$ N
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $14398 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 4574$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{4574}{\sin(39.3)} = 7221$ N
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $7221 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -6417$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{6417}{\sin(39.3)} = 10130$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $10130 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 91$ N (zie tabel 3.11.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{91}{\sin(39.3)} = 143$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $143 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
	Nd = 14398 N		Nd = 10130 N		
	Nt = 7221 N		Nt = 143 N		
	Fstev = 5588 N		Fstev = 111 N		
	Fstlo = 4574 N		Fstlo = 91 N		
	Msdt = 0.00 Nm		Msdt = 0.00 Nm		
	Fsdev = 11141 N		Fsdev = 7839 N		
	bovenrand	onderrand	bovenrand	onderrand	
Tau1	25.61 N/mm ²	25.61 N/mm ²	0.51 N/mm ²	0.51 N/mm ²	
Tau2	44.24 N/mm ²	44.24 N/mm ²	0.88 N/mm ²	0.88 N/mm ²	
Sgm1	25.61 N/mm ²	25.61 N/mm ²	0.51 N/mm ²	0.51 N/mm ²	
SgmWst	53.22 N/mm ²	53.22 N/mm ²	1.06 N/mm ²	1.06 N/mm ²	
UC1	0.26	0.26	0.01	0.01	
UC2	0.09	0.09	0.00	0.00	
SgmWsd	88.21 N/mm ²	88.21 N/mm ²	62.07 N/mm ²	62.07 N/mm ²	
UC3	0.42	0.42	0.30	0.30	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.13	0.13	0.00	0.00	
UCd1	0.25	0.25	0.18	0.18	
UClas	0.42	0.42	0.30	0.30	

UCdia	0.25	0.25	0.18	0.18	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.42		0.30		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.42 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw
 $Qg, links = [300 + 765 * (-0.24 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.115 \text{ Nm}$
 $Qg, rechts = [300 + 765 * (-0.62 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.604 \text{ Nm}$
 $Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 0.604 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 239676 \text{ mm}^4$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:
 $I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 239676) = 553571 \text{ mm}^4$

3.11.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:
 $k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:
 $k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm}$ (zie 4.7)

 De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.

 - Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.

 - Veerstijfheid gordingprofiel:
 $k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$
 - Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak} * 2 * 4000}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 210000 * 553571}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

 Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

 - Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -196 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal: $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)

 - Controle: $-196 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.11.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	34124	9866	-7797	0	0	-9151	12941
12.40	-18931	3582	4330	0	47705	-4681	48162

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $nbb = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $hbbout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,br \text{ max} = 48162 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbtb \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $48162 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.11.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	34124	9866	-7797	0	87535	-9151	88486
12.40	-18931	3582	4330	0	0	-4681	6620

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $nbo = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $hobout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + Nt$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,or \text{ max} = 88486 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbto \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $88486 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 47.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $47.7 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 87.5$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $87.5 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.11.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	34124	9866	-7797	0	0	88133	0.03	0.46
12.40	-18931	3582	4330	0	48037	0	0.32	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 48037 \cdot 25.0 = 600 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $600 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 88133 \cdot 25.0 = 1102 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1102 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.11.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	56.31	0.00	56.31	65.02	0.31	0.20
verticaal	53.65	3.07	53.65	61.97	0.30	0.19
schotjes	53.65	3.07	53.65	61.97	0.30	0.19
kopplaat horizontaal	58.03	0.00	58.03	67.01	0.32	0.20
verticaal	55.47	2.96	55.47	64.07	0.31	0.19
schotjes	2.57	64.05	2.57	37.10	0.18	0.01

Controle: $0.32 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.11.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	83.16	0.00	83.16	96.02	0.46	0.29
verticaal	79.35	4.39	79.35	91.67	0.44	0.28
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	83.16	0.00	83.16	96.02	0.46	0.29
verticaal	79.35	4.39	79.35	91.67	0.44	0.28
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.46 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.11.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-3383	12444	-3169	13366	242	13371
6.20	-3383	6160	-8876	13064	-9346	18584

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 18584 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 18584 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.11.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-3383	12444	-3169	0	242	343
6.20	-3383	6160	-8876	0	-9346	13217

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 13217 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 13217 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 13.4$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 13.4 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.11.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-3383	12444	-3169	13426	0	0.10	0.01
6.20	-3383	6160	-8876	13123	0	0.11	0.02

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.11.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	20.11	0.00	20.11	23.22	0.11	0.07
verticaal	14.66	6.29	14.66	17.31	0.08	0.05
schotjes	14.66	6.29	14.66	17.31	0.08	0.05
kopplaat horizontaal	20.41	0.00	20.41	23.57	0.11	0.07
verticaal	15.15	6.08	15.15	17.85	0.09	0.05
schotjes	5.26	17.50	5.26	11.79	0.06	0.02

Controle: $0.11 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.11.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	4.33	0.00	4.33	5.00	0.02	0.02
verticaal	0.00	5.00	0.00	2.89	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	4.33	0.00	4.33	5.00	0.02	0.02
verticaal	0.00	5.00	0.00	2.89	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

3.11.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 0$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

- $\sigma = \frac{0}{280.6} = 0.0$ N/mm²
- controle : 0.0 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.11.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	-1.62
-----+	

Maximale waarde is: -1.62 mm

Uitdijen van de hele kas: -1.62 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.12 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 745 * 1.03)$ = 765 N/m²
 $(fC_{dim} = C_{dim}; l_r * C_{dim}; p_{ar}/C_{dim} = 0.87 * 0.85 / 0.72 = 1.03)$

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(0.90 * 300)$ = 270 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(0.90 * 70) * 4.00$ = 252 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(0.90 * 175.1)$ = 157.6 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.50 * 745)$ = 1118 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met

de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand $\psi = 1/231$ (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom

Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:

$$F_{k,hor} = (4.000 - 0.5 * 3.742) * (1118 * (+0.64 - (0.20))) * 4.00 = 323 \text{ N}$$

$$F_{g,hor} = -[1118 * (+0.30 - (0.20))] * \tan(25.00) * 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 323 \text{ N}$$

- Verticale belasting:

$$F_{k,vert} = -0.5 * (270 + 0 + [1118 * (+0.30 - (0.20))]) + 0 + 0$$

$$* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 252 = -1435 \text{ N}$$

$$F_{g,vert} = -(270 + 0 + [1118 * (+0.30 - (0.20))]) + 0 + 0$$

$$* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 0 = -2367 \text{ N}$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording

op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek

$$Q_{g1} = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465 \text{ Nm}$$

- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$$

- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xgmin} = 2/384 * (Q_{g1} * 4000^4) / (E_{staal,g} * d_{toel1}) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.12.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.12.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

3.12.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	0.90
Installaties	0.00	0.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	1.00	1.50
gewas	0.00	0.00

3.12.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas	
		= 0.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 193.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)	
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 1283.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -2590.6 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -1696.6 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -1100.5 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -802.5 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -802.5 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -802.5 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -802.5 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 382 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 2832 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 2466 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 3469 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 3021 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgawas = 0.00*280.0 + 0.90*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 173.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 0.90*140.0	Fgt.s = 126 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 0.90*280.0	Fgt.m = 252 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 413.7 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 887.1 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(+0.30-0.20)	qdek.L1 = 1334.1 N/m
	- 2e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-1.00-0.20)	qdek.L2 = -4477.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.70-0.20)	qdek.L3 = -3136.2 N/m
	- 4e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.50-0.20)	qdek.L4 = -2242.2 N/m
	- Middenkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm1 = -1795.1 N/m
	- Middenkap rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Lm2 = -1795.1 N/m
	- Eindkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le1 = -1795.1 N/m
	- Eindkap Rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.40-0.20)	qdek.Le2 = -1795.1 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.50*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 573 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 4248 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 3700 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 5204 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 4532 N

Tabel 3.12.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand			Oplegreacties			gebruikstoestand		
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[N] Horiz.	[N] Vert.	[mm] Horiz.	[mm] Vert.	[mm] Vert.
1	-0.013	0.000	3717	0	-18310	-8064	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	4392	-1435			93.02	-0.32	0.000
3	1.550	4.465	323	-2367			97.19	-9.18	9.796
4	3.100	5.187	323	-2367			98.15	-11.13	11.979
5	4.650	5.910	323	-2367			96.47	-7.43	7.920
6	6.200	6.633	2100	2137			93.17	-0.22	0.000
7	7.750	5.910	3877	6641			96.69	7.33	-8.363
8	9.300	5.187	3877	6641			98.56	11.39	-12.869
9	10.850	4.465	3877	6641			97.53	9.21	-10.498
10	12.387	0.000	4554	0	-16175	-6372	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.12.2.5: Staaftbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaft nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					8116	14564	-0	8116	14564	54496
2	1e Spant	-66.6	-142.8			13260	-4298	54496	13374	-4542	46936
3	1e Spant	-66.6	-142.8			14081	-6824	46936	14195	-7068	35057
4	1e Spant	-66.6	-142.8			14902	-9350	35057	15016	-9594	18857
5	1e Spant	-66.6	-142.8			15724	-11876	18857	15838	-12120	-1662
6	1e Spant	66.6	-142.8			-105	-17099	-1662	-219	-17343	-31114
7	1e Spant	66.6	-142.8			-926	-9686	-31114	-1040	-9930	-47887
8	1e Spant	66.6	-142.8			-1747	-2273	-47887	-1861	-2517	-51983
9	1e Spant	66.6	-142.8			-2569	5141	-51983	-2683	4896	-43400
10	RHBK50*25*2.0					0	0	0	0	0	0
11	RHBK160*160*5.					6414	11599	-0	6414	11599	43400

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
0.00- 1.55	-124359 -110654	e-g	0.612	1047	1	0.52	0.61
1.55- 3.10	-110300 -80544	g-g	0.545	931	1	0.46	0.54
3.10- 4.65	-80191 -39635	g-g	0.508	868	1	0.34	0.40
4.65- 6.20	-39281 -2732	g-n	0.493	843	1	0.17	0.19

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.41 - 0.2) * (|-124359| / (0.891 * 237952 / 1.0))) = 1.01 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-124359| / (0.891 * 237952 / 1.0))) = 1.32 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.01, 1.32) = 1.01 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-124359| / (0.891 * 237952 / 1.0) + 1.01 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.587 + 0.000 = 0.587 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-124359| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.61 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.614 + 0.000 = 0.614 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.587, 0.614) = 0.614$$

- controle: 0.61 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -124359 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-124359| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.06$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-124359| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.34$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(1.06, 1.34) = 1.06$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.63$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-124359| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 1.06 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.614 + 0.000 = 0.614$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-124359| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.562 + 0.000 = 0.562$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.614, 0.562) = 0.614$$

- controle: $0.61 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-124359|}{237952} = 0.52$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 129026 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|129026|}{237952} = 0.54$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.54 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.3 Controle van de onderrand:

3.12.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.12.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.12.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant	Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	142869 124027	1920
1.55 - 3.10	124381 94739	1710
3.10 - 4.65	95093 54651	1710
4.65 - 6.20	55005 3763	1710
6.20 - 7.75	-4208 -77894	1710
7.75 - 9.30	-78248 -120238	1710
9.30 - 10.85	-120592 -130887	1710
10.85 - 12.40	-131241 -109841	1920

3.12.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.12.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
6.20- 7.75	-4208 -77894	n-g	0.896	1532	1	0.33	0.42
7.75- 9.30	-78248 -120238	g-g	1.147	1961	1	0.51	0.74
9.30-10.85	-120592 -130887	g-g	1.231	2105	1	0.55	0.85
10.85-12.40	-131241 -109841	g-e	0.988	1897	1	0.55	0.79

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-130887| / (0.644 * 237952 / 1.0))) = 1.38 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-130887| / (0.644 * 237952 / 1.0))) = 1.51 \end{aligned}$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.38, 1.51) = 1.38$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.83$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-130887| / (0.644 * 237952 / 1.0) + 1.38 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.854 + 0.000 = 0.854 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-130887| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.83 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.609 + 0.000 = 0.609 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.854, 0.609) = 0.854$$

- controle: 0.85 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -131241 + 5141 / \tan(39.3) = -131241 \text{ N}$
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-131241| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.45$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-131241| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.60$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.45, 0.60) = 0.45$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.27$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-131241| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.45 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.611 + 0.000 = 0.611$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-131241| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.27 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.572 + 0.000 = 0.572$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.611, 0.572) = 0.611$

- controle: $0.61 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.12.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-131241|}{237952} = 0.55$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 142869 \text{ N}$

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|142869|}{237952} = 0.60$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.60 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

3.12.3.4 Controle van de diagonalen:

3.12.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -17343 \text{ N}$ (zie tabel 3.12.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-17343|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{17343}{\sin(39.3)} = 27379 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $27379 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 5141 \text{ N}$ (zie tabel 3.12.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 5141$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{5141}{\sin(39.3)} = 8115 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $8115 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -9930 \text{ N}$ (zie tabel 3.12.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-9930|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{9930}{\sin(39.3)} = 15676 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $15676 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 0 \text{ N}$ (zie tabel 3.12.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 0$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{0}{\sin(39.3)} = 0 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $0 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 27379 N			Nd = - 15676 N		
Nt = 8115 N			Nt = 0 N		
Fstev = 6280 N			Fstev = 0 N		
Fstlo = 5141 N			Fstlo = 0 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 21186 N			Fsdev = 12130 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	28.78 N/mm ²	28.78 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
Tau2	49.72 N/mm ²	49.72 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
Sgm1	28.78 N/mm ²	28.78 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
SgmWst	59.81 N/mm ²	59.81 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²	0.00 N/mm ²
UC1	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00
UC2	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00
SgmWsd	167.75 N/mm ²	167.75 N/mm ²	96.05 N/mm ²	96.05 N/mm ²	96.05 N/mm ²
UC3	0.81	0.81	0.46	0.46	0.46
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N
UCt1	0.14	0.14	0.00	0.00	0.00
UCd1	0.48	0.48	0.27	0.27	0.27
UClas	0.81	0.81	0.46	0.46	0.46

UCdia	0.48	0.48	0.27	0.27	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClaS	0.81		0.46		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClaS = 0.81 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw
 $Qg, links = [300 + 765 * (+0.30 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.596 \text{ Nm}$
 $Qg, rechts = [300 + 765 * (-1.00 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -1.105 \text{ Nm}$
 $Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 1.105 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 438687 \text{ mm}^4$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:
 $I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 438687) = 553571 \text{ mm}^4$

3.12.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:
 $k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:
 $k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm}$ (zie 4.7)

 De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.

 - Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.

 - Veerstijfheid gordingprofiel:
 $k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$
 - Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak} * 2 * 4000}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 210000 * 553571}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

 Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$

 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)

 - Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -2022 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)

 - Controle: $-2022 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.12.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	54496	13260	-4298	0	0	-6697	9471
12.40	-43400	-2683	4896	0	105489	-3871	105631

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $nbb = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $hbbout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,br \text{ max} = 105631 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbtb \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $105631 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.12.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	54496	13260	-4298	0	140384	-6697	140703
12.40	-43400	-2683	4896	0	0	-3871	5474

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $nbo = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $hobout = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $sn=+1$ en bij eindpositie $sn=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $Ft = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + Nt$ met $Ft \geq 0N$
- Schuifkracht: $Fs = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $Fi = (Ft^2 + 2 \cdot Fs^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $Fi,or \text{ max} = 140703 \text{ N}$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $Fi, capbto \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $140703 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 105.5$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p,capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 105.5 kN < 448 kN, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 140.4$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p,cao} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 140.4 kN < 448 kN, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.12.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	54496	13260	-4298	0	0	141340	0.01	0.72
12.40	-43400	-2683	4896	0	106250	0	0.70	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 106250 \cdot 25.0 = 1328$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p,cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1328 Nm < 1909 Nm, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 141340 \cdot 25.0 = 1767$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p,cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 1767 Nm < 1909 Nm, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.12.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	121.67	0.00	121.67	140.49	0.68	0.42
verticaal	118.66	3.47	118.66	137.03	0.66	0.41
schotjes	118.66	3.47	118.66	137.03	0.66	0.41
kopplaat horizontaal	125.59	0.00	125.59	145.02	0.70	0.44
verticaal	122.69	3.35	122.69	141.68	0.68	0.43
schotjes	2.90	141.67	2.90	81.86	0.39	0.01

Controle: $0.70 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Tabel 3.12.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	129.36	0.00	129.36	149.37	0.72	0.45
verticaal	127.26	2.42	127.26	146.96	0.71	0.44
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	129.36	0.00	129.36	149.37	0.72	0.45
verticaal	127.26	2.42	127.26	146.96	0.71	0.44
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.72 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.12.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-1662	15838	-12120	8742	7638	13896
6.20	-1662	-105	-17099	7692	-15475	23197

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 23197 \quad N$ (zie tabel)
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 23197 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.12.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-1662	15838	-12120	489	7638	10813
6.20	-1662	-105	-17099	0	-15475	21884

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 21884 \quad N$ (zie tabel)
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 21884 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 8.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 8.7 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.5$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.5 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.12.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-1662	15838	-12120	8771	460	0.10	0.04
6.20	-1662	-105	-17099	7721	0	0.11	0.05

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 110$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 110 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 6$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 6 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.12.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	19.12	0.00	19.12	22.08	0.11	0.07
verticaal	8.62	12.13	8.62	12.17	0.06	0.03
schotjes	8.62	12.13	8.62	12.17	0.06	0.03
kopplaat horizontaal	19.05	0.00	19.05	22.00	0.11	0.07
verticaal	8.92	11.70	8.92	12.31	0.06	0.03
schotjes	10.14	10.30	10.14	13.13	0.06	0.04

Controle: $0.11 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Tabel 3.12.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	8.34	0.00	8.34	9.63	0.05	0.03
verticaal	0.00	9.63	0.00	5.56	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	8.34	0.00	8.34	9.63	0.05	0.03
verticaal	0.00	9.63	0.00	5.56	0.03	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

3.12.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 0$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

- $\sigma = \frac{0}{280.6} = 0.0$ N/mm²
- controle : 0.0 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.12.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

+-----+	
spant	Urel
	[mm]
+-----+	
1	0.04
+-----+	

Maximale waarde is: 0.04 mm

Uitdijen van de hele kas: 0.04 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.13 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 745 * 1.03)$ = 765 N/m²
 $(f_{Cdim} = C_{dim}; l_r * C_{dim}; p_{ar}/C_{dim} = 0.87 * 0.85 / 0.72 = 1.03)$

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.20 * 300)$ = 360 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.20 * 70) * 4.00$ = 336 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.20 * 175.1)$ = 210.4 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.50 * 745)$ = 1118 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand $\psi = 1/231$ (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (4.000 - 0.5 * 3.742) * (1118 * (+0.64 - (-0.30))) * 4.00 = -2488 \text{ N}$
 - $F_{g,hor} = -[1118 * (-1.07 - (-0.30))] * \tan(25.00)$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] = -2488 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{k,vert} = -0.5 * (360 + 0 + [1118 * (-1.07 - (-0.30))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 336 = 1214 \text{ N}$
 - $F_{g,vert} = -(360 + 0 + [1118 * (-1.07 - (-0.30))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 0 = 3101 \text{ N}$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 $Q_{g1} = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xgmin} = 2/384 * (Q_{g1} * 4000^4) / (E_{staal,g} * d_{toel1}) = 553571 \text{ mm}^4$

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*280.0 + 1.20*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 232.1 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.20*140.0	Fgt.s = 168 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.20*280.0	Fgt.m = 336 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.20*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 552.2 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.20*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 1184.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-1.07--0.30)	qdek.L1 = -2257.9 N/m
	- 2e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-1.00--0.30)	qdek.L2 = -1945.0 N/m
	- 3e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.70--0.30)	qdek.L3 = -603.9 N/m
	- 4e kaphelft	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.50--0.30)	qdek.L4 = 290.2 N/m
	- Middenkap links	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.30)	qdek.Lm1 = 737.2 N/m
	- Middenkap rechts	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.50--0.30)	qdek.Lm2 = 290.2 N/m
	- Eindkap links	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le1 = 737.2 N/m
	- Eindkap Rechts	= 1184.3 + 1.50*2980.3*(-0.40--0.30)	qdek.Le2 = 737.2 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.50*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 573 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.6 --0.3)	Fhw.gt = 9027 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.6 --0.3)	Fhw.fh = 7862 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.3 +-0.3)	Fhw.gt = 425 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.3 +-0.3)	Fhw.fh = 370 N

Tabel 3.13.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand					
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Vert.	
1	-0.013	0.000	7899	0	-15159	-12583	0.00	0.00	0.000	
2	0.000	3.742	7746	1214			31.28	-0.07	0.000	
3	1.550	4.465	-2488	3101			30.64	1.34	0.922	
4	3.100	5.187	-2488	3101			29.31	4.23	0.224	
5	4.650	5.910	-2488	3101			28.03	7.02	-0.373	
6	6.200	6.633	-113	2858			27.17	8.94	0.000	
7	7.750	5.910	2262	2616			27.52	9.65	-3.272	
8	9.300	5.187	2262	2616			27.00	8.49	-4.479	
9	10.850	4.465	2262	2616			25.45	5.15	-3.271	
10	12.387	0.000	372	0	-1621	-6731	0.00	0.00	0.000	

Tabel 3.13.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal Dwarskr			Normaal Dwarskr		
						Moment			Moment		
		Horizontaal		Verticaal		[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
1	RHBK160*160*5.					12609	7214	0	12609	7214	26995
2	1e Spant	-88.9	-190.7			4364	-10509	26995	4516	-10835	8742
3	1e Spant	-88.9	-190.7			5461	-6974	8742	5613	-7300	-3463
4	1e Spant	-88.9	-190.7			6557	-3438	-3463	6709	-3765	-9623
5	1e Spant	-88.9	-190.7			7654	97	-9623	7806	-229	-9736
6	1e Spant	88.9	-190.7			6152	-3584	-9736	6000	-3910	-16144
7	1e Spant	88.9	-190.7			5056	-584	-16144	4904	-910	-17422
8	1e Spant	88.9	-190.7			3959	2416	-17422	3807	2090	-13568
9	1e Spant	88.9	-190.7			2863	5417	-13568	2711	5091	-4583
10	RHBK50*25*2.0					0	0	0	0	0	0
11	RHBK160*160*5.					6735	1225	0	6735	1225	4583

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-52467	-19598	e-g	0.532	910	1	0.22	0.26
1.55- 3.10	-19126	11465	g-g	0.377	644	1	0.08	0.09

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.36 - 0.2) * (|-52467| / (0.919 * 237952 / 1.0))) = 0.93 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-52467| / (0.919 * 237952 / 1.0))) = 1.07 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 1.07) = 0.93 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-52467| / (0.919 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.240 + 0.000 = 0.240 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-52467| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.259 + 0.000 = 0.259 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.240, 0.259) = 0.259$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -52467 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-52467| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.97$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-52467| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.09$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.97, 1.09) = 0.97$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.58$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-52467| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.259 + 0.000 = 0.259$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-52467| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.237 + 0.000 = 0.237$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.259, 0.237) = 0.259$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-52467|}{237952} = 0.22$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 46007 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|46007|}{237952} = 0.19$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.22 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.3 Controle van de onderrand:

3.13.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.13.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.13.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	69669	24114	1920
1.55 - 3.10	24587	-5852	1710
3.10 - 4.65	-5380	-20702	1710
4.65 - 6.20	-20230	-20436	1710
6.20 - 7.75	-21263	-37361	1710
7.75 - 9.30	-37833	-41103	1710
9.30 - 10.85	-41575	-32017	1710
10.85 - 12.40	-32489	-10103	1920

3.13.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.13.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
1.55- 3.10	24587	-5852	g-g	0.826	1413	1	0.02	0.03
3.10- 4.65	-5380	-20702	g-g	1.013	1732	1	0.09	0.12
4.65- 6.20	-20230	-20436	g-n	1.213	2074	1	0.09	0.13
6.20- 7.75	-21263	-37361	n-g	1.082	1851	1	0.16	0.22
7.75- 9.30	-37833	-41103	g-g	1.231	2105	1	0.17	0.27
9.30-10.85	-41575	-32017	g-g	1.185	2026	1	0.17	0.26
10.85-12.40	-32489	-10103	g-e	0.870	1670	1	0.14	0.18

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.83 - 0.2) * (|-41103| / (0.644 * 237952 / 1.0))) = 1.05 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-41103| / (0.644 * 237952 / 1.0))) = 1.09 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.05, 1.09) = 1.05 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-41103| / (0.644 * 237952 / 1.0) + 1.05 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.268 + 0.000 = 0.268 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-41103| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.191 + 0.000 = 0.191 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.268, 0.191) = 0.268$$

- controle: $0.27 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -41575 + |2416|/\tan(39.3) = -41575$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot \alpha_{rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-41575| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.41$$

$$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-41575| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.46$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.41, 0.46) = 0.41$$

$$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.25$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-41575| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.41 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0) \\ = 0.193 + 0.000 = 0.193$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-41575| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.25 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0) \\ = 0.181 + 0.000 = 0.181$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.193, 0.181) = 0.193$$

- controle: $0.19 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.13.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-41575|}{237952} = 0.17$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 69669$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|69669|}{237952} = 0.29$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.29 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

3.13.3.4 Controle van de diagonalen:

3.13.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -10835 \text{ N}$ (zie tabel 3.13.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-10835|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{10835}{\sin(39.3)} = 17106 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $17106 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 5417 \text{ N}$ (zie tabel 3.13.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 5417$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{5417}{\sin(39.3)} = 8551 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $8551 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -7300 \text{ N}$ (zie tabel 3.13.3.1)
 - $|Q_{maxd}| \quad |-7300|$
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{7300}{\sin(39.3)} = 11525 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $11525 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 2416 \text{ N}$ (zie tabel 3.13.3.1)
 - $Q_{maxt} \quad 2416$
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{2416}{\sin(39.3)} = 3815 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $3815 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 17106 N			Nd = 11525 N		
Nt = 8551 N			Nt = 3815 N		
Fstev = 6617 N			Fstev = 2952 N		
Fstlo = 5417 N			Fstlo = 2416 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 13237 N			Fsdev = 8918 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	30.33 N/mm ²	30.33 N/mm ²	13.53 N/mm ²	13.53 N/mm ²	
Tau2	52.39 N/mm ²	52.39 N/mm ²	23.37 N/mm ²	23.37 N/mm ²	
Sgm1	30.33 N/mm ²	30.33 N/mm ²	13.53 N/mm ²	13.53 N/mm ²	
SgmWst	63.02 N/mm ²	63.02 N/mm ²	28.11 N/mm ²	28.11 N/mm ²	
UC1	0.30	0.30	0.14	0.14	
UC2	0.11	0.11	0.05	0.05	
SgmWsd	104.81 N/mm ²	104.81 N/mm ²	70.61 N/mm ²	70.61 N/mm ²	
UC3	0.50	0.50	0.34	0.34	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.15	0.15	0.07	0.07	
UCd1	0.30	0.30	0.20	0.20	
UCLas	0.50	0.50	0.34	0.34	

UCdia	0.30	0.30	0.20	0.20	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.50		0.34		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.50 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 765 * (-1.07 - (-0.30)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.543 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 765 * (-1.00 - (-0.30)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.451 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 0.543 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 215370 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 215370) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.13.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{gvert} = 9167.6 \text{ N/mm (zie 4.7)}$$

 De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
 - Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

 Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$
 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm (zie 4.8)}$
 - Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = 0 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 237952 \text{ N (zie 4.6)}$
 - Controle: $0 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.13.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	26995	4364	-10509	0	0	-10447	14774
12.40	-4583	2711	5091	0	11530	-5186	13666

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 14774 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 14774 N < 180864 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.13.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	26995	4364	-10509	0	66771	-10447	68386
12.40	-4583	2711	5091	0	0	-5186	7335

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + N_t$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 68386 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 68386 N < 180864 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 11.5$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $11.5 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 66.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $66.8 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.13.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	26995	4364	-10509	0	0	67244	0.04	0.36
12.40	-4583	2711	5091	0	11611	0	0.09	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 11611 \cdot 25.0 = 145 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $145 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 67244 \cdot 25.0 = 841 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $841 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.13.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.09	0.00	16.09	18.58	0.09	0.06
verticaal	12.97	3.61	12.97	15.12	0.07	0.05
schotjes	12.97	3.61	12.97	15.12	0.07	0.05
kopplaat horizontaal	16.42	0.00	16.42	18.97	0.09	0.06
verticaal	13.41	3.48	13.41	15.61	0.08	0.05
schotjes	3.02	15.48	3.02	9.59	0.05	0.01

Controle: $0.09 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.13.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	65.66	0.00	65.66	75.81	0.36	0.23
verticaal	60.53	5.92	60.53	69.98	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	65.66	0.00	65.66	75.81	0.36	0.23
verticaal	60.53	5.92	60.53	69.98	0.34	0.21
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.36 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.13.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9736	7806	-229	27657	-1442	27732
6.20	-9736	6152	-3584	27714	-4548	28450

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 28450 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 28450 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.13.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9736	7806	-229	0	-1442	2039
6.20	-9736	6152	-3584	0	-4548	6432

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 6432 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 6432 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 27.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 27.7 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.13.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-9736	7806	-229	27828	0	0.18	0.00
6.20	-9736	6152	-3584	27884	0	0.19	0.01

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 349$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 349 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{ht, eff} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0N$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.13.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	33.34	0.00	33.34	38.50	0.19	0.12
verticaal	31.14	2.54	31.14	35.99	0.17	0.11
schotjes	31.14	2.54	31.14	35.99	0.17	0.11
kopplaat horizontaal	34.32	0.00	34.32	39.63	0.19	0.12
verticaal	32.20	2.45	32.20	37.21	0.18	0.11
schotjes	2.12	37.18	2.12	21.61	0.10	0.01

Controle: 0.19 < 1.00, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Tabel 3.13.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	1.75	0.00	1.75	2.02	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.02	0.00	1.17	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	1.75	0.00	1.75	2.02	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.02	0.00	1.17	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: 0.01 < 1.00, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

3.13.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 0$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

- $\sigma = \frac{0}{280.6} = 0.0 \text{ N/mm}^2$
- controle : $0.0 \text{ N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$, dus: sterkte voldoet.

3.13.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	-8.25
-----+	

Maximale waarde is: -8.25 mm

Uitdijen van de hele kas: -8.25 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0 \text{ mm}$;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0 \text{ mm}$, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0 \text{ mm}$
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7 \text{ mm}$, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.14 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.00 * 745 * 1.03)$ = 765 N/m²
 $(f_{Cdim} = C_{dim}; l_r * C_{dim}; p_{ar}/C_{dim} = 0.87 * 0.85 / 0.72 = 1.03)$

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(0.90 * 300)$ = 270 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(0.90 * 70) * 4.00$ = 252 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(0.90 * 175.1)$ = 157.6 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $0.00 * \max(0, 1000) + 0.00 * 0$ = 0 N
 - Windbelasting : $(1.50 * 745)$ = 1118 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand $\psi = 1/231$ (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = (4.000 - 0.5 * 3.742) * (1118 * (+0.64 - (0.20))) * 4.00 = -2367 \text{ N}$
 - $F_{g,hor} = -[1118 * (-0.53 - (0.20))] * \tan(25.00)$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] = -2367 \text{ N}$
- Verticale belasting:
 - $F_{k,vert} = -0.5 * (270 + 0 + [1118 * (-0.53 - (0.20))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 252 = 1449 \text{ N}$
 - $F_{g,vert} = -(270 + 0 + [1118 * (-0.53 - (0.20))]) + 0 + 0$
 $* 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 0 = 3402 \text{ N}$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 $Q_{g1} = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xgmin} = 2/384 * (Q_{g1} * 4000^4) / (E_{staal,g} * d_{toel1}) = 553571 \text{ mm}^4$

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

3.14.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

3.14.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:
Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 0.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	qtral = 193.2 N/m
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.s = 140 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	Fgt.m = 280 N
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	qdek.L = 985.7 N/m
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L1 = -1197.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L2 = -1197.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L3 = -1197.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L4 = -1197.7 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Lm1 = -1197.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Lm2 = -1197.7 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Le1 = -1197.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 1.00*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Le2 = -1197.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 382 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 2832 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 2466 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cp1)	
	goothoogte	= 1.00*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 3469 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cp1)	
	fundatiehoogte	= 1.00*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 3021 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 0.00*280.0 + 0.90*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 173.9 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 0.90*140.0	Fgt.s = 126 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 0.90*280.0	Fgt.m = 252 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 413.7 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [0.90*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 887.1 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L1 = -2387.9 N/m
	- 2e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L2 = -2387.9 N/m
	- 3e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L3 = -2387.9 N/m
	- 4e kaphelft	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.L4 = -2387.9 N/m
	- Middenkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Lm1 = -2387.9 N/m
	- Middenkap rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Lm2 = -2387.9 N/m
	- Eindkap links	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Le1 = -2387.9 N/m
	- Eindkap Rechts	= 887.1 + 1.50*2980.3*(-0.53-0.20)	qdek.Le2 = -2387.9 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.03*0.47*1.50*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 573 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.6 -0.2)	Fhw.gt = 4248 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.6 -0.2)	Fhw.fh = 3700 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 1.50*6371.9*(0.3 +0.2)	Fhw.gt = 5204 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 1.50*5549.1*(0.3 +0.2)	Fhw.fh = 4532 N

Tabel 3.14.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen			
	Rekontoestand		Oplegreacties				gebruikstoestand			
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn	
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]	
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Vert.	
1	-0.013	0.000	3717	0	-11170	-15093	0.00	0.00	0.000	
2	0.000	3.742	3047	1449			32.57	-0.08	0.000	
3	1.550	4.465	-2367	3402			32.71	-0.33	1.559	
4	3.100	5.187	-2367	3402			32.11	1.03	1.343	
5	4.650	5.910	-2367	3402			31.32	2.83	0.647	
6	6.200	6.633	0	3402			30.54	4.58	0.000	
7	7.750	5.910	2367	3402			31.27	6.07	-2.935	
8	9.300	5.187	2367	3402			31.37	6.22	-4.388	
9	10.850	4.465	2367	3402			30.46	4.21	-3.456	
10	12.387	0.000	4554	0	-6514	-9465	0.00	0.00	0.000	

Tabel 3.14.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					15119	7399	0	15119	7399	27685
2	1e Spant	-66.6	-142.8			9759	-10504	27685	9873	-10748	9512
3	1e Spant	-66.6	-142.8			10580	-6664	9512	10694	-6908	-2093
4	1e Spant	-66.6	-142.8			11402	-2824	-2093	11516	-3069	-7133
5	1e Spant	-66.6	-142.8			12223	1015	-7133	12337	771	-5605
6	1e Spant	66.6	-142.8			9959	-5872	-5605	9845	-6116	-15856
7	1e Spant	66.6	-142.8			9137	-2032	-15856	9023	-2276	-19540
8	1e Spant	66.6	-142.8			8316	1808	-19540	8202	1563	-16658
9	1e Spant	66.6	-142.8			7494	5647	-16658	7381	5403	-7208
10	RHBK50*25*2.0					0	0	0	0	0	0
11	RHBK160*160*5.					9472	1926	0	9472	1926	7208

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor-	Knfct staaf-	Knik- lengte	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"	den	lengte m×n	[mm]			
0.00- 1.55	-51502	-18845	e-g	0.531	908	1	0.22	0.25
1.55- 3.10	-18491	10581	g-g	0.377	644	1	0.08	0.09
3.10- 4.65	10934	23589	g-g	0.377	644	1	0.00	0.00

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.36 - 0.2) * (|-51502| / (0.920 * 237952 / 1.0))) = 0.93 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-51502| / (0.920 * 237952 / 1.0))) = 1.07 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 1.07) = 0.93 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-51502| / (0.920 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.235 + 0.000 = 0.235 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-51502| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.254 + 0.000 = 0.254 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.235, 0.254) = 0.254$$

- controle: $0.25 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -51502 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-51502| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.97$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-51502| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.08$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.97, 1.08) = 0.97$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.58$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-51502| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.254 + 0.000 = 0.254$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-51502| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.233 + 0.000 = 0.233$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.254, 0.233) = 0.254$$

- controle: $0.25 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-51502|}{237952} = 0.22$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 53362 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|53362|}{237952} = 0.22$$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.22 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.3 Controle van de onderrand:

3.14.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.14.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.14.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	74092	28718	1920
1.55 - 3.10	29071	114	1710
3.10 - 4.65	467	-12074	1710
4.65 - 6.20	-11720	-7844	1710
6.20 - 7.75	-9034	-34717	1710
7.75 - 9.30	-35071	-44339	1710
9.30 - 10.85	-44692	-37543	1710
10.85 - 12.40	-37897	-14331	1920

3.14.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.14.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte $\beta_m \times \beta_n$	Knik- lengte PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
3.10- 4.65	467	-12074	g-g	0.896	1533	1	0.05	0.06
4.65- 6.20	-11720	-7844	g-n	1.119	1914	1	0.05	0.07
6.20- 7.75	-9034	-34717	n-g	0.975	1667	1	0.15	0.19
7.75- 9.30	-35071	-44339	g-g	1.191	2037	1	0.19	0.28
9.30-10.85	-44692	-37543	g-g	1.206	2063	1	0.19	0.29
10.85-12.40	-37897	-14331	g-e	0.886	1701	1	0.16	0.21

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.81 - 0.2) * (|-44692| / (0.655 * 237952 / 1.0))) = 1.06 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-44692| / (0.655 * 237952 / 1.0))) = 1.11 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.06, 1.11) = 1.06 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44692| / (0.655 * 237952 / 1.0) + 1.06 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.287 + 0.000 = 0.287 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44692| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.63 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.208 + 0.000 = 0.208 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.287, 0.208) = 0.287$$

- controle: 0.29 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -44692 + 1808 / \tan(39.3) = -44692$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{bd} \cdot e_{l,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-44692| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-44692| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.47$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.42, 0.47) = 0.42$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.25$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NR_k / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-44692| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.42 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.208 + 0.000 = 0.208$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NR_k / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{z.Ed}| / (1.00 \cdot M_{z.Rk} / 1.0)$
 $= |-44692| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.25 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.195 + 0.000 = 0.195$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.208, 0.195) = 0.208$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.14.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

- $UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-44692|}{237952} = 0.19$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 74092$ N

- $UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|74092|}{237952} = 0.31$

Trek is maatgevend.

- Controle: $0.31 < 1.00$, dus de treksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.4 Controle van de diagonalen:

3.14.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -10748 \text{ N}$ (zie tabel 3.14.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{10748}{\sin(39.3)} = 16968 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $16968 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 5647 \text{ N}$ (zie tabel 3.14.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{5647}{\sin(39.3)} = 8915 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $8915 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -6908 \text{ N}$ (zie tabel 3.14.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{6908}{\sin(39.3)} = 10906 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $10906 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 1808 \text{ N}$ (zie tabel 3.14.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{1808}{\sin(39.3)} = 2854 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $2854 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 16968 N			Nd = - 10906 N		
Nt = 8915 N			Nt = 2854 N		
Fstev = 6899 N			Fstev = 2208 N		
Fstlo = 5647 N			Fstlo = 1808 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 13130 N			Fsdev = 8439 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	31.62 N/mm ²	31.62 N/mm ²	10.12 N/mm ²	10.12 N/mm ²	
Tau2	54.62 N/mm ²	54.62 N/mm ²	17.48 N/mm ²	17.48 N/mm ²	
Sgm1	31.62 N/mm ²	31.62 N/mm ²	10.12 N/mm ²	10.12 N/mm ²	
SgmWst	65.70 N/mm ²	65.70 N/mm ²	21.03 N/mm ²	21.03 N/mm ²	
UC1	0.32	0.32	0.10	0.10	
UC2	0.11	0.11	0.04	0.04	
SgmWsd	103.96 N/mm ²	103.96 N/mm ²	66.82 N/mm ²	66.82 N/mm ²	
UC3	0.50	0.50	0.32	0.32	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.16	0.16	0.05	0.05	
UCd1	0.30	0.30	0.19	0.19	
UClas	0.50	0.50	0.32	0.32	

UCdia	0.30	0.30	0.19	0.19	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClaS	0.50		0.32		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClaS = 0.50 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, \text{links} = [300 + 765 * (-0.53 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.494 \text{ Nm}$$

$$Qg, \text{rechts} = [300 + 765 * (-0.53 - (+0.20)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = -0.494 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, \text{links}| ; |Qg, \text{rechts}|) = 0.494 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 195947 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 195947) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.14.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)
- Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = 0 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal: $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $0 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.14.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	27685	9759	-10504	0	0	-11582	16379
12.40	-7208	7381	5403	0	20097	-6456	22074

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 22074 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 22074 N < 180864 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.14.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	27685	9759	-10504	0	70930	-11582	72796
12.40	-7208	7381	5403	0	0	-6456	9131

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M + N_t$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 72796 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 72796 N < 180864 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 20.1$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $20.1 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 70.9$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $70.9 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.14.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	27685	9759	-10504	0	0	71415	0.04	0.39
12.40	-7208	7381	5403	0	20224	0	0.15	0.01

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 20224 \cdot 25.0 = 253 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $253 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 71415 \cdot 25.0 = 893 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $893 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.14.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	25.90	0.00	25.90	29.91	0.14	0.09
verticaal	22.59	3.83	22.59	26.17	0.13	0.08
schotjes	22.59	3.83	22.59	26.17	0.13	0.08
kopplaat horizontaal	26.56	0.00	26.56	30.66	0.15	0.09
verticaal	23.35	3.70	23.35	27.05	0.13	0.08
schotjes	3.20	26.96	3.20	16.00	0.08	0.01

Controle: $0.15 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Tabel 3.14.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	69.42	0.00	69.42	80.16	0.39	0.24
verticaal	64.30	5.92	64.30	74.33	0.36	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	69.42	0.00	69.42	80.16	0.39	0.24
verticaal	64.30	5.92	64.30	74.33	0.36	0.22
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.39 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.14.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-5605	12337	771	19668	-3306	20216
6.20	-5605	9959	-5872	19668	-7426	22296

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 22296 \quad N$ (zie tabel)
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 22296 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.14.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-5605	12337	771	0	-3306	4675
6.20	-5605	9959	-5872	0	-7426	10502

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 10502 \quad N$ (zie tabel)
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 10502 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 19.7$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 19.7 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.14.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-5605	12337	771	19766	0	0.13	0.00
6.20	-5605	9959	-5872	19766	0	0.15	0.02

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 247$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 247 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.14.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	25.68	0.00	25.68	29.65	0.14	0.09
verticaal	22.08	4.16	22.08	25.60	0.12	0.08
schotjes	22.08	4.16	22.08	25.60	0.12	0.08
kopplaat horizontaal	26.30	0.00	26.30	30.37	0.15	0.09
verticaal	22.82	4.02	22.82	26.46	0.13	0.08
schotjes	3.48	26.36	3.48	15.74	0.08	0.01

Controle: $0.15 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Tabel 3.14.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	2.86	0.00	2.86	3.31	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.31	0.00	1.91	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	2.86	0.00	2.86	3.31	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.31	0.00	1.91	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

3.14.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 0$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

- $\sigma = \frac{0}{280.6} = 0.0$ N/mm²
- controle : 0.0 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.14.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	-4.09
-----+	

Maximale waarde is: -4.09 mm

Uitdijen van de hele kas: -4.09 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.15 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.00 * 300)$ = 300 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.00 * 70) * 4.00$ = 280 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.00 * 175.1)$ = 175.1 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $1.00 * \max(0, 1000) + 1.00 * 0$ = 1000 N
 - Gewasbelasting : $(1.00 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.00 * 70)$ = 70 N/m²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:
 - Eigen gewicht dek : $(1.35 * 300)$ = 405 N/m²
 - Eigen gewicht van de goot: $(1.35 * 70) * 4.00$ = 378 N
 - E.G. spantbeen 1e spant : $(1.35 * 175.1)$ = 236.4 N/m
- Variabele belastingen:
 - Vert. puntlast: $1.50 * \max(0, 1000) + 1.35 * 0$ = 1500 N
 - Gewasbelasting : $(1.50 * 0)$ = 0 N/m²
 - Installaties : $(1.35 * 70)$ = 95 N/m²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand $\psi = 1/231$ (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 - $F_{k,hor} = 0$ N (geen windbelasting)
 - $F_{g,hor} = 0$ N
- Verticale belasting:
 - $F_{k,vert} = -0.5 * (405 + 0 + 0 + 95) * 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] - 378 = -1926$ N
 - $F_{g,vert} = -(405 + 0 + 0 + 95) * 4.00 * 12.40 / [2 * (3+1)] + 1500 = -4597$ N

n.b. Er wordt gerekend met één verticale puntlast per overspanning van 12.40 m De belasting is gemodelleerd als een verticale puntlast ter plaatse van de eerste gording.

e) Belastingen op gordingen:

- Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.
- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 - $Q_{g1} = 300 * 12.40 / [2 * (3+1)] = 465$ Nm
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 - $d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3$ mm
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 - $I_{xgmin} = 2/384 * (Q_{g1} * 4000^4) / (E_{staal,g} * d_{toel1}) = 553571$ mm⁴

3.15.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.15.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	+	Tekenafspreek
														+
gevel *	*	°\	\	/°\	\	/°\...	/°\	\	/°*	*				
druk +	1e kap	2e kap				middenkappen	x aantal hor.		eindkap +	gevel Druk in				
										zuig de kas				
										*)				
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00..x0	+0.00	+0.00	+0.00	0.00			

3.15.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.35
Installaties	1.00	1.35
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.50

3.15.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas		
		= 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral =	473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*qgoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s =	140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*qgoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m =	280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*sin(dek)		
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E =	459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneeuw]*cos(dek)		
		= [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L =	985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)		
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 =	985.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 =	985.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 =	985.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 =	985.7 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 =	985.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 =	985.7 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 =	985.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 =	985.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'		
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf =	0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)		
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt =	0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)		
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh =	0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)		
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt =	0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)		
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh =	0 N

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.35*280.0 + 1.35*193.2 + 1.50*0.0	qtral = 638.8 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.35*140.0	Fgt.s = 189 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.35*280.0	Fgt.m = 378 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.35*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 620.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.35*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 1330.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 1330.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 1330.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 1330.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 1330.7 N/m
	- Middenkap links	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 1330.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 1330.7 N/m
	- Eindkap links	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 1330.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 1330.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 1330.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.15.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.013	0.000			1092	15849	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	0	-1926			-0.79	-0.07	0.000
3	1.550	4.465	0	-4597			0.03	-2.01	1.242
4	3.100	5.187	0	-3097			0.53	-3.26	1.734
5	4.650	5.910	0	-3097			0.56	-3.50	1.104
6	6.200	6.633	0	-3097			0.40	-3.31	0.000
7	7.750	5.910	0	-3097			0.26	-3.46	1.057
8	9.300	5.187	0	-3097			0.30	-3.20	1.660
9	10.850	4.465	0	-4597			0.80	-1.95	1.177
10	12.387	0.000			-1092	15917	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.15.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					-15852	-1036	0	-15852	-1036	-3876
2	1e Spant	-99.9	-214.2	-99.9	-214.2	-20710	5704	-3876	-20539	5338	5567
3	1e Spant	-99.9	-214.2	-99.9	-214.2	-18596	1172	5567	-18425	805	7257
4	1e Spant	-99.9	-214.2	-99.9	-214.2	-17116	-2001	7257	-16945	-2368	3521
5	1e Spant	-99.9	-214.2	-99.9	-214.2	-15637	-5175	3521	-15466	-5541	-5642
6	1e Spant	99.9	-214.2	99.9	-214.2	-15495	5479	-5642	-15665	5113	3415
7	1e Spant	99.9	-214.2	99.9	-214.2	-16974	2306	3415	-17145	1940	7045
8	1e Spant	99.9	-214.2	99.9	-214.2	-18454	-867	7045	-18625	-1234	5249
9	1e Spant	99.9	-214.2	99.9	-214.2	-20568	-5400	5249	-20738	-5766	-4299
10	RHBK50*25*2.0					15266	0	0	15266	0	0
11	RHBK160*160*5.					-15913	1149	0	-15913	1149	4299

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]	Rand- voor- waar- den	Knfc staaf- lengte $\beta m \times \beta n$	Knk- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin" "einde"						
0.00- 1.55	-7634 -24186	e-g	0.522	893	1	0.10	0.12
1.55- 3.10	-23214 -27355	g-g	0.562	961	1	0.11	0.14
3.10- 4.65	-26701 -17275	g-g	0.532	910	1	0.11	0.13
4.65- 6.20	-16621 -396	g-n	0.479	820	1	0.07	0.08
6.20- 7.75	-335 -16370	n-g	0.559	957	1	0.07	0.08
7.75- 9.30	-17025 -26186	g-g	0.532	910	1	0.11	0.13
9.30-10.85	-26840 -22435	g-g	0.560	958	1	0.11	0.13
10.85-12.40	-23406 -6665	g-e	0.499	854	1	0.10	0.12

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.38 - 0.2) * (|-27355| / (0.909 * 237952 / 1.0))) = 0.92 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-27355| / (0.909 * 237952 / 1.0))) = 0.99 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.92, 0.99) = 0.92 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-27355| / (0.909 * 237952 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.127 + 0.000 = 0.127 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-27355| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.135 + 0.000 = 0.135 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.127, 0.135) = 0.135$$

- controle: $0.14 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -27355 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-27355| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.93$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-27355| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.93, 1.00) = 0.93$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.56$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-27355| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.135 + 0.000 = 0.135$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-27355| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.124 + 0.000 = 0.124$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.135, 0.124) = 0.135$$

- controle: $0.14 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-27355|}{237952} = 0.11$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.11 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.3 Controle van de onderrand:

3.15.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.15.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.15.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-20044	3647	1920
1.55 - 3.10	4618	8930	1710
3.10 - 4.65	9585	329	1710
4.65 - 6.20	984	-21838	1710
6.20 - 7.75	-21853	705	1710
7.75 - 9.30	50	9041	1710
9.30 - 10.85	8386	3810	1710
10.85 - 12.40	2838	-21118	1920

3.15.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.15.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte $\beta_m \times \beta_n$	Knik- lengte PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-20044	3647	e-g	0.595	1142	1	0.08	0.10
4.65- 6.20	984	-21838	g-n	0.875	1496	1	0.09	0.12
6.20- 7.75	-21853	705	n-g	0.860	1471	1	0.09	0.12
10.85-12.40	2838	-21118	g-e	0.754	1448	1	0.09	0.11

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.59 - 0.2) * (|-21838| / (0.792 * 237952 / 1.0))) = 0.94 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-21838| / (0.792 * 237952 / 1.0))) = 0.98 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.94, 0.98) = 0.94 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-21838| / (0.792 * 237952 / 1.0) + 0.94 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.116 + 0.000 = 0.116 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-21838| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.102 + 0.000 = 0.102 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.116, 0.102) = 0.116$$

- controle: 0.12 < 0.95, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -21853 + |5479|/\tan(39.3) = -21853$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld} = 1/4 * 0 * 855 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v_{qgew} * h_{ohgew} + \gamma * v_{qtg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.50 * 4.00 * 0 * 0.80 + 1.35 * 4.00 * 0 * 1.60 = 0$ N)
- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 855 = 684$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.80 (het profiel is geschoord).
 M1 = -0.00, M2 = -0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{bdarel.z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * 0.39 * (|-21853| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.82$$

$$Kz.3 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * (|-21853| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.85$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.82, 0.85) = 0.82$$

$$Ky.b = 0.8 * Kz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-21853| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.82 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.102 + 0.000 = 0.102$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-21853| / (0.965 * 237952 / 1.0) + 0.66 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.095 + 0.000 = 0.095$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.102, 0.095) = 0.102$$

- controle: $0.10 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.15.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-21853|}{237952} = 0.09$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 9585$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|9585|}{237952} = 0.04$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.09 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.4 Controle van de diagonalen:

3.15.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -5766$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{-5766}{\sin(39.3)} = 9103$ N
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $9103 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 5704$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{5704}{\sin(39.3)} = 9005$ N
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $9005 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -2368$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{-2368}{\sin(39.3)} = 3738$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $3738 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 2306$ N (zie tabel 3.15.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{2306}{\sin(39.3)} = 3640$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $3640 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd =	9103 N		Nd =	3738 N	
Nt =	9005 N		Nt =	3640 N	
Fstev =	6968 N		Fstev =	2817 N	
Fstlo =	5704 N		Fstlo =	2306 N	
Msdt =	0.00 Nm		Msdt =	0.00 Nm	
Fsdev =	7044 N		Fsdev =	2893 N	
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	31.94 N/mm ²	31.94 N/mm ²	12.91 N/mm ²	12.91 N/mm ²	
Tau2	55.17 N/mm ²	55.17 N/mm ²	22.30 N/mm ²	22.30 N/mm ²	
Sgm1	31.94 N/mm ²	31.94 N/mm ²	12.91 N/mm ²	12.91 N/mm ²	
SgmWst	66.36 N/mm ²	66.36 N/mm ²	26.83 N/mm ²	26.83 N/mm ²	
UC1	0.32	0.32	0.13	0.13	
UC2	0.11	0.11	0.04	0.04	
SgmWsd	55.77 N/mm ²	55.77 N/mm ²	22.90 N/mm ²	22.90 N/mm ²	
UC3	0.27	0.27	0.11	0.11	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.16	0.16	0.06	0.06	
UCd1	0.16	0.16	0.07	0.07	
UClas	0.32	0.32	0.13	0.13	

UCdia	0.16	0.16	0.07	0.07	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClaS	0.32		0.13		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClaS = 0.32 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 0.465 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 184524 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 184524) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.15.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm (zie 4.8)}$
- Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $Ngv = F_{vg} = -2807 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $F_{gvertd} = 237952 \text{ N (zie 4.6)}$
- Controle: $-2807 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid
bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.15.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-3876	-20710	5704	15266	1442	9546	13577
12.40	-4299	-20738	-5766	15266	2494	9608	13815

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 13815 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 13815 N < 180864 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.15.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-3876	-20710	5704	15266	0	9546	13500
12.40	-4299	-20738	-5766	15266	0	9608	13588

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
- Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
- Nt is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Teken dwarskracht bij beginpositie sn=+1 en bij eindpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ + Nt met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 13588 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 180864 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 13588 N < 180864 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 2.5$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $2.5 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0.0 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.15.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	-3876	-20710	5704	15266	1510	0	0.03	0.02
12.40	-4299	-20738	-5766	15266	2569	0	0.04	0.02

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 2569 \cdot 25.0 = 32 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $32 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro}(\max) \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0 \text{ Nm}$
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909 \text{ Nm}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $0 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.15.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.41	0.00	6.41	7.40	0.04	0.02
verticaal	2.87	4.09	2.87	4.07	0.02	0.01
schotjes	2.87	4.09	2.87	4.07	0.02	0.01
kopplaat horizontaal	6.38	0.00	6.38	7.37	0.04	0.02
verticaal	2.97	3.95	2.97	4.11	0.02	0.01
schotjes	3.42	3.43	3.42	4.41	0.02	0.01

Controle: $0.04 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Tabel 3.15.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	2.81	0.00	2.81	3.25	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.25	0.00	1.87	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	2.81	0.00	2.81	3.25	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.25	0.00	1.87	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.15.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-5642	-15466	-5541	5827	8290	13092
6.20	-5642	-15495	5479	5827	8240	13029

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 13092 \quad N$ (zie tabel)

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 13092 N < 90432 N, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.15.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-5642	-15466	-5541	0	8290	11724
6.20	-5642	-15495	5479	0	8240	11653

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 11724 \quad N$ (zie tabel)
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: 11724 N < 90432 N, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 5.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 5.8 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.15.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	N	Q	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-5642	-15466	-5541	5926	0	0.06	0.02
6.20	-5642	-15495	5479	5926	0	0.06	0.01

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ Nm}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{trb(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 74$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 74 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{- Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ Nm}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 \cdot F_{tro(max)} \cdot e = 0.5 \cdot 0 \cdot 25.0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.15.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	10.02	0.00	10.02	11.57	0.06	0.03
verticaal	6.62	3.93	6.62	7.97	0.04	0.02
schotjes	6.62	3.93	6.62	7.97	0.04	0.02
kopplaat horizontaal	10.13	0.00	10.13	11.69	0.06	0.04
verticaal	6.84	3.79	6.84	8.20	0.04	0.02
schotjes	3.28	7.90	3.28	5.93	0.03	0.01

Controle: $0.06 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Tabel 3.15.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	2.70	0.00	2.70	3.12	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.12	0.00	1.80	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	2.70	0.00	2.70	3.12	0.02	0.01
verticaal	0.00	3.12	0.00	1.80	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

3.15.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 15266$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

15266

- $\sigma = \frac{15266}{280.6} = 54.4$ N/mm²

- controle : 54.4 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.15.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	2.37
-----+	

Maximale waarde is: 2.37 mm

Uitdijen van de hele kas: 2.37 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
 - utoel = utoel-a < utoel-b < umax; MIN(53.3 , 0.0 , 60.0) = 160.0 mm

3.16 B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280	N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 694)	=	694	N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70	N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280	N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 694)	=	694	N/m ²
- Gewas winter	: (1.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70	N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

- Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
- Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.16.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.16.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- K1 = << stijfheid van de tralie kolom, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop >>
- Frame load excl. crop Fv1' = 55471 N (5655 kg)
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only Fv2' = 0 N (0 kg)
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 355498, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$

- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5655, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$

- Modal eigenvector $[\Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$

- Solving 2x2 matrix: $[\Phi] = \begin{bmatrix} \Phi1= 1.0000, \Phi2= 0.0000 \\ \Phi3= 0.0063, \Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass $[M_n] = [\Phi]^T * [M_s] * [\Phi]$

- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1= 5654.8, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$

- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ Freq1 = 62.864 1/s²
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ Freq2 = 0.401 1/s²
- No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 355498/5655$ Freq3 = 62.864 1/s²
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 355498/(5655 + 0)$ Freq4 = 62.864 1/s²

- The period of motion:

- Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2*\pi/(62.864)^{0.5}$ Ts1 = 0.792 s
- Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2*\pi/(0.401)^{0.5}$ Ts2 = 9.922 s
- No crops : $Ts3 = 2*\pi/(62.864)^{0.5}$ Ts3 = 0.792 s
- Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2*\pi/(62.864)^{0.5}$ Ts4 = 0.792 s

3.16.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

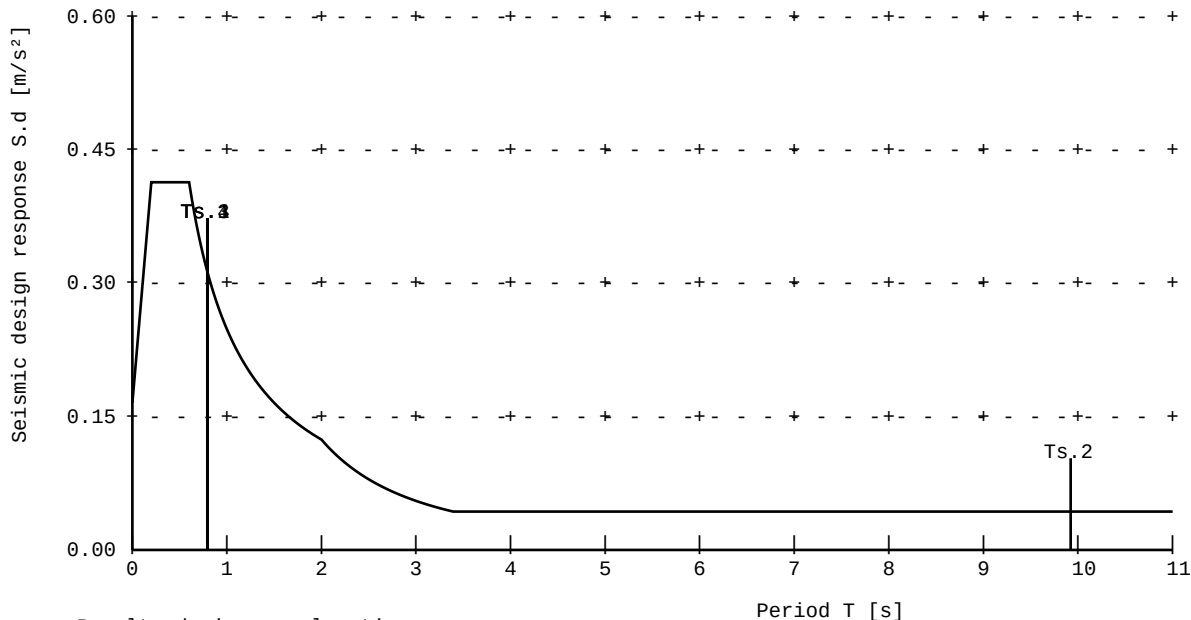
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 5\%$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts.1, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.31310 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts.2, q) * 1.5 = S.d(9.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts.3, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.31310 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts.4, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.31310 \text{ m/s}^2$

3.16.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i1} + Mass2 \cdot \Phi_{i3})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i1}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{(5655.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0063)}{(5655.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0063^2)} \quad k_{e1} = 1.00002$
- $k_{e2} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i2} + Mass2 \cdot \Phi_{i4})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i2}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{(5655.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000)}{(5655.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)} \quad k_{e2} = 0.00000$
- Horizontal seismic forces:
- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i1} = 0.31310 \cdot 1.0000 \cdot 5655.0 \cdot 1.0000 \quad F1 = 1771 \quad N$
 $F3 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i3} = 0.31310 \cdot 1.0000 \cdot 0.0 \cdot 0.0063 \quad F3 = 0 \quad N$
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 5655.0 \cdot 0.0000 \quad F2 = 0 \quad N$
 $F4 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000 \quad F4 = 0 \quad N$
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (1771^2 + 0^2)^{0.5} \quad F12 = 1771 \quad N$
 $F34 = (F3^2 + F4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5} \quad F34 = 0 \quad N$
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.31310 \cdot 55471.1 \quad F3 = 1771 \quad N$
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(1771, 1771) \quad F4 = 1771 \quad N$
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.31310 \cdot (55471.1 + 0) \quad F5 = 1771 \quad N$
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 1771 \quad N$
- Per frame $F_{ag}' = 1770.561 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000 \quad N$
- Per frame $F_{ag} = 1770.561 \cdot 1.00$ (ULS condition) $F_{ag} = 1770.561 \quad N$

$$S_d(9) = F4 / F_{vk} = 1771 / 55471 = 0.032 \times g \text{ m/s}^2$$

$$F_{g,hor} = 0 \text{ N}$$

- Verticale belasting:

$$F_{k,vert} = -0.5 \cdot (300 + 694 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] - 280 = -3580 \text{ N}$$

$$F_{g,vert} = -(300 + 694 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] + 0 = -6599 \text{ N}$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek
 $Q_{g1} = 300 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] = 465 \text{ Nm}$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:
 $dtoel1 = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):
 $I_{xgmin} = 2/384 \cdot (Q_{g1} \cdot 4000^4) / (E_{staal,g} \cdot dtoel1) = 553571 \text{ mm}^4$

3.16.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.16.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	+	Tekenafpraak
														+
gevel *	*	°\	\	/	°\	\	/	°\...	/	°\	\	/	°*	*
druk +	1e kap	2e kap					middenkappen						gevel	Druk in
							x aantal hor.						eindkap +	zuig de kas
														*)
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	..x0	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	0.00	

3.16.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	1.00	1.00
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.00
aardbevingen	0.00	1.00

3.16.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 1523.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 3267.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 3267.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 3267.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 3267.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 3267.3 N/m
	- Middenkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 3267.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 3267.3 N/m
	- Eindkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 3267.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 3267.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 1523.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 3267.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 3267.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 3267.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 3267.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 3267.3 N/m
	- Middenkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 3267.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 3267.3 N/m
	- Eindkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 3267.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 3267.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.16.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekentoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.013	0.000			1261	27415	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	885	-3580			-2.05	-0.16	0.000
3	1.550	4.465	0	-6599			-0.10	-4.83	2.885
4	3.100	5.187	0	-6599			1.18	-8.05	4.161
5	4.650	5.910	0	-6599			1.33	-8.79	2.717
6	6.200	6.633	0	-6599			0.96	-8.37	0.000
7	7.750	5.910	0	-6599			0.63	-8.69	2.606
8	9.300	5.187	0	-6599			0.80	-7.90	3.983
9	10.850	4.465	0	-6599			2.07	-4.71	2.730
10	12.387	0.000			-2589	28336	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.16.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					-27419	-1163	0	-27419	-1163	-4353
2	1e Spant	-74.0	-158.7	-37676	8731	-4353	-37550	8459	10347		
3	1e Spant	-74.0	-158.7	-34760	2478	10347	-34634	2207	14353		
4	1e Spant	-74.0	-158.7	-31845	-3774	14353	-31718	-4046	7665		
5	1e Spant	-74.0	-158.7	-28929	-10027	7665	-28803	-10298	-9715		
6	1e Spant	74.0	-158.7	-29192	9463	-9715	-29319	9192	6237		
7	1e Spant	74.0	-158.7	-32108	3211	6237	-32234	2939	11497		
8	1e Spant	74.0	-158.7	-35023	-3042	11497	-35150	-3313	6063		
9	1e Spant	74.0	-158.7	-37939	-9294	6063	-38065	-9566	-10065		
10	RHBK50*25*2.0			28310	0	0	28310	0	0		
11	RHBK160*160*5.			-28327	2690	-0	-28327	2690	10065		

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor-	Knfct staaf- waar- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"	den	lengte [mm]				
0.00- 1.55	-18622	-44642	e-g	0.539	922	1	0.19	0.22
1.55- 3.10	-43247	-53199	g-g	0.557	952	1	0.22	0.26
3.10- 4.65	-51804	-35023	g-g	0.536	917	1	0.22	0.26
4.65- 6.20	-33628	-2694	g-n	0.496	849	1	0.14	0.17
6.20- 7.75	-1869	-30253	n-g	0.567	969	1	0.13	0.15
7.75- 9.30	-31647	-44859	g-g	0.541	925	1	0.19	0.22
9.30-10.85	-46253	-32732	g-g	0.541	925	1	0.19	0.23
10.85-12.40	-34126	-5556	g-e	0.474	810	1	0.14	0.17

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.37 - 0.2) * (|-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0))) = 0.94 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0))) = 1.08 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.94, 1.08) = 0.94 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0) + 0.94 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.246 + 0.000 = 0.246 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.263 + 0.000 = 0.263 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.246, 0.263) = 0.263$$

- controle: 0.26 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -53199 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.97$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.09$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.97, 1.09) = 0.97$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.58$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.263 + 0.000 = 0.263$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-53199| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.240 + 0.000 = 0.240$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.263, 0.240) = 0.263$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-53199|}{237952} = 0.22$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.22 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.3 Controle van de onderrand:

3.16.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.16.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.16.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-29719	7092	1920
1.55 - 3.10	8487	18565	1710
3.10 - 4.65	19959	3304	1710
4.65 - 6.20	4699	-38689	1710
6.20 - 7.75	-38884	934	1710
7.75 - 9.30	-460	12625	1710
9.30 - 10.85	11230	-2418	1710
10.85 - 12.40	-3813	-44194	1920

3.16.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.16.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-29719	7092	e-g	0.586	1124	1	0.12	0.14
4.65- 6.20	4699	-38689	g-n	0.844	1443	1	0.16	0.20
6.20- 7.75	-38884	934	n-g	0.864	1477	1	0.16	0.21
7.75- 9.30	-460	12625	g-g	0.826	1413	1	0.00	0.00
9.30-10.85	11230	-2418	g-g	0.826	1413	1	0.01	0.01
10.85-12.40	-3813	-44194	g-e	0.814	1563	1	0.19	0.24

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.62 - 0.2) * (|-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0))) = 0.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0))) = 1.07 \end{aligned}$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 1.07) = 0.99$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.59$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.000 = 0.239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44194| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.206 + 0.000 = 0.206 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.239, 0.206) = 0.239$$

- controle: $0.24 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -44194 + |-9566|/\tan(39.3) = -44194$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld} = 1/4 * 0 * 855 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v_{qgew} * h_{ohgew} + \gamma * v_{qtg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.00 * 0 * 0.80 + 1.00 * 4.00 * 0 * 1.60 = 0$ N)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 855 = 684$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.80 (het profiel is geschoord).
 $M1 = -0.00$, $M2 = -0.00$, $M3 = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * 0.39 * (|-44194| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.84$$

$$Kz.3 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * (|-44194| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.90$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.84, 0.90) = 0.84$$

$$Ky.b = 0.8 * Kz.b = 0.67$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-44194| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.84 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.206 + 0.000 = 0.206$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-44194| / (0.965 * 237952 / 1.0) + 0.67 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.193 + 0.000 = 0.193$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.206, 0.193) = 0.206$$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.16.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-44194|}{237952} = 0.19$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 19959$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|19959|}{237952} = 0.08$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.4 Controle van de diagonalen:

3.16.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -10298 \text{ N}$ (zie tabel 3.16.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{10298}{\sin(39.3)} = 16258 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $16258 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 9463 \text{ N}$ (zie tabel 3.16.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{9463}{\sin(39.3)} = 14940 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $14940 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -4046 \text{ N}$ (zie tabel 3.16.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{4046}{\sin(39.3)} = 6387 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $6387 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 3211 \text{ N}$ (zie tabel 3.16.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{3211}{\sin(39.3)} = 5069 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $5069 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 16258 N			Nd = 6387 N		
Nt = 14940 N			Nt = 5069 N		
Fstev = 11560 N			Fstev = 3922 N		
Fstlo = 9463 N			Fstlo = 3211 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 12580 N			Fsdev = 4942 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	52.98 N/mm ²	52.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²	
Tau2	91.53 N/mm ²	91.53 N/mm ²	31.06 N/mm ²	31.06 N/mm ²	
Sgm1	52.98 N/mm ²	52.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²	
SgmWst	110.10 N/mm ²	110.10 N/mm ²	37.36 N/mm ²	37.36 N/mm ²	
UC1	0.53	0.53	0.18	0.18	
UC2	0.18	0.18	0.06	0.06	
SgmWsd	99.61 N/mm ²	99.61 N/mm ²	39.13 N/mm ²	39.13 N/mm ²	
UC3	0.48	0.48	0.19	0.19	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.26	0.26	0.09	0.09	
UCd1	0.28	0.28	0.11	0.11	
UCLas	0.53	0.53	0.19	0.19	

UCdia	0.28	0.28	0.11	0.11	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.53		0.19		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.53 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 1.541 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$dtoel2 = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$Ixg, bc = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal}, g * dtoel2) = 611650 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$Ixgmin = \max(Ixg, eg, Ixg, bc) = \max(553571, 611650) = 611650 \text{ mm}^4$$

3.16.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$kgord = 4 * E_{staal}, g * Ixgmin / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k0gvert = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 634.3 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$kgord = 4 * E_{staal}, g * 611650 / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * vak}{4 * Eg * Ig} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 611650} = 15.6 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (ngord + 1) * \cos(25.0) * Gbr * Itbr * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * Eg * Ig} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$MBr = \frac{V2 * hspan}{V2 + V3} = \frac{15.6 * 450}{15.6 + 17.0} = 215.2 \text{ Nm}$$

Moment bij gording Mozk = hspan - Mbr = 450 - 215 = 235 Nmm

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$kor = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * hspan^2 + V2 * hspan * -Mbr} = \frac{1}{311.7 * 350 + 15.6 * 450^2 + 15.6 * 450 * (-215)} = 570.0 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: kcr = 327.5 N/mm (zie 4.8)
- Controle: $570.0 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $Ngv = Fvg = -5981 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal : $Fgvertd = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $-5981 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.16.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4353	-37676	8731	28310	0	15874	22449
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	9757	16713	25570

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $n_{bb} = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $h_{bbout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bb} \cdot h_{bbout}}{\dots} \text{ met } F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \text{ max} = 25570 \text{ N}$ (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \text{ max} = 1.30 \cdot 25570 = 33241 \text{ N}$
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $33241 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.16.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4353	-37676	8731	28310	2277	15874	22564
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	0	16713	23636

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $n_{bo} = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $h_{obout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bo} \cdot h_{obout}}{\dots} + N_t \text{ met } F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \text{ max} = 23636 \text{ N}$ (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \text{ max} = 1.30 \cdot 23636 = 30726 \text{ N}$
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \text{ max} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $30726 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 9.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 9.8 = 12.7$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $12.7 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 2.3$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 2.3 = 3.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $3.0 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.16.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	Q	Nt	Ftrb	Ftro	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven
								onder
0.00	-4353	-37676	8731	28310	0	2201	0.03	0.04
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	9933	0	0.10	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 9933 * 25.0 = 124$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 124 = 161$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $161 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 2201 * 25.0 = 28$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 27507 = 36$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $36 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.16.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.97	0.00	16.97	19.59	0.09	0.06
verticaal	11.09	6.78	11.09	13.40	0.06	0.04
schotjes	11.09	6.78	11.09	13.40	0.06	0.04
kopplaat horizontaal	17.14	0.00	17.14	19.79	0.10	0.06
verticaal	11.47	6.55	11.47	13.77	0.07	0.04
schotjes	5.67	13.24	5.67	10.07	0.05	0.02

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.10 = 0.12$

Controle: $0.12 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.16.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.32	0.00	6.32	7.30	0.04	0.02
verticaal	2.06	4.92	2.06	3.71	0.02	0.01
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.32	0.00	6.32	7.30	0.04	0.02
verticaal	2.06	4.92	2.06	3.71	0.02	0.01
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.16.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9715	-28803	-10298	8889	15420	23549
6.20	-9715	-29192	9463	8889	14745	22669

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 23549 \text{ N}$ (zie tabel)
 - Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br \max} = 1.30 \cdot 23549 = 30614 \text{ N}$
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $30614 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.16.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9715	-28803	-10298	0	15420	21807
6.20	-9715	-29192	9463	0	14745	20853

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 21807 \text{ N}$ (zie tabel)
 - Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or \max} = 1.30 \cdot 21807 = 28349 \text{ N}$
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $28349 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 8.9$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 8889.2 = 11556$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 11.6 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.16.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-9715	-28803	-10298	9060	0	0.09	0.03
6.20	-9715	-29192	9463	9060	0	0.09	0.03

Resultierende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 113$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 113 = 147$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 147 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Resultierende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.16.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.44	0.00	16.44	18.99	0.09	0.06
verticaal	10.12	7.30	10.12	12.42	0.06	0.04
schotjes	10.12	7.30	10.12	12.42	0.06	0.04
kopplaat horizontaal	16.57	0.00	16.57	19.13	0.09	0.06
verticaal	10.46	7.05	10.46	12.75	0.06	0.04
schotjes	6.10	12.08	6.10	9.92	0.05	0.02

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.09 = 0.12$

Controle: $0.12 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.16.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	5.02	0.00	5.02	5.80	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.80	0.00	3.35	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	5.02	0.00	5.02	5.80	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.80	0.00	3.35	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.03 = 0.04$

Controle: $0.04 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.9: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

3.16.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 28310$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

28310

- $\sigma = \frac{28310}{280.6} = 100.9 \text{ N/mm}^2$

- controle : $100.9 \text{ N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$, dus: sterkte voldoet.

3.16.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	6.00
-----+	

Maximale waarde is: 6.00 mm

Uitdijen van de hele kas: 6.00 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 4000$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 7072$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $U_{toel.seismic} = 2 * p_h / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0$ mm
- Maatgevend :
 - utoel = $U_{toel.seismic} = 160.0$ mm

3.17 B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280	N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 694)	=	694	N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70	N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:				
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300	N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280	N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1	N/m
- Variabele belastingen:				
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0	N
- Sneeuwbelasting	: (1.00 * 694)	=	694	N/m ²
- Gewas winter	: (0.00 * 0)	=	0	N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70	N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

- Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
- Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:

Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.17.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.17.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- $K1 = \ll$ stijfheid van de tralie kolom, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop $\gg$
- Frame load excl. crop $Fv1' = 55471$ N (5655 kg)
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0$ N (0 kg)
- Length of cable for crops (length of pendulum) $(ph - vspant - hspant - Htgt + Hfund)$
 $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493$ m

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[Sn] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 355498, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix}$ N/m

- Mass matrix $[Ms] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5655, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix}$ kg

- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([Ss] * [Ms]^{-1})$

- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 1.0000, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3= 0.0063, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass $[Mn] = [Phi]^T * [Ms] * [Phi]$

- Solving 2x2 matrix: $[Mn] = \begin{bmatrix} Mn1= 5654.8, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate $Freq[1,2] = Mode[1,2] = \text{Eigenvals}([Ss] * [Ms]^{-1})$

- Mode 1 Frequency : $Freq1 = \text{solving eigenvals pos 1}$ $Freq1 = 62.864$ 1/s²
- Mode 2 Frequency : $Freq2 = \text{solving eigenvals pos 2}$ $Freq2 = 0.401$ 1/s²
- No crops : $Freq3 = K1/Fv1 = 355498/5655$ $Freq3 = 62.864$ 1/s²
- Incl crop no pendulum : $Freq4 = K1/(Fv1+Fv2) = 355498/(5655 + 0)$ $Freq4 = 62.864$ 1/s²
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (62.864)^{0.5}$ $Ts1 = 0.792$ s
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.401)^{0.5}$ $Ts2 = 9.922$ s
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (62.864)^{0.5}$ $Ts3 = 0.792$ s
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (62.864)^{0.5}$ $Ts4 = 0.792$ s

3.17.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

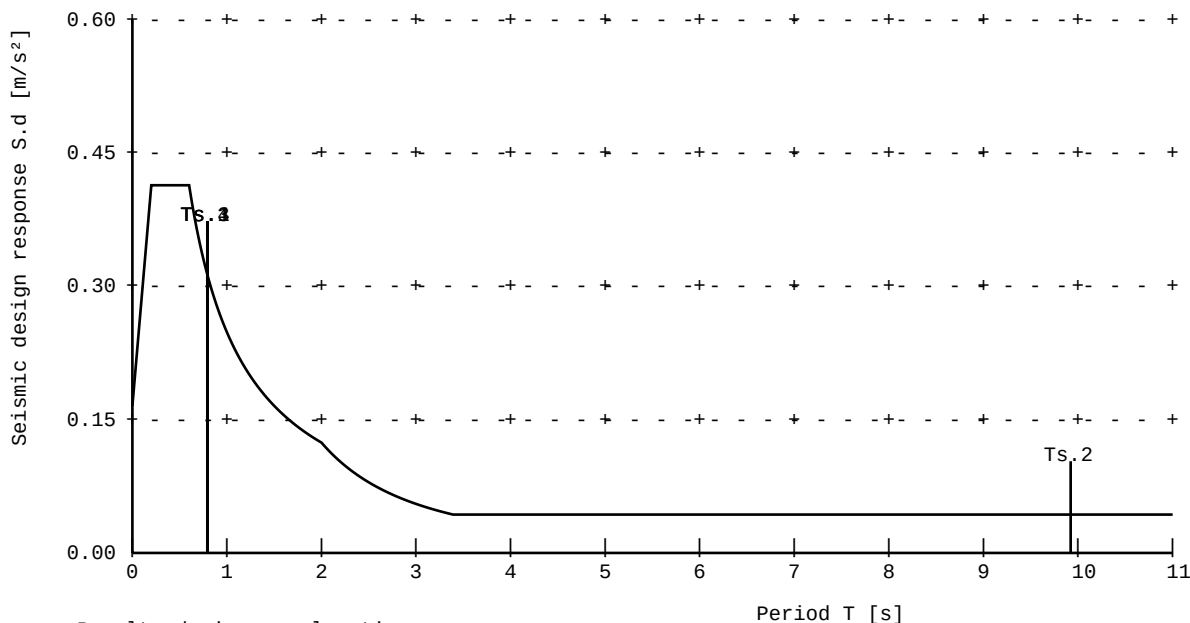
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 0.05$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts.1, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.31310 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts.2, q) * 1.5 = S.d(9.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts.3, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.31310 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts.4, q) * 1.5 = S.d(0.792, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.31310 \text{ m/s}^2$

3.17.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i1} + Mass2 \cdot \Phi_{i3})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i1}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{(5655.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0063)}{(5655.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0063^2)} \quad k_{e1} = 1.00002$
- $k_{e2} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i2} + Mass2 \cdot \Phi_{i4})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i2}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{(5655.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000)}{(5655.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)} \quad k_{e2} = 0.00000$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i1} = 0.31310 \cdot 1.0000 \cdot 5655.0 \cdot 1.0000 \quad F1 = 1771 \quad N$
 $F3 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i3} = 0.31310 \cdot 1.0000 \cdot 0.0 \cdot 0.0063 \quad F3 = 0 \quad N$
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 5655.0 \cdot 0.0000 \quad F2 = 0 \quad N$
 $F4 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000 \quad F4 = 0 \quad N$
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (1771^2 + 0^2)^{0.5} \quad F12 = 1771 \quad N$
 $F34 = (F3^2 + F4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5} \quad F34 = 0 \quad N$
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.31310 \cdot 55471.1 \quad F3 = 1771 \quad N$
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(1771, 1771) \quad F4 = 1771 \quad N$
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.31310 \cdot (55471.1 + 0.0) \quad F5 = 1771 \quad N$
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 1771 \quad N$

- Per frame $F_{ag}' = 1770.561 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000 \quad N$
 - Per frame $F_{ag} = 1770.561 \cdot 1.00$ (ULS condition) $F_{ag} = 1770.561 \quad N$

$$S_d(10) = F4 / F_{vk} = 1771 / 55471 = 0.032 \quad x \quad g \quad m/s^2$$

$$F_{g,hor} = 0 \quad N$$

- Verticale belasting:

$$F_{k,vert} = -0.5 \cdot (300 + 694 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] - 280 = -3580 \quad N$$

$$F_{g,vert} = -(300 + 694 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] + 0 = -6599 \quad N$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek

$$Q_{g1} = 300 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] = 465 \quad Nm$$

- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \quad mm$$

- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xgmin} = 2/384 \cdot (Q_{g1} \cdot 40004) / (E_{staal,g} \cdot d_{toel1}) = 553571 \quad mm^4$$

3.17.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.17.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

Indvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:										- -+- + Tekenafspraak	
										+	
gevel * 1e kap 2e kap middenkappen x aantal hor. eindkap * gevel										Druk in	
druk	+								+	zuig	de kas
										*)	
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00..x0	+0.00	+0.00	+0.00	0.00

3.17.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	1.00	1.00
Wind	0.00	0.00
gewas	0.00	0.00
aardbevingen	0.00	1.00

3.17.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 1523.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 3267.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 3267.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 3267.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 3267.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 3267.3 N/m
	- Middenkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 3267.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 3267.3 N/m
	- Eindkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 3267.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 3267.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 0.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*sin(25.0)	qdek.E = 1523.5 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 1.00*2517.5]*cos(25.0)	qdek.L = 3267.3 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 3267.3 N/m
	- 2e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 3267.3 N/m
	- 3e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 3267.3 N/m
	- 4e kaphelft	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 3267.3 N/m
	- Middenkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 3267.3 N/m
	- Middenkap rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 3267.3 N/m
	- Eindkap links	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 3267.3 N/m
	- Eindkap Rechts	= 3267.3 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 3267.3 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.17.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekontoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.013	0.000			1261	27415	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	885	-3580			-2.05	-0.16	0.000
3	1.550	4.465	0	-6599			-0.10	-4.83	2.885
4	3.100	5.187	0	-6599			1.18	-8.05	4.161
5	4.650	5.910	0	-6599			1.33	-8.79	2.717
6	6.200	6.633	0	-6599			0.96	-8.37	0.000
7	7.750	5.910	0	-6599			0.63	-8.69	2.606
8	9.300	5.187	0	-6599			0.80	-7.90	3.983
9	10.850	4.465	0	-6599			2.07	-4.71	2.730
10	12.387	0.000			-2589	28336	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.17.2.5: Staafbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staafl nr.	Profiel	X-as		Y-as		B E G I N			E I N D		
		[N/m]		[N/m]		Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
						[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal		Verticaal							
1	RHBK160*160*5.					-27419	-1163	0	-27419	-1163	-4353
2	1e Spant	-74.0	-158.7	-37676	8731	-4353	-37549	8459	10347		
3	1e Spant	-74.0	-158.7	-34760	2478	10347	-34634	2207	14353		
4	1e Spant	-74.0	-158.7	-31845	-3774	14353	-31718	-4046	7665		
5	1e Spant	-74.0	-158.7	-28929	-10027	7665	-28803	-10298	-9715		
6	1e Spant	74.0	-158.7	-29192	9463	-9715	-29319	9192	6237		
7	1e Spant	74.0	-158.7	-32108	3211	6237	-32234	2939	11497		
8	1e Spant	74.0	-158.7	-35023	-3042	11497	-35150	-3313	6063		
9	1e Spant	74.0	-158.7	-37939	-9294	6063	-38065	-9566	-10065		
10	RHBK50*25*2.0			28310	0	0	28310	0	0		
11	RHBK160*160*5.			-28327	2690	0	-28327	2690	10065		

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- den	Knfct staaf- lengte [mm]	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-18622	-44642	e-g	0.539	922	1	0.19	0.22
1.55- 3.10	-43247	-53199	g-g	0.557	952	1	0.22	0.26
3.10- 4.65	-51804	-35023	g-g	0.536	917	1	0.22	0.26
4.65- 6.20	-33628	-2694	g-n	0.496	849	1	0.14	0.17
6.20- 7.75	-1869	-30253	n-g	0.567	969	1	0.13	0.15
7.75- 9.30	-31647	-44859	g-g	0.541	925	1	0.19	0.22
9.30-10.85	-46253	-32732	g-g	0.541	925	1	0.19	0.23
10.85-12.40	-34126	-5556	g-e	0.474	810	1	0.14	0.17

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.37 - 0.2) * (|-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0))) = 0.94 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0))) = 1.08 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.94, 1.08) = 0.94 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53199| / (0.911 * 237952 / 1.0) + 0.94 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.246 + 0.000 = 0.246 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.263 + 0.000 = 0.263 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.246, 0.263) = 0.263$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -53199 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{barel.z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.97$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 1.09$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.97, 1.09) = 0.97$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.58$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-53199| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.97 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.263 + 0.000 = 0.263$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ = |-53199| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.58 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.240 + 0.000 = 0.240$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.263, 0.240) = 0.263$$

- controle: $0.26 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-53199|}{237952} = 0.22$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.22 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.3 Controle van de onderrand:

3.17.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.17.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.17.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-29719	7092	1920
1.55 - 3.10	8487	18565	1710
3.10 - 4.65	19959	3304	1710
4.65 - 6.20	4699	-38689	1710
6.20 - 7.75	-38884	934	1710
7.75 - 9.30	-460	12625	1710
9.30 - 10.85	11230	-2418	1710
10.85 - 12.40	-3813	-44194	1920

3.17.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.17.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte Bm×Bn	Knik- lengte /PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-29719	7092	e-g	0.586	1124	1	0.12	0.14
4.65- 6.20	4699	-38689	g-n	0.844	1443	1	0.16	0.20
6.20- 7.75	-38884	934	n-g	0.864	1477	1	0.16	0.21
7.75- 9.30	-460	12625	g-g	0.826	1413	1	0.00	0.00
9.30-10.85	11230	-2418	g-g	0.826	1413	1	0.01	0.01
10.85-12.40	-3813	-44194	g-e	0.814	1563	1	0.19	0.24

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.62 - 0.2) * (|-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0))) = 0.99 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0))) = 1.07 \end{aligned}$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 1.07) = 0.99$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.59$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44194| / (0.776 * 237952 / 1.0) + 0.99 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.000 = 0.239 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-44194| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.59 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.206 + 0.000 = 0.206 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.239, 0.206) = 0.239$$

- controle: $0.24 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -44194 + |-9566|/\tan(39.3) = -44194$ N
(N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)

- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 \cdot l_{veld} = 0.80 \cdot 855 = 684$ mm

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 0.00$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 0.00$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$K_{z.2} = C_{mz} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + (0.39 - 0.2) \cdot (|-44194| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.42$

$K_{z.3} = C_{mz} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0)))$
 $= 0.40 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-44194| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0))) = 0.47$

$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.42, 0.47) = 0.42$

$K_{y.b} = 0.6 \cdot K_{z.b} = 0.25$

$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z.b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0)$
 $= |-44194| / (0.903 \cdot 237952 / 1.0) + 0.42 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.206 + 0.000 = 0.206$

$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y.b} \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$
 $= |-44194| / (0.965 \cdot 237952 / 1.0) + 0.25 \cdot |0.0| / (1.00 \cdot 3908.4 / 1.0)$
 $= 0.193 + 0.000 = 0.193$

Maatgevend: $UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.206, 0.193) = 0.206$

- controle: $0.21 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.17.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-44194|}{237952} = 0.19$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 19959$ N

$UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|19959|}{237952} = 0.08$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.19 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.4 Controle van de diagonalen:

3.17.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -10298 \text{ N}$ (zie tabel 3.17.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{10298}{\sin(39.3)} = 16258 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $16258 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 9463 \text{ N}$ (zie tabel 3.17.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{9463}{\sin(39.3)} = 14940 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $14940 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -4046 \text{ N}$ (zie tabel 3.17.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{4046}{\sin(39.3)} = 6387 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $6387 \text{ N} < 52923 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 3211 \text{ N}$ (zie tabel 3.17.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{3211}{\sin(39.3)} = 5069 \text{ N}$
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114 \text{ N}$ (zie 4.4)
 - Controle: $5069 \text{ N} < 38114 \text{ N}$, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
	$N_d = 16258 \text{ N}$			$N_d = 6387 \text{ N}$	
	$N_t = 14940 \text{ N}$			$N_t = 5069 \text{ N}$	
	$F_{stev} = 11560 \text{ N}$			$F_{stev} = 3922 \text{ N}$	
	$F_{stlo} = 9463 \text{ N}$			$F_{stlo} = 3211 \text{ N}$	
	$M_{sdt} = 0.00 \text{ Nm}$			$M_{sdt} = 0.00 \text{ Nm}$	
	$F_{sdev} = 12580 \text{ N}$			$F_{sdev} = 4942 \text{ N}$	
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	52.98 N/mm ²	52.98 N/mm ²		17.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²
Tau2	91.53 N/mm ²	91.53 N/mm ²		31.06 N/mm ²	31.06 N/mm ²
Sgm1	52.98 N/mm ²	52.98 N/mm ²		17.98 N/mm ²	17.98 N/mm ²
SgmWst	110.10 N/mm ²	110.10 N/mm ²		37.36 N/mm ²	37.36 N/mm ²
UC1	0.53	0.53		0.18	0.18
UC2	0.18	0.18		0.06	0.06
SgmWsd	99.61 N/mm ²	99.61 N/mm ²		39.13 N/mm ²	39.13 N/mm ²
UC3	0.48	0.48		0.19	0.19
Nt1	57479 N	57479 N		57479 N	57479 N
knd	1.00	1.00		1.00	1.00
Nd1	57479 N	57479 N		57479 N	57479 N
UCt1	0.26	0.26		0.09	0.09
UCd1	0.28	0.28		0.11	0.11
UClas	0.53	0.53		0.19	0.19

UCdia	0.28	0.28	0.11	0.11	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.53		0.19		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.53 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, \text{links} = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg, \text{rechts} = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 694] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 1.541 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, \text{links}| ; |Qg, \text{rechts}|) = 1.541 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel2} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel2}) = 611650 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 611650) = 611650 \text{ mm}^4$$

3.17.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm} \text{ (zie 4.7)}$$

De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 634.3 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 611650 / (450^2 * 4000) = 634.3 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 611650} = 15.6 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{15.6 * 450}{15.6 + 17.0} = 215.2 \text{ Nm}$$

Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 215 = 235 \text{ Nmm}$

Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 15.6 * 450^2 + 15.6 * 450 * (-215)} = 570.0 \text{ N/mm}$$

Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm}$ (zie 4.8)
- Controle: $570.0 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $Ngv = F_{vg} = -5981 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal: $F_{gvertd} = 237952 \text{ N}$ (zie 4.6)
- Controle: $-5981 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.17.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4353	-37676	8731	28310	0	15874	22449
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	9757	16713	25570

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $n_{bb} = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $h_{bbout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bb} \cdot h_{bbout}}{\dots} \text{ met } F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \text{ max}} = 25570 \text{ N}$ (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br \text{ max}} = 1.30 \cdot 25570 = 33241 \text{ N}$
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \text{ max}} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $33241 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.17.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-4353	-37676	8731	28310	2277	15874	22564
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	0	16713	23636

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $n_{bo} = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $h_{obout} = 403 \text{ mm}$
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0 \text{ graden}$
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$

$$N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bo} \cdot h_{obout}}{\dots} + N_t \text{ met } F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \text{ max}} = 23636 \text{ N}$ (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or \text{ max}} = 1.30 \cdot 23636 = 30726 \text{ N}$
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \text{ max}} = 180864 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $30726 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 9.8$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 9.8 = 12.7$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $12.7 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 2.3$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 2.3 = 3.0$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $3.0 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.17.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	las	las
							boven	onder
0.00	-4353	-37676	8731	28310	0	2201	0.03	0.04
12.40	-10065	-38065	-9566	28310	9933	0	0.10	0.03

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 9933 * 25.0 = 124$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 124 = 161$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $161 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Resulterende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 2201 * 25.0 = 28$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 27507 = 36$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $36 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.17.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.97	0.00	16.97	19.59	0.09	0.06
verticaal	11.09	6.78	11.09	13.40	0.06	0.04
schotjes	11.09	6.78	11.09	13.40	0.06	0.04
kopplaat horizontaal	17.14	0.00	17.14	19.79	0.10	0.06
verticaal	11.47	6.55	11.47	13.77	0.07	0.04
schotjes	5.67	13.24	5.67	10.07	0.05	0.02

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.10 = 0.12$

Controle: $0.12 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Tabel 3.17.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.32	0.00	6.32	7.30	0.04	0.02
verticaal	2.06	4.92	2.06	3.71	0.02	0.01
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	6.32	0.00	6.32	7.30	0.04	0.02
verticaal	2.06	4.92	2.06	3.71	0.02	0.01
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.17.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9715	-28803	-10298	8889	15420	23549
6.20	-9715	-29192	9463	8889	14745	22669

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 23549 \text{ N}$ (zie tabel)
 - Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br \max} = 1.30 \cdot 23549 = 30614 \text{ N}$
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $30614 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.17.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-9715	-28803	-10298	0	15420	21807
6.20	-9715	-29192	9463	0	14745	20853

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
 - Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
 - Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
 - Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 21807 \text{ N}$ (zie tabel)
 - Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or \max} = 1.30 \cdot 21807 = 28349 \text{ N}$
 - Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \text{ N}$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $28349 \text{ N} < 90432 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 8.9$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 8889.2 = 11556$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 11.6 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.17.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-9715	-28803	-10298	9060	0	0.09	0.03
6.20	-9715	-29192	9463	9060	0	0.09	0.03

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 113$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 113 = 147$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 147 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.17.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	16.44	0.00	16.44	18.99	0.09	0.06
verticaal	10.12	7.30	10.12	12.42	0.06	0.04
schotjes	10.12	7.30	10.12	12.42	0.06	0.04
kopplaat horizontaal	16.57	0.00	16.57	19.13	0.09	0.06
verticaal	10.46	7.05	10.46	12.75	0.06	0.04
schotjes	6.10	12.08	6.10	9.92	0.05	0.02

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.09 = 0.12$

Controle: $0.12 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Tabel 3.17.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	5.02	0.00	5.02	5.80	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.80	0.00	3.35	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	5.02	0.00	5.02	5.80	0.03	0.02
verticaal	0.00	5.80	0.00	3.35	0.02	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.03 = 0.04$

Controle: $0.04 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.10: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

3.17.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 28310$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

28310

- $\sigma = \frac{28310}{280.6} = 100.9 \text{ N/mm}^2$

- controle : $100.9 \text{ N/mm}^2 < 282.8 \text{ N/mm}^2$, dus: sterkte voldoet.

3.17.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanten.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	6.00
-----+	

Maximale waarde is: 6.00 mm

Uitdijen van de hele kas: 6.00 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 4000$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede ($l_{kx} = 7072$ mm, $l_{ky} = 4000$ mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $U_{toel.seismic} = 2 * p_h / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0$ mm
- Maatgevend :
 - utoel = $U_{toel.seismic} = 160.0$ mm

3.18 B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.1 Berekening van de belastingen per spant:

a) Belastingen in gebruikstoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0 N
- Gewasbelasting	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70 N/m ²

b) Belastingen in rekentoestand:

- Permanente belastingen:			
- Eigen gewicht dek	: (1.00 * 300)	=	300 N/m ²
- Eigen gewicht van de goot:	(1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- E.G. spantbeen 1e spant	: (1.00 * 175.1)	=	175.1 N/m
- Variabele belastingen:			
- Vert. puntlast:	0.00*max(0 ,1000)+1.00*0	=	0 N
- Gewasbelasting	: (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties	: (1.00 * 70)	=	70 N/m ²

c) Bij het bepalen van de knoopcoördinaten is rekening gehouden met de initiële scheefstand van de kolommen:

- Scheefstand psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)

d) Rekenvoorbeeld van de belastingen op knooppunten op de volgende plaatsen:

Knoop k = "effectieve" spanthoogte van de eerste kolom
 Knoop g = Eerste gording op de eerste kaphelft

- Horizontale belasting:
 Fk,hor = 0 N (geen windbelasting)

3.18.1.1 Seismic loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

3.18.1.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the frame direction:

- $K1 = \ll$ stijfheid van de tralie kolom, en TOG nog nader invullen; zie ook U1 verderop $\gg$
- Frame load excl. crop $Fv1' = 21028$ N (2143 kg)
- Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0$ N (0 kg)
- Length of cable for crops (length of pendulum) $(ph - vspant - hspant - Htgt + Hfund)$
- $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493$ m

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[Sn] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 355498, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix}$ N/m

- Mass matrix $[Ms] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2143, & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$ kg

- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([Ss] * [Ms]^{-1})$

- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 1.0000, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3= 0.0024, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$

- Modal Mass $[Mn] = [Phi]^T * [Ms] * [Phi]$

- Solving 2x2 matrix: $[Mn] = \begin{bmatrix} Mn1= 2143.0, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$

- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([Ss] * [Ms]^{-1})$

- Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1}$ $\text{Freq1} = 165.888$ 1/s²
- Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2}$ $\text{Freq2} = 0.401$ 1/s²
- No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 355498/2143$ $\text{Freq3} = 165.888$ 1/s²
- Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 355498/(2143 + 0)$ $\text{Freq4} = 165.888$ 1/s²
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2*\pi/(165.888)^{0.5}$ $Ts1 = 0.488$ s
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2*\pi/(0.401)^{0.5}$ $Ts2 = 9.922$ s
 - No crops : $Ts3 = 2*\pi/(165.888)^{0.5}$ $Ts3 = 0.488$ s
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2*\pi/(165.888)^{0.5}$ $Ts4 = 0.488$ s

3.18.1.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

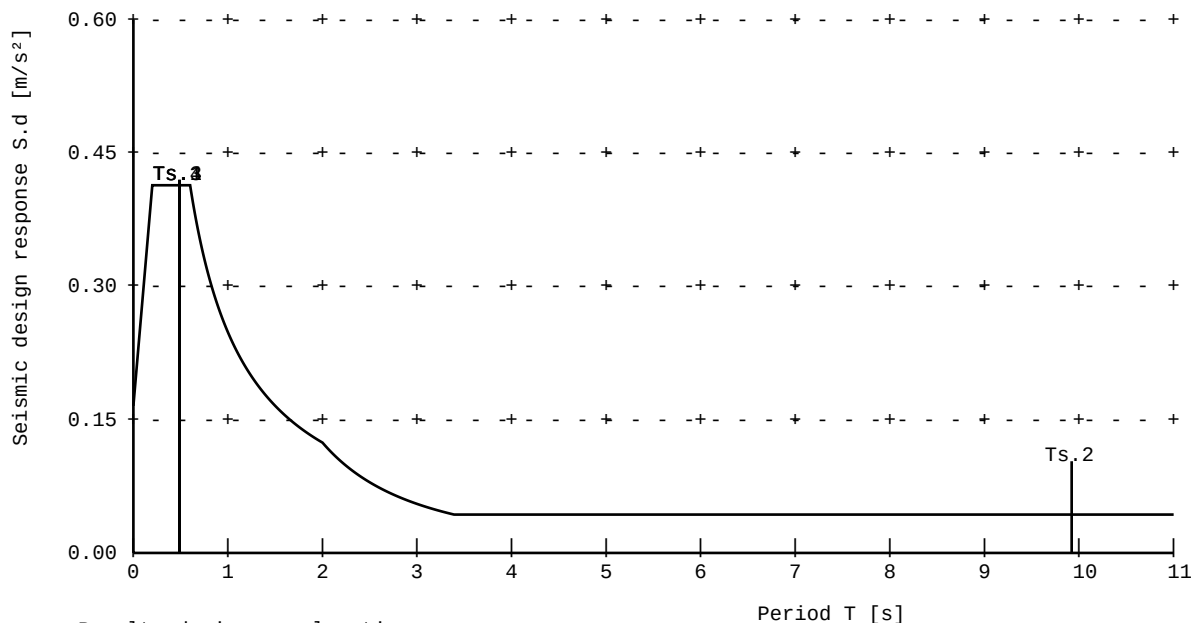
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 0.05$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S.d_1 = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S.d_2 = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S.d_3 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S.d_4 = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
- Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S.d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S.d(Ts.1, q) * 1.5 = S.d(0.488, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.35959 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S.d(Ts.2, q) * 1.5 = S.d(9.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S.d(Ts.3, q) * 1.5 = S.d(0.488, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.35959 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S.d(Ts.4, q) * 1.5 = S.d(0.488, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.35959 \text{ m/s}^2$

3.18.1.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i1} + Mass2 \cdot \Phi_{i3})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i1}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{(2143.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0024)}{(2143.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0024^2)} \quad k_{e1} = 1.000000$
- $k_{e2} = \frac{(Mass1 \cdot \Phi_{i2} + Mass2 \cdot \Phi_{i4})}{(Mass1 \cdot \Phi_{i2}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{(2143.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000)}{(2143.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)} \quad k_{e2} = 0.000000$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i1} = 0.35959 \cdot 1.0000 \cdot 2143.0 \cdot 1.0000 \quad F1 = 771 \quad N$
 $F3 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i3} = 0.35959 \cdot 1.0000 \cdot 0.0 \cdot 0.0024 \quad F3 = 0 \quad N$
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 2143.0 \cdot 0.0000 \quad F2 = 0 \quad N$
 $F4 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000 \quad F4 = 0 \quad N$
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (771^2 + 0^2)^{0.5} \quad F12 = 771 \quad N$
 $F34 = (F3^2 + F4^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5} \quad F34 = 0 \quad N$
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.35959 \cdot 21027.6 \quad F3 = 771 \quad N$
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(771, 771) \quad F4 = 771 \quad N$
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.35959 \cdot (21027.6 + 0.0) \quad F5 = 771 \quad N$
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 771 \quad N$

- Per frame $F_{ag}' = 770.600 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000 \quad N$
 - Per frame $F_{ag} = 770.600 \cdot 1.00$ (ULS condition) $F_{ag} = 770.600 \quad N$

$$S_d(11) = F4 / F_{vk} = 771 / 21028 = 0.037 \times g \text{ m/s}^2$$

$$F_{g,hor} = 0 \text{ N}$$

- Verticale belasting:

$$F_{k,vert} = -0.5 \cdot (300 + 0 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] - 280 = -1427 \text{ N}$$

$$F_{g,vert} = -(300 + 0 + 0 + 70) \cdot 4.00 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] + 0 = -2294 \text{ N}$$

e) Belastingen op gordingen:

Berekening van het minimaal traagheidsmoment van de dekgording op alle spanten in gebruikstoestand.

- Belastingssituatie met alleen eigen gewicht kasdek

$$Q_{g1} = 300 \cdot 12.40 / [2 \cdot (3+1)] = 465 \text{ Nm}$$

- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel1} = \min(4000/750, 6) = 5.3 \text{ mm}$$

- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xgmin} = 2/384 \cdot (Q_{g1} \cdot 4000^4) / (E_{staal,g} \cdot d_{toel1}) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.18.2 Belastingen op het kasdek ten behoeve van het Designmodel SLS(gebruiksbelastingen):

3.18.2.1 Windvormfactoren bij deze belastingcombinatie:

Windvormfactoren bij wind loodrecht (-) op nok:

										-	-	+	+	Tekenafspraken
														+
gevel *	*	°\	\	/°\	\	/°\...	/°\	\	/°*	*				
druk +	1e kap	2e kap				middenkappen			eindkap +	gevel Druk in				
						x aantal hor.				zuig de kas				
+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00	+0.00..x0	+0.00	+0.00	+0.00	0.00				

3.18.2.2 Belastingfactoren bij deze belastingcombinatie:

Belastingfactoren	gebruikstoestand	rekentoestand
Eigen gewicht	1.00	1.00
Installaties	1.00	1.00
Sneeuw	0.00	0.00
Wind	0.00	0.00
gewas	1.00	1.00
aardbevingen	0.00	1.00

3.18.2.3 Gesommeerde belastingen op de omhulling van de kas per vakmaat:

Belastingen gebruikstoestand SLS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*ggewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 985.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 985.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 985.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 985.7 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 985.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 985.7 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 985.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 985.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd'	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1 *4.0 *12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	Fhw.gt = 0 N
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	Fhw.fh = 0 N
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	

Belastingen rekentoestand ULS per vakmaat (4.000 m):

Tralie	neerwaarts	qtral = fi*qinstall + fp*qtral + fg*qgewas = 1.00*280.0 + 1.00*193.2 + 1.00*0.0	qtral = 473.2 N/m
Goot	zijgevel	Fgt.s = fp*ggoot.s = 1.00*140.0	Fgt.s = 140 N
	middengoot	Fgt.m = fp*ggoot.m = 1.00*280.0	Fgt.m = 280 N
Kasdek	evenwijdig	qdek.E = [fp*qdek + fs*qsneew]*sin(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*sin(25.0)	qdek.E = 459.6 N/m
	loodrecht	qdek.L = [fp*qdek + fs*qsneew]*cos(dek) = [1.00*1087.6 + 0.00*0.0]*cos(25.0)	qdek.L = 985.7 N/m
	+ wind per kaphelft	= qdek.L + fw*qwinds*(cpe-cpi)	
	- 1e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L1 = 985.7 N/m
	- 2e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L2 = 985.7 N/m
	- 3e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L3 = 985.7 N/m
	- 4e kaphelft	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.L4 = 985.7 N/m
	- Middenkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm1 = 985.7 N/m
	- Middenkap rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Lm2 = 985.7 N/m
	- Eindkap links	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le1 = 985.7 N/m
	- Eindkap Rechts	= 985.7 + 0.00*2980.3*(+0.00-0.00)	qdek.Le2 = 985.7 N/m
	+ windwrijving nok	= Cfp,h*tan(dh)*fi*qwind*vakmaat*bkap/cscd	
	- middenkap FhwCpf	= 0.00*0.00*0.00*745.1*4.0*12./0.74	FhwCpf = 0 N
Zijgevel	windzijde FhwF.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1-cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 -0.0)	Fhw.gt = 0 N
	windzijde FhwF.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1-cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 -0.0)	Fhw.fh = 0 N
Zijgevel	loefzijde FhwL.gt	= fw*Fhw.gt*(cp1+cpi)	
	goothoogte	= 0.00*6371.9*(0.0 +0.0)	Fhw.gt = 0 N
	loefzijde FhwL.fh	= fw*Fhw.fh*(cp1+cpi)	
	fundatiehoogte	= 0.00*5549.1*(0.0 +0.0)	Fhw.fh = 0 N

Tabel 3.18.2.4: Knoopbelastingen, oplegreacties en knoopverplaatsingen:

nr.	Knoopbelastingen						Knoopverplaatsingen		
	Rekontoestand		Oplegreacties		gebruikstoestand				
	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-as	Y-as	X-verpl	Y-verpl	U_lijn
	[mm]	[mm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[mm]	[mm]	[mm]
	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.	Vert.	
1	-0.013	0.000			436	10457	0.00	0.00	0.000
2	0.000	3.742	385	-1427			-0.76	-0.06	0.000
3	1.550	4.465	0	-2294			-0.03	-1.82	1.088
4	3.100	5.187	0	-2294			0.45	-3.03	1.567
5	4.650	5.910	0	-2294			0.51	-3.31	1.023
6	6.200	6.633	0	-2294			0.37	-3.15	0.000
7	7.750	5.910	0	-2294			0.24	-3.27	0.981
8	9.300	5.187	0	-2294			0.31	-2.97	1.499
9	10.850	4.465	0	-2294			0.78	-1.77	1.028
10	12.387	0.000			-1014	10851	0.00	0.00	0.000

Tabel 3.18.2.5: Staaftbelastingen, momenten, normaal- en dwarskrachten

Staaft nr.	Profiel			B E G I N			E I N D		
		X-as	Y-as	Normaal	Dwarskr	Moment	Normaal	Dwarskr	Moment
		[N/m]	[N/m]	[N]	[N]	[Nm]	[N]	[N]	[Nm]
		Horizontaal	Verticaal						
1	RHBK160*160*5.			-10458	-399	-0	-10458	-399	-1491
2	1e Spant	-74.0	-158.7	-14202	3341	-1491	-14075	3069	3990
3	1e Spant	-74.0	-158.7	-13106	990	3990	-12979	719	5451
4	1e Spant	-74.0	-158.7	-12010	-1360	5451	-11883	-1632	2892
5	1e Spant	-74.0	-158.7	-10914	-3711	2892	-10787	-3982	-3686
6	1e Spant	74.0	-158.7	-10954	3625	-3686	-11080	3353	2280
7	1e Spant	74.0	-158.7	-12050	1274	2280	-12176	1003	4227
8	1e Spant	74.0	-158.7	-13146	-1076	4227	-13273	-1348	2155
9	1e Spant	74.0	-158.7	-14242	-3427	2155	-14369	-3698	-3938
10	RHBK50*25*2.0			10638	0	0	10638	0	0
11	RHBK160*160*5.			-10847	1052	-0	-10847	1052	3938

3.18.3 De krachtsverdeling in de 1e rij tralies:

Tabel 3.18.3.1: Momentenlijn, normaal- en dwarskrachtenlijn.

Positie	Momentenlijn	Normaal- krachtenlijn	Dwars- krachtenlijn
x in [m] begin - eind	M(x) in [Nm] (+ = U/- =)	N(x) in [N] (+ = trek)	Q(x) in [N] (+ = ~~~)
0.00 - 1.55	-1491 3990	-14202 -14075	3341 3069
1.55 - 3.10	3990 5451	-13106 -12979	990 719
3.10 - 4.65	5451 2892	-12010 -11883	-1360 -1632
4.65 - 6.20	2892 -3686	-10914 -10787	-3711 -3982
6.20 - 7.75	-3686 2280	-10954 -11080	3625 3353
7.75 - 9.30	2280 4227	-12050 -12176	1274 1003
9.30 - 10.85	4227 2155	-13146 -13273	-1076 -1348
10.85 - 12.40	2155 -3938	-14242 -14369	-3427 -3698

3.18.3.1 Controle van de stijfheid van het spant:

De toelaatbare doorbuiging van alle spanten wordt bepaald per spantbeen:
 - uvtoel = 6841 / 250 < 30.0 mm, dus: uvtoel = 27.4 mm

Uit de U-lijn is de maximale doorbuiging:

- doorbuiging u_{max} = 1.57 mm

- Controle van de 1e rij tralies:

Doorbuiging: |1.6 | mm < 27.4 mm, dus: voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.2 Controle van de bovenrand:

3.18.3.2 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de bovenrand:

- De normaalkracht in de bovenrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = -M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm
- De normaalkracht in de bovenrand wordt bij de eindplaten van de nok en de kolomaansluiting gereduceerd met de normaalkracht in de diagonaal (einddiagonaal sluit aan bij eindplaat ter plaatse van de bovenrand)
 - Reductie: $N_{red} = N_d - Q/\tan(39.3)$ plaats van eindplaat naar gording
 - Reductie: $N_{red} = N_d + Q/\tan(39.3)$ plaats van gording naar eindplaat (voor de dwarskracht Q zie tabel 3.18.3.1)

Tabel 3.18.3.2: Normaalkrachtenverloop in de bovenrand.

Plaats	Normaalkracht in [N] (trek = positief)	Systeem- lengte
x in [m] Spant		[mm]
0.00 - 1.55	-7453 -17012	1710
1.55 - 3.10	-16527 -20117	1710
3.10 - 4.65	-19632 -13172	1710
4.65 - 6.20	-12687 -1042	1710
6.20 - 7.75	-689 -11241	1710
7.75 - 9.30	-11726 -16657	1710
9.30 - 10.85	-17142 -12023	1710
10.85 - 12.40	-12508 -1857	1710

3.18.3.2 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.18.3.2:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de bovenrand per kap. (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor-	Knfct staaf- waar- lengte	Knik- lengte [mm]	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"	den	lengte [mm]				
0.00- 1.55	-7453	-17012	e-g	0.543	928	1	0.07	0.08
1.55- 3.10	-16527	-20117	g-g	0.558	955	1	0.08	0.10
3.10- 4.65	-19632	-13172	g-g	0.536	916	1	0.08	0.10
4.65- 6.20	-12687	-1042	g-n	0.497	850	1	0.05	0.06
6.20- 7.75	-689	-11241	n-g	0.567	969	1	0.05	0.06
7.75- 9.30	-11726	-16657	g-g	0.541	925	1	0.07	0.08
9.30-10.85	-17142	-12023	g-g	0.540	924	1	0.07	0.08
10.85-12.40	-12508	-1857	g-e	0.471	805	1	0.05	0.06

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.38 - 0.2) * (|-20117| / (0.910 * 237952 / 1.0))) = 0.91 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-20117| / (0.910 * 237952 / 1.0))) = 0.97 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.91, 0.97) = 0.91 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-20117| / (0.910 * 237952 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.093 + 0.000 = 0.093 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-20117| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.099 + 0.000 = 0.099 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.093, 0.099) = 0.099$$

- controle: $0.10 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.2 Stabiliteitscontrole in het vlak:

- Maatgevende normaaldrukkracht: $N_{dmax} = -20117 \text{ N}$

- Kniklengte: $l_{ky} = 1.00 * l_{veld} = 1.00 * 855 = 855 \text{ mm}$

C_{mz2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{mz2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{z.2} = C_{mz} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.49 - 0.2) * (|-20117| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.93$$

$$K_{z.3} = C_{mz} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-20117| / (0.851 * 237952 / 1.0))) = 0.97$$

$$K_{z.b} = \min(K_{z.2}, K_{z.3}) = \min(0.93, 0.97) = 0.93$$

$$K_{y.b} = 0.6 * K_{z.b} = 0.56$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + K_{z.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-20117| / (0.851 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.099 + 0.000 = 0.099$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + K_{y.b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ = |-20117| / (0.930 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0) \\ = 0.091 + 0.000 = 0.091$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.099, 0.091) = 0.099$$

- controle: $0.10 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.2 Doorsnede-controle van de bovenrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|-20117|}{237952} = 0.08$$

- Maatgevende normaaltrekkracht: $N_{tmax} = 0 \text{ N}$

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{|0|}{237952} = 0.00$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.08 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Bovenrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.3 Controle van de onderrand:

3.18.3.3 Berekening van het normaalkrachtenverloop in de onderrand:

- De normaalkracht in de onderrand wordt als volgt berekend:
 - Normaalkracht: $N_d = M/0.4000 + N/2$ (voor N en M, zie 3.18.3.1)
 met: Effectieve spanthoogte: 400.0 mm

Tabel 3.18.33: Normaalkrachtenverloop in de onderrand.

Plaats x in [m]	Normaalkracht in [N] (trek = positief) Spant		Systeem- lengte [mm]
0.00 - 1.55	-10830	2936	1920
1.55 - 3.10	3421	7137	1710
3.10 - 4.65	7622	1289	1710
4.65 - 6.20	1774	-14609	1710
6.20 - 7.75	-14693	161	1710
7.75 - 9.30	-324	4480	1710
9.30 - 10.85	3996	-1250	1710
10.85 - 12.40	-1735	-17030	1920

3.18.3.3 Stabiliteitscontrole uit het vlak:

Nadrukkelijk wordt vermeld, dat onderstaande stabiliteits-berekeningen alleen voldoen bij toepassing van specifieke stabiliteits-voorzieningen ter plaatse van de gordingen:

- fixatie van de boven- en onderrand rand uit het vlak van het spant, door windverbanden tussen de gordingen in het eerste en laatste vak van een gootlengte en momentvaste koppelingen tussen gordingen en bovenrand

Tabel 3.18.3.3:

Berekening van de stabiliteit-spanning uit het vlak van de onderrand per kap.
 (alleen voor kappen waar druk optreedt).

Kniklengtebepaling volgens methode Mouty en Eurocode 3

Plaats- bepaling	Normaalkrachten (trek = positief) [N]		Rand- voor- waar- den	Knfct staaf- lengte $\beta_m \times \beta_n$	Knik- lengte PlPerc	Klasse	Sterkte UC	Stab. UC
begin-eind	"begin"	"einde"						
0.00- 1.55	-10830	2936	e-g	0.586	1124	1	0.05	0.05
4.65- 6.20	1774	-14609	g-n	0.844	1443	1	0.06	0.08
6.20- 7.75	-14693	161	n-g	0.869	1486	1	0.06	0.08
7.75- 9.30	-324	4480	g-g	0.826	1413	1	0.00	0.00
9.30-10.85	3996	-1250	g-g	0.826	1413	1	0.01	0.01
10.85-12.40	-1735	-17030	g-e	0.818	1570	1	0.07	0.09

- Voor de maatgevende doorsnede:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.62 - 0.2) * (|-17030| / (0.775 * 237952 / 1.0))) = 0.93 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-17030| / (0.775 * 237952 / 1.0))) = 0.97 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.93, 0.97) = 0.93 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UCstab.1 &= |N_{Ed}| / (Chiy * NR_k / 1.0) + Ky.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-17030| / (0.775 * 237952 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.092 + 0.000 = 0.092 \\ UCstab.2 &= |N_{Ed}| / (Chiz * NR_k / 1.0) + Kz.b * |My_{Ed}| / (1.00 * My_{Rk} / 1.0) \\ &= |-17030| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 5094.4 / 1.0) \\ &= 0.079 + 0.000 = 0.079 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.092, 0.079) = 0.092$$

- controle: $0.09 < 0.95$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.3 Stabiliteitscontrole in het vlak (nabij de kolom-aansluitingen):

- Maatgevend: $N_{dmax} = N + |Q|/\tan(\alpha) = -17030 + |-3698|/\tan(39.3) = -17030$ N
 (N.B.: 1e drukdiagonaal reduceert de normaaldrukkracht in de onderrand)
- Veldmoment: $M_{gewas} = 1/4 * F_{gew} * l_{veld} = 1/4 * 0 * 855 = 0$ E3 Nmm
 (N.B.: $F_{gew} = \gamma * v_{qgew} * h_{ohgew} + \gamma * v_{qtg} * h_{ohtgt}$)
 $= 1.00 * 4.00 * 0 * 0.80 + 1.00 * 4.00 * 0 * 1.60 = 0$ N)
- Kniklengte: $l_{ky} = 0.80 * l_{veld} = 0.80 * 855 = 684$ mm
 ($l_{ky} = l_{veld}$, volgens NEN 3851 art. 2.5.6.2.c.)

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.80 (het profiel is geschoord).
 M1 = -0.00, M2 = -0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{bdarel.z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * 0.39 * (|-17030| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.81$$

$$Kz.3 = Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0)))$$

$$= 0.80 * (1.0 + 0.6 * (|-17030| / (0.903 * 237952 / 1.0))) = 0.84$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.81, 0.84) = 0.81$$

$$Ky.b = 0.8 * Kz.b = 0.65$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-17030| / (0.903 * 237952 / 1.0) + 0.81 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.079 + 0.000 = 0.079$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0)$$

$$= |-17030| / (0.965 * 237952 / 1.0) + 0.65 * |0.0| / (1.00 * 3908.4 / 1.0)$$

$$= 0.074 + 0.000 = 0.074$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.079, 0.074) = 0.079$$

- controle: $0.08 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

3.18.3.3 Doorsnede-controle van de onderrand:

$$- UC_{Druk} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|-17030|}{237952} = 0.07$$

- Maatgevende normaaltrekkkracht: $N_{tmax} = 7622$ N

$$- UC_{Trek} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} = \frac{|7622|}{237952} = 0.03$$

Druk is maatgevend.

- Controle: $0.07 < 1.00$, dus de druksterkte voldoet.

Conclusie:

- Onderrand (RHBK80*50*3.0) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.4 Controle van de diagonalen:

3.18.3.4 Controle van de diagonalen in de eindvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxd} = -3982$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{3982}{\sin(39.3)} = 6287$ N
 - Capaciteit diagonaal: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $6287 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht eindvelden: $Q_{maxt} = 3625$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{3625}{\sin(39.3)} = 5722$ N
 - Capaciteit diagonaal eindvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $5722 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in eindvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.4 Controle van de diagonalen in de middenvelden:

- Controle op druk:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxd} = -1632$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 - Res.diagonaaldrukkracht: $N_{diagd} = \frac{|Q_{maxd}|}{\sin(\alpha)} = \frac{1632}{\sin(39.3)} = 2576$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagd} = 52923$ N (zie 4.4)
 - Controle: $2576 < 52923$ N, dus diagonaal voldoet.
- Controle op trek:
 - Maatgevende dwarskracht middenvelden: $Q_{maxt} = 1274$ N (zie tabel 3.18.3.1)
 - Res. diagonaaltrekkkracht: $N_{diagt} = \frac{Q_{maxt}}{\sin(\alpha)} = \frac{1274}{\sin(39.3)} = 2011$ N
 - Capaciteit diagonaal middenvelden: $F_{diagt} = 38114$ N (zie 4.4)
 - Controle: $2011 < 38114$ N, dus diagonaal voldoet.

Conclusie:

- Diagonalen in middenvelden (RHBK40*20*2.0 mm) voldoen qua trek/druk bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.4 Controle van de (las)verbindingen:

Diagonalen eindvelden			Diagonalen middenvelden		
Nd = 6287 N			Nd = 2576 N		
Nt = 5722 N			Nt = 2011 N		
Fstev = 4428 N			Fstev = 1556 N		
Fstlo = 3625 N			Fstlo = 1274 N		
Msdt = 0.00 Nm			Msdt = 0.00 Nm		
Fsdev = 4865 N			Fsdev = 1993 N		
	bovenrand	onderrand		bovenrand	onderrand
Tau1	20.29 N/mm ²	20.29 N/mm ²	7.13 N/mm ²	7.13 N/mm ²	
Tau2	35.06 N/mm ²	35.06 N/mm ²	12.32 N/mm ²	12.32 N/mm ²	
Sgm1	20.29 N/mm ²	20.29 N/mm ²	7.13 N/mm ²	7.13 N/mm ²	
SgmWst	42.17 N/mm ²	42.17 N/mm ²	14.82 N/mm ²	14.82 N/mm ²	
UC1	0.20	0.20	0.07	0.07	
UC2	0.07	0.07	0.02	0.02	
SgmWsd	38.52 N/mm ²	38.52 N/mm ²	15.78 N/mm ²	15.78 N/mm ²	
UC3	0.19	0.19	0.08	0.08	
Nt1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
knd	1.00	1.00	1.00	1.00	
Nd1	57479 N	57479 N	57479 N	57479 N	
UCt1	0.10	0.10	0.03	0.03	
UCd1	0.11	0.11	0.04	0.04	
UClas	0.20	0.20	0.08	0.08	

UCdia	0.11	0.11	0.04	0.04	
UCgeo	0.67	0.67	0.67	0.67	
+-----+-----+-----+-----+-----+					
UClas	0.20		0.08		
UCdia	1.00		1.00		
+-----+-----+-----+-----+-----+					

Conclusie:

- Lassen: UClas = 0.20 <= 1.00 dus: voldoen
- Aansluitingen: UCdia = 1.00 <= 1.00 dus: voldoen

Eindconclusie:

- Aansluiting diagonalen voldoet
bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.4 Controle van de dekgording (de 1e rij tralies)

- Belastingscombinatie met alleen eigen gewicht kasdek, wind en sneeuw

$$Qg, links = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg, rechts = [300 + 0 * (+0.00 - (+0.00)) / \cos(25.0) + 0] * 12.40 / [2 * (3+1)] = 0.465 \text{ Nm}$$

$$Qg = \max(|Qg, links| ; |Qg, rechts|) = 0.465 \text{ Nm}$$
- Vervormingseis dekgordingen volgens EN 13031-1:

$$d_{toel} = \min(4000 / (650 - 100 * \min(4000 / 1000; 5)); 4000 / 150; 30) = 16.0 \text{ mm}$$
- Hieruit volgt een minimaal traagheidsmoment (ligger op 3 steunpunten):

$$I_{xg, bc} = 2 / 384 * (Qg * 4000^4) / (E_{staal, g} * d_{toel}^2) = 184524 \text{ mm}^4$$
- Minimaal traagheidsmoment dekgording:

$$I_{xgmin} = \max(I_{xg, eg}, I_{xg, bc}) = \max(553571, 184524) = 553571 \text{ mm}^4$$

3.18.3.4 Controle van de gordingverticaal

- Controle veerstijfheid gordingverticaal
 De onderrand wordt geschematiseerd als een ligger van goot naar nok.
 - Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * I_{xgmin} / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
 - Veerstijfheid gordingverticaal:

$$k_{0gvert} = 9167.6 \text{ N/mm (zie 4.7)}$$

 De veerstijfheid van de verticaal is ten minste zo groot als 100% van de veerstijfheid van de inklemming van de gording.
- Controle: $9167.6 \text{ N/mm} > 574.1 \text{ N/mm}$, dus gordingverticaal voldoet.
- Plaatsvastheid van de gordingverticaal bij de onderrand
 Omdat de aansluiting van de gording aan de tralie in het algemeen goed momentvast is uitgevoerd, kan de volledige stijfheid van de gording in rekening worden gebracht.
- Veerstijfheid gordingprofiel:

$$k_{gord} = 4 * E_{staal, g} * 553571 / (450^2 * 4000) = 574.1 \text{ N/mm}$$
- Veerstijfheid van de aansluiting van de onderrand-gording "uit het vlak":
 Hoekverdraaiing door gording en inklemming opzetkolom:

$$V2 = \frac{2 * v_{ak}}{4 * E_g * I_g} = \frac{2 * 4000}{4 * 210000 * 553571} = 17.2 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door moment bij onderrand door bovenrand:

$$V3 = \frac{2 * (n_{gord} + 1) * \cos(25.0) * G_{br} * I_{tbr} * 2}{12400} = \frac{2 * (3+1) * \cos(25.0) * 80769 * 622996 * 2}{12400} = 17.0 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Hoekverdraaiing door puntlast bij gordingverticaal:

$$V4 = \frac{ht; net^2}{3 * E_{gv} * I_{gv}} = \frac{350^2}{3 * 210000 * 623906} = 311.7 * 10^{-9} \text{ 1/Nmm}$$

 Moment bij bovenrand

$$M_{Br} = \frac{V2 * h_{spant}}{V2 + V3} = \frac{17.2 * 450}{17.2 + 17.0} = 226.4 \text{ Nm}$$

 Moment bij gording $M_{ozk} = h_{spant} - M_{Br} = 450 - 226 = 224 \text{ Nmm}$
 Geeft de veerstijfheid ter plaatse van de bovenrand:

$$k_{or} = \frac{1}{V4 * ht; nett + V2 * h_{spant}^2 + V2 * h_{spant} * -M_{Br}} = \frac{1}{311.7 * 350 + 17.2 * 450^2 + 17.2 * 450 * (-226)} = 543.4 \text{ N/mm}$$

 Vereiste kritische veerstijfheid: $k_{cr} = 327.5 \text{ N/mm (zie 4.8)}$
- Controle: $543.4 \text{ N/mm} > 327.5 \text{ N/mm}$, dus veerstijfheid voldoet.
- Controle op knik:
 - Maatgevende verticale kracht: $N_{gv} = F_{vg} = -2079 \text{ N}$
 - Capaciteit van de verticaal: $F_{gvertd} = 237952 \text{ N (zie 4.6)}$
- Controle: $-2079 \text{ N} > 237952 \text{ N}$, dus gordingverticaal voldoet.

Conclusie:

- Gordingverticaal voldoet qua sterkte/stabiliteit en stijfheid bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.5 Controle van de bouten van de spant-kolom-aansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.18.3.5.1: Belastingen bij bovenrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1491	-14202	3341	10638	0	6029	8526
12.40	-3938	-14369	-3698	10638	4047	6388	9899

Gegevens van de eindplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: $n_{bb} = 1$
- Momenten-arm bij bovenrand: $h_{bbout} = 403$ mm
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0$ graden
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$
 $N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)$ M
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bb} \cdot h_{bbout}}{\dots}$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,br} \max = 9899$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br} \max = 1.30 \cdot 9899 = 12868$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb} \max = 180864$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $12868 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.18.3.5.2: Belastingen bij onderrand van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Spant- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Nt	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
0.00	-1491	-14202	3341	10638	1206	6029	8611
12.40	-3938	-14369	-3698	10638	0	6388	9034

Gegevens van de eindplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: $n_{bo} = 1$
- Momenten-arm bij onderrand: $h_{obout} = 403$ mm
- Hellingshoek van het spant: $\alpha = 25.0$ graden
- N_t is de trekkracht in de trekstang van het spant
- Tekens dwarskracht bij beginpositie $s_n=+1$ en bij eindpositie $s_n=-1$
 $N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)$ M
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot n_{bo} \cdot h_{obout}}{\dots} + N_t$ met $F_t \geq 0$ N
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or} \max = 9034$ N (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or} \max = 1.30 \cdot 9034 = 11744$ N
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto} \max = 180864$ N (zie hoofdstuk 4)

Controle: $11744 \text{ N} < 180864 \text{ N}$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.5 Controle van de eindplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 4.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 4.0 = 5.3$ N
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capb} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $5.3 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 1.2$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 1.2 = 1.6$ kN
- Capaciteit van de eindplaat: $F_{p, capo} = 448$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: $1.6 \text{ kN} < 448 \text{ kN}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.5 Controle van de eindplaat op buiging:

Tabel 3.18.3.5.4.1: Belastingen van de eindplaat van de spant-kolom aansluiting.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Spant	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	N	Q	Nt	Ftrb	Ftro	las	las
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
0.00	-1491	-14202	3341	10638	0	1180	0.01	0.02
12.40	-3938	-14369	-3698	10638	4116	0	0.04	0.01

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 4116 * 25.0 = 51$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 51 = 67$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $67 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Resultierende trekkracht in de eindplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + N_t \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 1180 * 25.0 = 15$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 0.00 * 14748 = 19$ Nm
- Capaciteit van de eindplaat: $M_{p, cap} = 1909$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: $19 \text{ Nm} < 1909 \text{ Nm}$, dus eindplaat (ST110*20.0) voldoet
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.5 Controle van de lasaansluitingen van de eindplaat:

Tabel 3.18.3.6: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.87	0.00	6.87	7.93	0.04	0.02
verticaal	4.60	2.62	4.60	5.52	0.03	0.02
schotjes	4.60	2.62	4.60	5.52	0.03	0.02
kopplaat horizontaal	6.94	0.00	6.94	8.02	0.04	0.02
verticaal	4.75	2.53	4.75	5.68	0.03	0.02
schotjes	2.19	5.49	2.19	4.06	0.02	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.18.3.7: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	2.72	0.00	2.72	3.14	0.02	0.01
verticaal	1.09	1.88	1.09	1.67	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	2.72	0.00	2.72	3.14	0.02	0.01
verticaal	1.09	1.88	1.09	1.67	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.02 = 0.02$

Controle: $0.02 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.8 Controle van de bouten van de nokaansluiting:

Controle van de krachten op de bout(en) bij de bovenrand:

Tabel 3.18.3.8.1: Belastingen bij bovenrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,br	Fs,br	Fi,br
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-3686	-10787	-3982	3422	5889	9003
6.20	-3686	-10954	3625	3422	5600	8627

Gegevens van de nokplaat bij de bovenrand:

- Aantal bouten bij de bovenrand: nbb = 1
- Momenten-arm bij bovenrand: hbbout = 403 mm
- Hellingshoek van het spant: alpha = 25.0 graden
- Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1

$$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$

- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbb}{hbbout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$

- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$

- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$

- Maximale optredende kracht: $F_{i,br \max} = 9003 \quad N$ (zie tabel)

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,br \max} = 1.30 \cdot 9003 = 11704 \quad N$

- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbtb \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $11704 \quad N < 90432 \quad N$, dus bout bij bovenrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Controle van de krachten op de bout(en) bij de onderrand:

Tabel 3.18.3.8.2: Belastingen bij onderrand van de nokaansluiting.

Positie	Moment	Normaal- kracht	Dwars- kracht	Normaal- kracht	Schuif- kracht	Ideële kracht
x	M	N	Q	Ft,or	Fs,or	Fi,or
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	[N]
6.20	-3686	-10787	-3982	0	5889	8328
6.20	-3686	-10954	3625	0	5600	7919

Gegevens van de nokplaat bij de onderrand:

- Aantal bouten bij de onderrand: nbo = 1
 - Momenten-arm bij onderrand: hobout = 403 mm
 - Hellingshoek van het spant: alfa = 25.0 graden
 - Tekens dwarskracht bij eindpositie sn=+1 en bij beginpositie sn=-1
- $$N \cdot \cos(\alpha) + sn \cdot Q \cdot \sin(\alpha) \quad M$$
- Normaalkracht: $F_t = \frac{2 \cdot nbo}{hobout} \cdot M$ met $F_t \geq 0N$
- Schuifkracht: $F_s = 0.5 \cdot -N \cdot \sin(\alpha) - sn \cdot Q \cdot \cos(\alpha)$
- Ideële kracht: $F_i = (F_t^2 + 2 \cdot F_s^2)^{0.5}$
- Maximale optredende kracht: $F_{i,or \max} = 8328 \quad N$ (zie tabel)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{i,or \max} = 1.30 \cdot 8328 = 10826 \quad N$
- Capaciteit van het bouttype: $F_{i,capbto \max} = 90432 \quad N$ (zie hoofdstuk 4)

Controle: $10826 \quad N < 90432 \quad N$, dus bout bij onderrand (M16-8.8) voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.8 Controle van de nokplaat op pons:

Bij de boutverbinding van de bovenrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxb} = 3.4$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxb} = 1.30 * 3421.6 = 4448.0$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capb} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 4.4 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de bovenste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bij de boutverbinding van de onderrand:

- Normaal(trek)kracht bout: $F_{tmaxo} = 0.0$ kN (zie tabel hiervoor)
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $F_{tmaxo} = 1.30 * 0.0 = 0.0$ kN
- Capaciteit van de nokplaat: $F_{p, capo} = 168$ kN (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0.0 kN < 168 kN, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet
 zonder onderlegging bij de onderste bout

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.8 Controle van de nokplaat op buiging:

Tabel 3.18.3.8.4.1: Belastingen van de nokplaat.

Positie	Moment	Normaal	Dwars	Normaal	Normaal	Unity	Unity
x	M	kracht	kracht	kracht	kracht	check	check
[m]	[Nm]	[N]	[N]	[N]	[N]	boven	onder
6.20	-3686	-10787	-3982	3486	0	0.04	0.01
6.20	-3686	-10954	3625	3486	0	0.03	0.01

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de bovenrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{trb} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} - \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{trb} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{trb(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 44$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 44 = 57$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 57 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Resulterende trekkracht in de nokplaat bij de onderrand:

$$\text{Normaalkracht: } F_{tro} = \frac{N \cdot \cos(\alpha) + s_n \cdot Q \cdot \sin(\alpha)}{2} + \frac{M}{h_{t, eff}} \quad \text{met } F_{tro} \geq 0 \text{ N}$$

Dit resulteert in het volgende moment in de nokplaat:

Dit resulteert in het volgende moment in de eindplaat:

- Buigend moment: $M_{ep} = 0.5 * F_{tro(max)} * e = 0.5 * 0 * 25.0 = 0$ Nm
- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $M_{ep} = 1.30 * 0 = 0$ Nm
- Capaciteit van de nokplaat: $M_{p, cap} = 866$ Nm (zie hoofdstuk 4)

Controle: 0 Nm < 866 Nm, dus nokplaat (ST80*15.0) voldoet

bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.3.8 Controle van de lasaansluitingen van de nokplaat:

Tabel 3.18.3.9: Maatgevende waarden bij de bovenrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	6.34	0.00	6.34	7.32	0.04	0.02
verticaal	3.89	2.82	3.89	4.78	0.02	0.01
schotjes	3.89	2.82	3.89	4.78	0.02	0.01
kopplaat horizontaal	6.39	0.00	6.39	7.37	0.04	0.02
verticaal	4.03	2.73	4.03	4.91	0.02	0.01
schotjes	2.36	4.65	2.36	3.83	0.02	0.01

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.04 = 0.05$

Controle: $0.05 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de bovenrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Tabel 3.18.3.10: Maatgevende waarden bij de onderrand

Positie	Tldr [N]	Tpar [N]	Sldr [N]	Swsd [N]	UCwsd	UC
rand horizontaal	1.94	0.00	1.94	2.24	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.24	0.00	1.29	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
kopplaat horizontaal	1.94	0.00	1.94	2.24	0.01	0.01
verticaal	0.00	2.24	0.00	1.29	0.01	0.00
schotjes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Veiligheidsfactor seismische belastingen (1.30): $\max. UC = 1.30 * 0.01 = 0.01$

Controle: $0.01 < 1.00$, dus de lasaansluiting bij de onderrand voldoet.
 bij B.C.11: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

3.18.4 Controle van de trekstangen

a) Maatgevende trekkracht in de trekstangen $N_t = 10638$ N

Bij de controle berekening wordt ervan uitgegaan dat de trekstaaf geen drukbelasting kan opnemen. In het design model is hiermee rekening gehouden en kan de trekstang niet "op druk" belast worden. In dat geval wordt de krachtsverdeling bepaald alsof er geen trekstang zit.

N_t

Controle van de sterkte: $\sigma = \frac{N_t}{A} < \sigma_{ae\_t}$

Invullen van de bekende gegevens geeft:

10638

- $\sigma = \frac{10638}{280.6} = 37.9$ N/mm²

- controle : 37.9 N/mm² < 282.8 N/mm², dus: sterkte voldoet.

3.18.5 Uitdijen van de kas:

Tabel 3*.1: Waarden over de spanen.

-----+	
spant	Urel
	[mm]
-----+	
1	2.26
-----+	

Maximale waarde is: 2.26 mm

Uitdijen van de hele kas: 2.26 mm

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 4000 mm, lky= 4000 mm):

Toetsing van de bepalende doorsnede (lkx= 7072 mm, lky= 4000 mm):

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in :

- Rekening houdend met de glasbreedten :
 - reductiefactor gevel: $r_1 = 800 / b_{kg} < 2.0$;
 $800 / 775 = 1.00$, dus $r_1 = 1.00$
 - reductiefactor dek : $r_2 = 1125 / b_d < 2.0$;
 $1125 / 1000 = 1.13$, dus $r_2 = 1.00$
 - ugevel = $h / 100 * r_1 < 50.0$ mm;
 $4000 / 100 * 1.00 = 35.0$ mm, dus ugevel = 64.0 mm
 - udek = $1/200 * v * r_2 < 50.0$ mm
 $1/200 * 4000 * 1.00 = 26.7$ mm, dus udek = 67.9 mm
 - utoel-b = ugevel + udek = 64.0 + 67.9 = 64.0 mm
- Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:
 $U_{toel.seismic} = 2 * p_h / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0$ mm
- Maatgevend :
 - utoel = $U_{toel.seismic} = 160.0$ mm

Bedrijf: PELECON, CK-210-5
 Project: NAUTIX
 Bestand: N23.02.04 casta PV panelen.ckd



4 K R U I S S C H O O R V A K K E N en P O E R E N

Note: \$

Kasgegevens:

- Kastype : Breedkap-kas
 - Overspanning (l) : 12.40 m
 - Aantal gekoppelde spanten : 1 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.00 m
 - Kolomhoogte (h) : 4.00 m
 - Kaslengte (L) : 20.0 m
 - Aantal schoorvakken(nstab): 2
 - Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
 - Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kruisschoorvakken en de fundatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):

De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 50 jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_k = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:

- NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
- NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels

(voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)

Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de schoorvakken en/of stabiliteitsportalen wordt verwezen naar TNO rapport: BI-89-002* "Berekening van kruisschoorvakken en stabiliteitsportalen voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1989.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.

Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

4.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

- Bovenstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
- Onderstuk kolom:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.16 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
- Koppelbalk boven:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.69 < 1.00, dus: voldoet.
- Schoren:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.81 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
 - Stabiliteit (elke BC) : alleen op trek belast dus: voldoet
- Koppelbalk onder:
 - Sterkte (B.C.1) : 0.69 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.1) : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.1) : 0.42 < 1.00, dus: voldoet.
 - Verplaatsing (B.C.1) : 1.9 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.
- Stijfheid kruisschoorvak:
 - Verplaatsing (B.C.1) : 8.6 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten (B.C.1) n : 5527 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.1) : 6828 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.1.1 Eindconclusie(s):

- De 2 kruisschoorvakken voldoen qua sterkte/stijfheid/stabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Kolommen RHBK160*160*5.0 mm (S275 (EN10219)) : voldoen
 - Bovenl. koppelbalken RHBK50*50*2.0, S235 (EN10219) : voldoen
 - Schoren RD14.0 mm (S235 (EN10219)) : voldoen
 - Onderl. koppelbalken RHBK100*50*3.0, S275 (EN10219) : voldoen
 - Stijfheid kruisschoorvak : voldoet
- De fundatie voldoet qua kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Poeren BPRD800*970 : voldoen
 - Controle van de fundatiepalen is niet uitgevoerd.

- Toetsing van de gootlengte voor thermische vervormingen:

Goot Lmax (m)

staal verzinkt	222.2	> 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
staal wit	296.3	> 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
aluminium	160.1	> 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
aluminium geïsoleerd	189.8	> 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.

4.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
 - B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
 - B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
 - B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic
- De kruisschoorvakken zijn alleen in gootrichting gecontroleerd.
De controle van de kolommen en de poeren in spantrichting kan met het onderdeel CASTA/Kolommen worden uitgevoerd.
- Voor een nadere controle van de schoorverbindingen met de onderliggende koppelbalk en met de kruisschoorvak-kolommen wordt verwezen naar EN 1993-1-1 (Staalconstructies) en EN 1993-1-8 (Verbindingen).
- Bij de controle van de poeren wordt er van uitgegaan dat de heipalen in staat zijn om de verticale neerwaartse belastingen op te nemen.
- Voor de controle van de prefab-betonpalen wordt verwezen naar de (toetsingsrapporten van de) leverancier.

4.2 INVOERGEGEVENS

4.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Breedkapkas
- Overspanning (l) : 12.40 m
- Vakmaat (v) : 4.00 m
- Kolomhoogte gevel : 4.00 m
- Kaslengte (L) : 20.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 1

4.2.2 Overige gegevens van de kas:

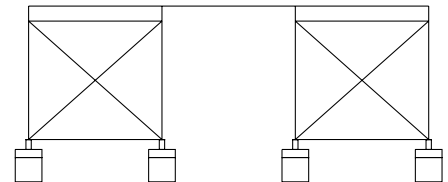
- Dekhelling (alfa) : 25.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 0 mm
- Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm (vertikaal gemeten: 497 mm)
- Spantverlaging (vspant) : 10 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1000 mm
- Glaslengte dek : 2015 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 775 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 800 mm

4.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK160*160*5.0
- Staalsoort kolommen : S275 (EN10219)
- Lengte kolom : 4000 mm

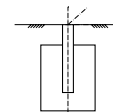
4.2.4 Gegevens van de kruisschoorvakken:

- Dubbel : Nee
- Aantal (nstab) : 2
- Kolommen : RHBK160*160*5.0 mm
- Lengte kolommen : 4000 mm
- Staalsoort kolommen : S275 (EN10219)
- Bovenl. koppelbalk : RHBK50*50*2.0 mm (S235 (EN10219))
- Schoren : RD14.0 mm (S235 (EN10219))
- Onderl. Koppelbalk : RHBK100*50*3.0 mm (S275 (EN10219))
- Schoorverlaging (vs) : 450 mm
- Onderbalkverlaging (vok) : 0 mm



4.3 Gegevens van de fundering van de kruisschoorvakken:

- Palen (26 liter beton) : RH160*160*1000
- Poeren (470 liter beton): BPRD800*970 mm (Betonprop rond)
- Poerdiepte (Dpoer) : 300 mm
- Funderingshoogte (fhp) : 0 mm
- Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast



4.3.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 300 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Fspantbeen 1e spant : 1198 N
- E.g.ligger : 2396 N

4.3.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

4.3.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V50 = 27.0 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekhulling : Sandwich isolatiedak
- Temperatuur onder kasdek: Minimaal 12 °C
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 50 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.022 x g m/sec²
 (Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 745 N/m² dekoppervlak
 (N.B.: Nokhoogte: H = 0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * tan 25° = 6.891 m)
 Gebouwhoogte: 6.891 m. Eff.hoogte: ze = 6.891 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 694.4 N/m² grondoppervlak
 (N.B.: Er is rekening gehouden met sneeuwaccumulatie)

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kruisschoorvakken - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 263
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Installaties : 70 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 70 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak
- Transportlast incidenteel : 0 N
- permanent : 0 N
- Puntlast onderbalk (Fpunt): 1000 N

4.4 UITANGSPUNTEN EN ONTWERPBELASTINGEN - NEDERLAND

4.4.1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

4.4.1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met $C_{prob} 50$ jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

4.4.1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 50$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 50$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K_1 * \ln(1 / ref)^{+0.5}}{1 - K_1 * \ln(0.02)^{+0.5}} = 27.000 \text{ m/s}$$

- Height ridge : $0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * \tan 25^\circ = 6.891$ m
- Reference height : $z_e = 6.891$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 6.891$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.741$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.283$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.635$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 455.625$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.635^{0.5} * 27.000 = 34.5$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 745.063$ N/m²
- Reductiefactor $c_{scd} = \max(0.72, (0.89 * 0.85)) = 0.75$ (rekentoestand)
- Reductiefactor $c_{scd}' = 0.89 * 0.85 = 0.75$ (gebruikstoestand)

Voor de reductiefactoren wordt de onderstaande tabel aangehouden
 (tussenliggende waarden via lineaire interpolatie):

+-----+(volgens EN13031-1)

X	Cs 2)	Ccor
[m]	loodrecht	parallel
5	0.92	1.00
10	0.89	0.85
20	0.87	0.85
30	0.85	0.85
50	0.82	0.85
75	0.80	0.85
100	0.78	0.85
150	0.75	0.85
> 200	0.73	0.85

- 1): de maximale reductie van de windstuwdruk is 0.72 (=0.85x0.85)
- 2): de ondergrens voor $cs=0.85$ (rekentoestand)
- Cs;loodrecht = 0.89 (kasbreedte 12.4 m)
- Ccor;parallel = 0.85 (kaslengte 20.0 m)

4.4.1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 694.4 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 560.0 N/m²)
- Return period: ref = 50
- Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
- Reduction with a return period n and V=0.800
 $EN\ 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/50) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 1.000$
- Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
- Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
- Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
- Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 1.000 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 560.0\ N/m^2\ 1)$
- Snow load, taken into account the Snow drifting + sliding (open, expose, Cm=1.2 or 1.0)
 Factor: f.mu.acc = 1.0 + 0.2 * Ce.NH = 1.0 + 0.2 * 1.2 = 1.24
 $q_{sneeuw} = f.mu.acc * q_s = 1.24 * 560.0 = 694.4\ N/m^2$

4.4.1.31 Calculation of the thermal coefficient Ct

Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
 For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
 category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 25°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Minimaal 12 °C
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Sandwich isolatiedak

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = U1/[1/U-R.se] = 9.530 W/m²*K
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = 1000*(20.2634/(Ti-5)*(sin(0.4*Uo-0.1))^0.75)^4
 $= 1000 * (20.2634 / (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75})^4 = 70219\ N/m^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*1.000, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)
 $= (1 - 0.054 * (\min(700 * 1.000; 70219) / 3500)^{0.25} * (12 - 5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75}) * \cos(25.00 * 3.14 / 180) = 1.000$

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)
- Sneeuwbelasting, rekening houdend met sneeuwaccumulatie:
 $C_1 = 0.8, C_2 = 0.8 * (30 + 25.0) / 30 = 1.467$
 $q_{sneeuw} = q_s * 0.5 * (C_1 + C_2) / C_1 = 560.0 * 0.5 * (0.8 + 1.467) / 0.8 = 694.4\ N/m^2$

4.4.1.4 BELASTINGCOMBINATIES EN FACTOREN

4.4.1.41 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.4.1.42 Combinaties voor dekroeden:

- BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.4.1.43 Combinaties voor de goot:

- BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
- BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.4.1.44 Settings for load combinations gamma/KFI/PSI/Zeta:

Consequence class: CC2 Gardencentre

	6.10b	6.10a
Gamma		
- Permant load G Unfavourable	1.350	1.350
- Permant load G Favourable	0.900	0.900
- Live load Q	1.500	1.500
Unfavourable load KFI		
- Permant load G	1.000	1.000
- Live load Q	1.000	1.000
Combinationfactor Psi.0		
- Snow load	0.000	0.000
- Wind load	0.000	0.000
- Permant load	1.000	1.000
Reduction factor permant load		
- Zeta	0.890	1.000

4.4.1.45 Tabel 1: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen gewicht dek a= 300 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 70 N/m ² + 0 N/m ² = 70 N/m ²	Wind- belasting a= 745 N/m ² b= 745 N/m ² c= 745 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 694 N/m ² b= 560 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 0 N b= 0 N	Aardbeving AgR = 0.022 [Sd]
1	1.20(1.00)	1.20(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.20(1.00)	1.20(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	b 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	1.20(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.35(1.00)	1.35(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)
7	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	b 1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.034]
8	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.034]
9	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.00(1.00)	0.00(0.00)	1.00(0.00)[0.037]

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 6891	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 4000	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 5168	mm	
- Roof angle	: alpha = 25.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 12400	mm	Ratio h/W = 0.4168
- Greenhouse length	: L = 20000	mm	Ratio h/L = 0.2584
- Bay width gutter to gutter	: S = 12400	mm	Ratio h/S = 0.4168

4.4.1.46 Tabel 2: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.40
2	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
3	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
6	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
7	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
9	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

4.5 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

4.5.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.16	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 2			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.16	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.15	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.17	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.69	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.81	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.69	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.65	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.42	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 1.9 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 8.6 mm	<	53.3 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):				
- Momenten NBM	: 5527 Nm	<	15169 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -5813 Nm	<	12244 Nm,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 6828 N	<	12002 N,	dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):				
- Momenten NBM	: 5527 Nm	<	15169 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -13874 Nm	<	12244 Nm,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 6828 N	<	12002 N,	dus: voldoet.

4.5.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 0.2 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 1.1 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
 (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -23901 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
 (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -24971 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.78 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.66 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.63 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 1.8 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 7.9 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 2867 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -4855 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.78 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.66 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.63 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 1.8 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 7.9 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 2867 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -4855 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.68 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.80 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.68 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.64 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 1.9 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 8.3 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
 (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5424 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -2136 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6701 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
 (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5424 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -10054 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 6701 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.04	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.04	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.04	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.04	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.05	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.22	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 0.1 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 0.4 mm	<	53.3 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 200 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -12595 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 248 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 200 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -13213 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 248 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.18	<	1.00,	dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse	: 3			
- Sterkte	: 0.09	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.10	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.19	<	1.00,	dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.07	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.08	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.24	<	1.00,	dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.33	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: op trek belast			dus: voldoet
- Stabiliteit	: op trek belast			dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse	: 1			
- Sterkte	: 0.21	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.20	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.13	<	1.00,	dus: voldoet.
- Verplaatsing	: 0.2 mm	<	5.0 mm,	dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing	: 1.0 mm	<	53.3 mm,	dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):

- Momenten NBM	: 524 Nm	<	15169 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -23901 Nm	<	12244 Nm,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 647 N	<	12002 N,	dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):

- Momenten NBM	: 524 Nm	<	15169 Nm,	dus: voldoet.
- Momenten OBM	: -24971 Nm	<	12244 Nm,	dus: voldoet.
- Horizontaal	: 647 N	<	12002 N,	dus: voldoet.

4.5.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.10 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.24 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.33 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 0.2 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 1.0 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -23901 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -24971 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.

4.5.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bovenstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.03 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Onderstuk kolom:

- Doorsn.klasse : 3
- Sterkte : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.07 < 1.00, dus: voldoet.

Koppelbalk boven:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.

Schoren:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.13 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : op trek belast dus: voldoet
- Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet

Koppelbalk onder:

- Doorsn.klasse : 1
- Sterkte : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
- Spanning : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Stabiliteit : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
- Verplaatsing : 0.1 mm < 5.0 mm, dus: voldoet.

Stijfheid kruisschoorvak:

- Verplaatsing : 0.4 mm < 53.3 mm, dus: voldoet.

Fundering:

- Kantelstabiliteit in de op "trek" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 198 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -12244 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 245 N < 12002 N, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit in de op "druk" belaste fundatie
(neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 198 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -12859 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 245 N < 12002 N, dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
(zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

4.6 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht maatgevende belastingen op de fundatiepaal per belastingscombinatie.
 (uitkomsten in rekentoestand, eventueel tussen haakjes in gebruikstoestand)

4.6.1 B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	20799	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	51904	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	4490	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-1566	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	9749	N	(6828 N)

4.6.2 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	75499	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	78361	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	413	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-144	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	897	N	(647 N)

4.6.3 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-21368	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	8622	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	4329	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-1509	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	9399	N	(6529 N)

4.6.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	-21368	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	8622	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	4329	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-1509	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	9399	N	(6529 N)

4.6.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	5825	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	36361	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	4408	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-1537	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	9571	N	(6701 N)

4.6.6 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	29354	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	30421	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	154	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-54	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	335	N	(248 N)

4.6.7 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	50668	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	60274	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	1387	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-484	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3011	N	(647 N)

4.6.8 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	50668	N	
- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	60274	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	1387	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-484	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	3011	N	(647 N)

4.6.9 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

- Vert. belasting betonpaal "trekzijde" (excl. beton):	Va	=	19099	N	

- Vert. belasting betonpaal "drukzijde" (idem):	Vb	=	22956	N	
- Eigen gewicht van de schoorvakkolom	Feg.sk	=	953	N	
- Moment in de betonpaal bij koppelbalk:	M1	=	557	Nm	
- Moment in de betonpaal bij poer:	M2	=	-194	Nm	
- Dwarskracht in de betonpaal:	Fhk	=	1209	N	(245 N)

4.6.10 Summary of loads at foundation:

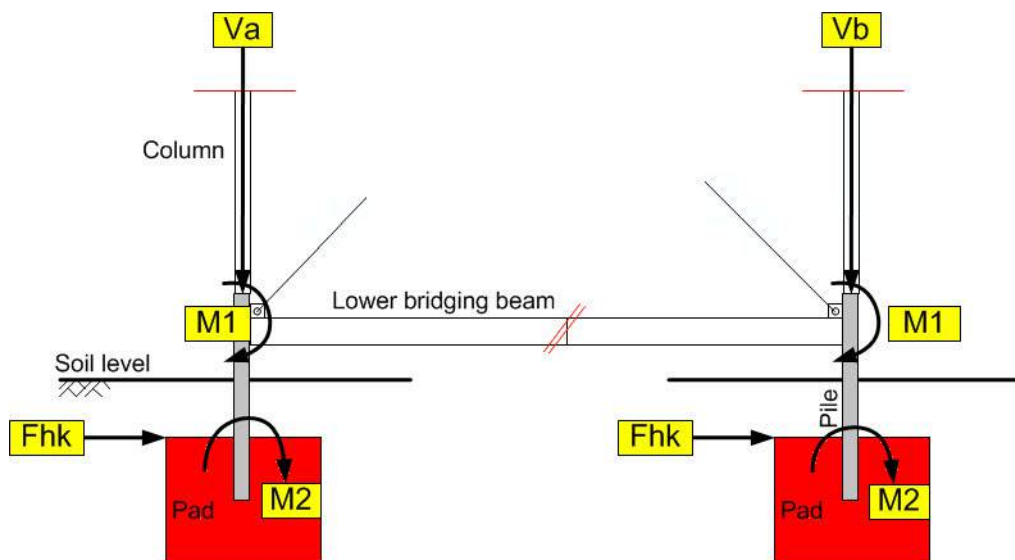


Table: Foundation forces in gutter direction

Table	Load V	Load V	Moment	Moment	Load H
Combination	Va ULS	Vb ULS	M1 ULS	M2 ULS	Fhk ULS
	+Feg[N]	+Feg[N]	[Nm]	[Nm]	[N]
	-anchor-				
BC1	21944	53049	4490	-1566	9749
BC2	76644	79507	413	-144	897
BC3	-20510	9479	4329	-1509	9399
BC4	-20510	9479	4329	-1509	9399
BC5	6970	37507	4408	-1537	9571
BC6	30640	31708	154	-54	335
BC7	51621	61228	1387	-484	3011
BC8	51621	61228	1387	-484	3011
BC9	20053	23909	557	-194	1209

4.7 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.

4.7.1 Eigenschappen van de kolommen (RHBK160*160*5.0 mm S275 (EN1021) (index "k")):

- Oppervlakte : Ak = 3035.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.k = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.k = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.k = 63.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.k = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.k = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.k = 63.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.k = 80.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lk = 4.000 m
- Gewicht : Gk = 95.318 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.k = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ek = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.k = 150367 (Wply.k = 175243) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.k = 150367 (Wplz.k = 175243) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.k = 18534718 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.k = 940559 N
 - NRk.k = 940559 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.k = 46590 Nm
 - elastisch My.Rk.k = 46590 Nm
 - Mz.c.Rd.k = 46590 Nm
 - Mz.Rk.k = 46590 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoek*tk/Lk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 309.8 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lk = 622.8 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dk = fy-eq = 309.8 N/mm²
- Op trek belast : fy-tk = fy-eq = 309.8 N/mm²
- Bij de berekening van de kniklengte(n) van de kolommen wordt direkt rekening gehouden met de belastingconfiguratie (zie 6.3).

4.7.2 Eigenschappen van de koppelbalk boven (RHBK50*50*2.0 mm S235 (EN1021) (index "bk")):

- Oppervlakte : Abk = 380.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.bk = 145650.6 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.bk = 5826.0 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.bk = 19.6 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.bk = 145650.6 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.bk = 5826.0 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.bk = 19.6 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.bk = 25.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lbk = 4.000 m
- Gewicht : Gbk = 11.950 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.bk = 235.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Ebk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gbk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.bk = 5826 (Wply.bk = 6830) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.bk = 5826 (Wplz.bk = 6830) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.bk = 216046 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.bk = 102986 N
 - NRk.bk = 102986 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.bk = 1577 Nm Mz.c.Rd.bk = 1577 Nm
 - elastisch My.Rk.bk = 1577 Nm Mz.Rk.bk = 1577 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S235 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S235 (EN10219) (fy = 235.0 N/mm², ft = 360.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy + (7 * rho_{yk} * t_{bk} / L_{bk}) * (ft - fy) < (fy + ft) / 2: fy-eq = 270.6 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lbk = 196.6 mm
 - Omgez. hoeken : rho_{yk} = 4
 - Op druk belast : fy-dbk = fy-eq = 270.6 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tbk = fy-eq = 270.6 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - Stel: Kniklengte l_{bk} = l_{ky} = l_{kz} = v = 4000 mm (conservatieve benadering)
 - Dan is de kleinste traagheidsstraal maatgevend:
 - i-min_{bk} = min (iy.bk, iz.b) = 19.6 mm
 - Slankheid : lambda_{dabk} = 4000 / 19.6 = 204
 - Chibk.y = min(0.169 , 1.0) = 0.169 , Chibk.z = min(0.169 , 1.0) = 0.169

4.7.3 Eigenschappen van de schoren (RD14.0) (index "s"):

- Oppervlakte As = 154 mm²
 - Ontwikkelde lengte Ls = 44 mm
 - Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.s = 269 mm³
 - Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.s = 269 mm³
 - Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.s = 36175 N
 NRk.s = 36175 N
 - Moment My.c.Rd.s = 63 Nm Mz.c.Rd.s = 63 Nm
 My.Rk.s = 63 Nm Mz.Rk.s = 63 Nm

4.7.4 Eigenschappen van de koppelbalk onder (RHBK100*50*3.0 mm S275 (EN1021) (index "ok")):

- Oppervlakte : Aok = 848.5 mm²
 - Traagheidsmoment y-as: Iy.ok = 1083900.5 mm⁴
 - Weerstandsmoment y-as: Wy.ok = 21678.0 mm³
 - Traagheidsstraal y-as: iy.ok = 35.7 mm
 - Traagheidsmoment z-as: Iz.ok = 365520.2 mm⁴
 - Weerstandsmoment z-as: Wz.ok = 14620.8 mm³
 - Traagheidsstraal z-as: iz.ok = 20.8 mm
 - Neutrale lijn z-as : ez.ok = 25.0 mm
 - Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
 z : eNz = 0.0 mm
 - Lengte : Lok = 4.000 m
 - Gewicht : Gok = 26.644 kg
 - Rekenwaarde vloeigrens fy.ok = 275.0 N/mm²
 - Elasticiteitsmodulus Eok = 210000 N/mm²
 - Afschuivingsmodulus Gok = 80769 N/mm²
 - Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.ok = 21678 (Wply.ok = 27045) mm³
 - Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.ok = 14621 (Wplz.ok = 16632) mm³
 - Torsietraagheidsmoment It.ok = 853355 mm⁴
 - Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.ok = 271151 N
 NRk.ok = 271151 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.ok = 6927 Nm Mz.c.Rd.ok = 4672 Nm
 elastisch My.Rk.ok = 6927 Nm Mz.Rk.ok = 4672 Nm
 - Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
 - De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel.
 Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens
 is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)

$$fy_{eq} = fy + (7 \cdot \rho_{hoek} \cdot t_{ok} / L_{ok}) \cdot (f_t - f_y) < (f_y + f_t) / 2$$

 fy-eq = 319.5 N/mm²
 - Ontwikkelde lengte : Lok = 292.3 mm
 - Omgez. hoeken : rhoek = 4
 - Op druk belast : fy-dok = fy-eq = 319.5 N/mm²
 - Op trek belast : fy-tok = fy-eq = 319.5 N/mm²
 - Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:
 - Stel: Kniklengte lkok = lky = lkz = v = 4000 mm (conservatieve benadering)
 - Verticale as (= sterke as):
 - Slankheid : lambda-yok = 4000 / 35.7 = 112
 - omega-yok = 2.54 (art. 7.4 van RKP 1990 met alfa = 0.49)
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eyok} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{yok}}{v^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1E5 \cdot 108E4}{4000^2} = 140407 \text{ N}$$

 - Horizontale as (= zwakke as):
 - Slankheid : lambda-zok = 4000 / 20.8 = 193
 - Chiob.y = min(0.393 , 1.0) = 0.393 , Chiob.z = min(0.164 , 1.0) = 0.164

4.7.5 Controle gootlengte.

Uitgangspunten volgens de norm.

Profiel	Uitzettings coëfficiënt alfa	Temperatuur verschil dT	Gootlengte met verh. therm. uitzetting Lklem
Goot staal verzinkt	12.0+10-6 1/°K	40 °K	0.00 m
Goot staal wit	12.0+10-6 1/°K	30 °K	0.00 m
Goot aluminium	24.0+10-6 1/°K	30 °K	12.00 m
Goot aluminium geïsoleerd	24.0+10-6 1/°K	25 °K	12.00 m

Controle maximale kaslengte:

In EN13031-1 is geen absolute grens gesteld aan de maximale gootlengte.

In de praktijk zal de maximale gootlengte afhankelijk zijn van de eigenschappen van de kasomhulling. Uitgangspunt hierbij is dat het omhullingsmateriaal onder alle omstandigheden voldoende speling in de opleggingen heeft en behoudt.

Met de module Glas van CASTA/Kassenbouw kan bijvoorbeeld de glasverdeling in de gevels hierop gecontroleerd worden.

Daarnaast kan ook de wijze waarop het hemelwater wordt afgevoerd (afschot) een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de toelaatbare gootlengte.

Bij deze controleberekening wordt naar de effecten van de thermische vervormingen op de scheefstand van de kopgevelkolom gekeken.

Maximale thermische scheefstand utoel = $2 \cdot \frac{H}{150} = 2 \cdot \frac{4000}{150} = 53.3$ mm.
 van de kopgevelkolom:

Deze vervormingseis is bepaald op basis van de eisen van EN13031-1, vervormingen gevelsteunende onderdelen (artikel 11.2.2).
 De doorbuigingseis is vermenigvuldigd met een factor 2 in verband met vervormingslijn van de kopgevelkolom bij thermische uitzetting/krimp van de goot.

Maximale kaslengte per type goot wordt met de volgende formule bepaald:

$$L_{\max} = \frac{2 \cdot \text{utoel}}{\alpha \cdot dT} + L_{\text{klem}}$$

(met een maximum van 350 m. Dit maximum is vastgesteld in overleg met de Adviesraad van Hortivation)

Toetsing gootlengte voor thermische vervormingen:

Goot	Lmax (m)	
staal verzinkt	222.2 > 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
staal wit	296.3 > 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
aluminium	160.1 > 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.
aluminium geïsoleerd	189.8 > 20.0	m, scheefstand gevelkolom < 53.3 mm.

4.7.6 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (4.7.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (4.7.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

4.7.6.1 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei zw zandig
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 18.0$ in kN/m³
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 22.5$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 5000$ in N/m²
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.100$ in N/mm²
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.237$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.005$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{gsat} = 18$ in kN/m³
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 1.1$
- Bedding : $k = 40$ in MN/m³ ($k=40000$ kN/m³)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-d} = 1 - \sin(22.5^\circ) = 0.62$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-d} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 2.24$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-d} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 0.45$

b) Eigenschappen van de poeren:

- Eigen gewicht van de paal ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 $G_{paal} = 0.160 \cdot 0.160 \cdot 1.000 \cdot 24000 = 614$ N
 (inclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 $G_{poer} = \frac{\pi}{4} \cdot 0.800^2 \cdot 0.970 \cdot 24000$
 $- 0.160 \cdot 0.160 \cdot (1.000 - 0.000 - 0.300) \cdot 24000 = 11272$ N
 (exclusief het gedeelte van de paal in de poer)
- Eigen gewicht van de grond boven op de poer:
 $G_{grond} = [\frac{\pi}{4} \cdot 0.800^2 - 0.160 \cdot 0.160] \cdot 0.300 \cdot 18000 = 2576$ N
 ----- +
- Totaal: $G_{fund} = G_{paal} + G_{poer} + G_{grond} = 14462$ N

Uit extrapolatie van enkele experimenten (zie TNO-rapport B-79-268) kan bij benadering de veerstijfheid van de poer worden afgeleid:

- Veerstijfheid van de poer:
 $k_{poer} \text{ (kNm/rad)} = 1000 \cdot d_{poer}(m) - 200 =$
 $= 800 - 200 = 600$ kNm/rad = 600 E6 Nmm/rad
- Reductie-factor van de poer:

$$r_{poer} = \frac{(1.0 + \frac{k_{poer} \cdot v^{-1}}{6 \cdot E \cdot I_{xok}})}{(1.0 + \frac{600E6 \cdot 4000^{-1}}{6 \cdot 2.1E5 \cdot 108E4})} = 0.363$$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

- $B = (\frac{\pi}{4} \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\frac{\pi}{4} \cdot 800^2)^{1/2} = 709.0$ mm

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = 970 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = 300 \text{ mm}$

4.7.6.2 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het middenbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering F_{hk} , werkend van links naar rechts. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwing van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk. De verticale neerwaartse belasting wordt rechtstreeks opgenomen door de heipalen.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (M_{wz} ; F_{vz} ; F_{hz}), het verschil in gronddruk tegen het linker- (F_{ha} ; M_{ha}), respectievelijk het rechterkopvlak (F_{hp} ; M_{hp}) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (F_{va}) en rechterkopvlak (F_{vp}) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}).

$$M_{p\_neerw} = M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + F_{vp} \cdot B / 2 + F_{va} \cdot B / 2 + M_{vo} \quad (\text{linksom} = +)$$

$$F_{v\_neerw} = F_{vz} + F_{va} + F_{vp} + F_{vo} \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$F_{h\_neerw} = F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (M_{wz} , F_{vz} en F_{hz}) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk S_n . Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht F_w , die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht F_w wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/R_{max}). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van F_w met de straal R geeft het tegenwerkend koppel M_w . Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen M_{wz} , F_{vz} en F_{hz} bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{max} = (0.25 \cdot B^2 + H^2)^{1/2} = (0.25 \cdot 709.0^2 + 970^2)^{1/2} = 1033 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= s_g \cdot (D + H) \cdot \lambda_{a-n} \cdot \tan(\phi_i) + C_0 \\ &= 18 \text{ E-6} \cdot (300 + 970) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{ E-3} = 10.85 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{12} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{H^2}{4} + \frac{B^2}{24} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 970 \cdot 709.0}{1033} \cdot \left[10.8 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{709.0^2}{12} + \frac{970^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot 970 \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{970^2}{4} + \frac{709.0^2}{24} \right) \right] = 3612 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 970 / 2) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 8.61 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Vanwege de symmetrische kanteling geldt: $F_{vz} = 0 \text{ N}$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 970 / 3) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 7.87 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 970 \cdot 709.0 \cdot 7.87 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 970 / 1033 = 5083 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha} , F_{va} , F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_p * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 18 \text{ E-6} * 709.0 * 970^2 * [0.62 * (300 /2 + 970 /4) \\
 &\quad + 2.24 * (300 + 970 /4)] = 5833 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (opwaarts):

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [T_nC + sg * (\lambda_p - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\
 &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\
 &= 709.0 * 970 * [8.61 \text{ E-3} + 18 \text{ E-6} * (2.24 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\
 &\quad * (300 /2 + 970 /6)] * (0.5 * 709.0) / 1033 = 2923 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_p * (D/2 + H/6)] \\
 &= 18 \text{ E-6} * 709.0 * 970 * [0.62 * (300 /2 + 970 /3) \\
 &\quad + 2.24 * (300 /2 + 970 /6)] = 12258 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_a * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 18 \text{ E-6} * 709.0 * 970^2 * [0.62 * (300 /2 + 970 /4) \\
 &\quad + 0.45 * (300 + 970 /4)] = 1939 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (neerwaarts):

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [TnC + sg * (\lambda_{da-a} - \lambda_{da-n}) * \tan(\phi_i) * (D/2 + H/6)] \\
 &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\
 &= 709.0 * 970 * [8.61E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\
 &\quad * (300 / 2 + 970 / 6)] * (0.5 * 709.0) / 1033 = 1939 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= sg * B * H * [\lambda_{da-n} * (D/2 + H/3) + \lambda_{da-a} * (D/2 + H/6)] \\
 &= 18E-6 * 709.0 * 970 * [0.62 * (300 / 2 + 970 / 3) \\
 &\quad + 0.45 * (300 / 2 + 970 / 6)] = 5340 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat een driehoekig grondspanningsverloop ontstaat tegen de rechterhelft van de onderkant van de poer:

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/6 * S_{gr} * B^3 = 1/6 * 0.100 * (709.0)^3 = 5940 \text{ E3 Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p\_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + (F_{vp} + F_{va}) * B / 2 + M_{vo} \\
 &= 3612 + 5833 - 1939 + (2923 + 1939) * 0.7090 / 2 + 5940 = 2E+7 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h\_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 5083 + 12258 - 5340 = 12002 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Indien de poer op een juiste manier is verankerd aan de heipaal is in principe een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk.

4.7.6.3 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld omhoog te willen en enigszins te kantelen om het rechterbenedenpunt B. Hierdoor veranderen de wrijvingskrachten tegen zij- en kopvlakken. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer. Het verticale evenwicht speelt nu wel een rol. In feite is er bij opwaartse belasting geen onderscheid tussen een niet-onderheide poer en een poer op palen.

- Moment ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt B:

$$- R_{\max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (709.0^2 + 970^2)^{1/2} = 1201 \text{ mm}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned} - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi_i) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\ &= \frac{2 \cdot 970 \cdot 709.0}{1201} \cdot \left[10.8 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{709.0^2}{3} + \frac{970^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot 970 \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{709.0^2}{6} + \frac{970^2}{4} \right) \right] = 4344 \text{E}3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned} - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n C \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 970 \cdot 709.0 \cdot 8.61 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 709.0 / 1201 = 3495 \text{ N} \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

$$\begin{aligned} - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n D \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 970 \cdot 709.0 \cdot 7.87 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 970 / 1201 = 4369 \text{ N} \end{aligned}$$

- Wrijving tegen de kopvlakken van de poer:

Passief:

$$\begin{aligned} - F_{vp} &= B \cdot H \cdot [T_n C + s_g \cdot (\lambda_{p-p} - \lambda_{p-n}) \cdot \tan(\phi_i) \cdot (D/2 + H/6)] \\ &= 709.0 \cdot 970 \cdot [8.61 \text{E-}3 + 18 \text{E-}6 \cdot (2.24 - 0.62) \cdot \tan(23^\circ) \\ &\quad \cdot (300 / 2 + 970 / 6)] = 8516 \text{ N} \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kruisschoorvakken - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 290
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

Actief:

$$\begin{aligned} - Fva &= B * H * [TnC + sg * (\lambda_a - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\ &= 709.0 * 970 * [8.61E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\ &\quad * (300/2 + 970/6)] = 5650 \text{ N} \end{aligned}$$

Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende opwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - Mp_{opw} &= Mwz + Mhp - Mha + Fva * B \\ &= 4344 + 5833 - 1939 + 5650 * 0.7090 = 12244 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - Fv_{opw} &= Fvz + Fva + Fvp \\ &= 3495 + 5650 + 8516 = 17662 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - Fh_{opw} &= Fhz + Fhp - Fha \\ &= 4369 + 12258 - 5340 = 11288 \text{ N} \end{aligned}$$

%PLL = 1

4.8 B.C.1: a1) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300) = 300 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 370 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 12.40 * 4.00 = 18352 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00 = 280 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396) = 2396 N
 - Transportlast = 0.00 * max(0, 1000) + 1.00 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 21028 N
 - Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(-0.40))*(1.00 * 745) = 7391 N
 In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 28419 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300) = 360 N/m²
 - Gewasbelasting (1.50 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.20 * 70) = 84 N/m²
 ----- +
 Totaal : 445 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 445 * 12.40 * 4.00 = 22050 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.20 * 70) * 4.00 = 336 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.20 * 2396) = 2878 N
 - Transportlast = 0.00 * max(0, 1000) + 1.20 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 25265 N
 - Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(-0.40))*(1.50 * 745) = 11087 N
 In rekentoestand: Fvk = -N = 36351 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 / 4.00 * (36351 - 0) + 0 = 181756 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 181756 / (2 * 2) = 45439 N

4.8.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = 12.40/2 * tan 25 = 2.89 m
 - Kapoppervlak (Akap) = 1 * 12.40/2 * 2.89 = 17.9 m²
 - Geveloppervlak (Agevel) = 12.40 * 4.00 = 49.6 m²
 - Fh,kop = (0.7 + 0.3) * (1.50 * 745) * (17.9 + 49.6/2) * 0.75 = 36048 N

b) Windwrijving op het kasdek:

- Fh,dek = cf * lspant * Qwind * max(0, (Lkas - 2*(ph+fh))) * cscd
 = 0.01 * 12.40 * (1.50 * 745) * 12.00 * 0.75 = 1251 N
 - Fh,wind = Fh,kop + Fh,dek = 36048 + 1251 = 37300 N

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten: psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |181756| = 1696 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = 37300 + 1696 = 38995 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 38995 / (2 * 2) = 9749 N
 In gebruikstoestand: (fCd = CsCd'/CsCd = 0.75 / 0.75 = 1.00)
 - Fh,wind' = Fh,kop' + Fh,dek' = 24032 + 834 = 24866 N
 - Fh,tot' = 24866 * 1.00 + 1326 = 27312 N
 - Fhk' = 27312 / (2 * 2) = 6828 N

4.8.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{9749 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 36.26 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 36.26 \text{ E-3} * 0.363 = 13.15 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 13.15 \text{ E-3} = 7891 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 7891 \text{ E3} * 6828 / 9749 = 5527 \text{ E3 Nmm}$$

4.8.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 36351 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (45439 - 36351) = 37374 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 36351 + \frac{9749 * \frac{4000 + 0 - 0}{4000} + 0}{4000} = 46100 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 31.642$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 31.642 * 46100 = 1458707 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1458707} = 1.36$$

$$- n/n-1 = 3.81$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.81 = 561 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{561E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.100$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.100})^{0.5} = 4592 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4592)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{37374} = 31.6421$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Iz_k}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{31.64 * 36351} \right)^{0.5} = 4656 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4656 / (4000 + 0 - 0) = 1.16)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / iz_k = 4656 / 63.0 = 74$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = lkyk / iy_k = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkracht: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * Iz_k}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / iz_k = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.8.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normalkracht : $N_{kb} = -36351 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 9749 \cdot 450 = 4387 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-36351|}{940559} + \frac{|4387|}{46590} = 0.133$$

controle: $0.133 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-36351|}{3035.6} + \frac{|4387|}{175.243} = 37.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 37.0 / 275.0 = 0.135$$

controle: $0.135 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.80 - 0.2) \cdot (|-36351| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-36351| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.94) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-36351| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0) + 0.94 \cdot |4387.0| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.061 + 0.088 = 0.150 \\ UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-36351| / (0.371 \cdot 940559 / 1.0) + 0.56 \cdot |4387.0| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.104 + 0.053 = 0.157 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.150, 0.157) = 0.157$$

controle: $0.157 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.8.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(36351 + 2 * 9749 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -55849 \text{ N}$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.03 * 4387 \text{ E3}, 4387 \text{ E3}) = 4387 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 2

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-55849|}{940559} + \frac{|4387|}{46590} = 0.154$$

controle: $0.154 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-55849|}{3035.6} + \frac{|4387|}{175.243} = 43.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 43.4 / 275.0 = 0.158$$

controle: $0.158 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmz2 = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 4386.98$, $M2 = 0.00$, $M_s = 2193.49$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-55849| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.62$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-55849| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.64$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.62, 0.64) = 0.62$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.37$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiz * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{z,Ed}|}{1.00 * Mz.Rk / 1.0} = \frac{|-55849|}{0.756 * 940559 / 1.0} + 0.62 * \frac{|4387.0|}{1.00 * 46589.8 / 1.0} = 0.079 + 0.058 = 0.137$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{Chiy * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{z,Ed}|}{1.00 * Mz.Rk / 1.0} = \frac{|-55849|}{0.371 * 940559 / 1.0} + 0.37 * \frac{|4387.0|}{1.00 * 46589.8 / 1.0} = 0.160 + 0.035 = 0.195$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.137, 0.195) = 0.195$$

controle: $0.195 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.1 : a1) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -9749 \cdot \frac{4000}{3550} = -10985 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.20 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 71.788 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10985|}{102986} + \frac{|72|}{1577} = 0.152$$

controle: $0.152 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10985|}{380.6} + \frac{|72|}{6.830} = 39.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 39.4 / 235.0 = 0.168$$

controle: $0.168 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 71.79, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.18 \cdot (|-10985| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.73$$

$$Ky.3 = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10985| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.31$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.73, 1.31) = 1.31$$

$$Kz.b = 0.8 \cdot Ky.b = 1.05$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-10985| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.31 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.630 + 0.060 = 0.690$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot N_{Rk} / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-10985| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.05 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.630 + 0.048 = 0.678$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.690, 0.678) = 0.690$$

controle: $0.690 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.1 : a1) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+fh-fhp+vok}{v} * \frac{ls}{h+fh-fhp-vs+vok} = \\
 &= 2 * 9749 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 29374 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: $ls = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{29374}{36175} = 0.812$$

controle: $0.812 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.8.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -9749 * (1 + 450 / 3550) = -1E+4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 9749 * 1270 - 7891 \text{ E3} = 4490 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10985|}{271151} + \frac{|4490|}{6927} = 0.689$$

controle: 0.689 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10985|}{848.5} + \frac{|4490|}{27.045} = 179.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 179.0 / 275.0 = 0.651$$

controle: 0.651 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 4490.24, M2 = -4490.24, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-10985| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.44 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10985| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.43 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.44, 0.43) = 0.43 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-10985| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.43 * |4490.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.103 + 0.281 = 0.384 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-10985| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.26 * |4490.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.248 + 0.168 = 0.416 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.384, 0.416) = 0.416$$

controle: 0.416 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{9749 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 2.59 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 12.78 * 9749 / 6828 = 18.25$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.06$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.06 * 2.59 * \frac{27312}{38995} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 1.92 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $1.9 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{29374 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 4.86 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{55849 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.31 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{10985 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.55 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 4.86 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.31 + 0.55 = 7.32 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 7.32 + \frac{9749 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{9749 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 8.25 + 0.92 + 0.12 = 9.29 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1-goot * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 1.92 \text{ mm}$ (zie 48.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 31.64$ (zie 48.4)
- $nzkb' = 31.64 * 9749 / 6828 = 45.18$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.02$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.02 * 9.29 * \frac{6828}{9749} + 1.92 = 8.57 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 116.2 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel-a < utoel-b < umax; \text{MIN}(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $8.6 \text{ mm} < 53.3 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.1 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 28419 - \frac{2 * 6828 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{5527E3}{4000} = 17526 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 17526 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
- Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 31988 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 5527 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 5527 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 11340 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = -5813 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5527 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -5813 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 31988 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 6828 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.8.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 28419 + \frac{2 * 6828 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{5527E3}{4000} = 39311 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 39311 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 54727 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 5527 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 5527 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 19400 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -13874 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $5527 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-13874 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|54727 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $6828 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.1: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

4.9 B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300) = 300 N/m²
 - Sneeuwbelasting (1.00 * 694) = 694 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 1064 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 12.40 * 4.00 = 52796 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00 = 280 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396) = 2396 N
 - Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 55471 N
 - Windbelasting: 0 N

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 55471 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300) = 360 N/m²
 - Sneeuwbelasting (1.50 * 694) = 1042 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(1.50 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.20 * 70) = 84 N/m²
 ----- +
 Totaal : 1486 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 1486 * 12.40 * 4.00 = 73715 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.20 * 70) * 4.00 = 336 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.20 * 2396) = 2878 N
 - Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.20 * 0 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 76930 N
 - Windbelasting: 0 N

In rekentoestand: Fvk = -N = 76930 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 / 4.00 * (76930 - 0) + 0 = 384650 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 384650 / (2 * 2) = 96162 N

4.9.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |384650| = 3589 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = Fh,scheefstand = 3589 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 3589 / (2 * 2) = 897 N
 In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.75 / 0.75 = 1.00)
 - Fhk' = 2588 / (2 * 2) = 647 N

4.9.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{897 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 3.34 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 3.34 \text{ E-3} * 0.363 = 1.21 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 1.21 \text{ E-3} = 726 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 726 \text{ E3} * 647 / 897 = 524 \text{ E3 Nmm}$$

4.9.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 76930 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (96162 - 76930) = 79094 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 76930 + \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{897 * 4000} = 77827 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 17.535$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 17.535 * 77827 = 1364691 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1364691} = 1.45$$

$$- n/n-1 = 3.22$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.22 = 662 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{662E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.118$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.118})^{0.5} = 4240 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4240)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{79094} = 17.5349$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{17.53 * 76930} \right)^{0.5} = 4299 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4299 / (4000 + 0 - 0) = 1.07)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 4299 / 63.0 = 68$
 - $Chikb.z = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Chik.y = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkraft: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Chiko.z = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.9.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -76930 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 897 \cdot 450 = 404 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-76930|}{940559} + \frac{|404|}{46590} = 0.090$$

controle: $0.090 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-76930|}{3035.6} + \frac{|404|}{175.243} = 27.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 27.6 / 275.0 = 0.101$$

controle: $0.101 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.80 * (|-76930| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.95 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-76930| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.97 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.95, 0.97) = 0.95 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.76 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-76930| / (0.663 * 940559 / 1.0) + 0.95 * |403.7| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.122 + 0.008 = 0.130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-76930| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.76 * |403.7| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.220 + 0.007 = 0.227 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.130, 0.227) = 0.227$$

controle: $0.227 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.9.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(76930 + 2 \cdot 897 \cdot (4000 + 0 - 0 + 0)) / 4000 = -78724 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 \cdot 1.06 \cdot 404 \text{ E3}, 404 \text{ E3}) = 404 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-78724|}{940559} + \frac{|404|}{46590} = 0.092$$

controle: $0.092 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-78724|}{3035.6} + \frac{|404|}{175.243} = 28.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.2 / 275.0 = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 M1 = 403.74, M2 = 0.00, Ms = 201.87, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,darel,z} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.65 \cdot (|-78724| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.63 \\ Kz.3 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-78724| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.64 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.63, 0.64) = 0.63 \\ Ky.b &= 0.8 \cdot Kz.b = 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-78724| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0) + 0.63 \cdot |403.7| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.111 + 0.005 = 0.116 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-78724| / (0.371 \cdot 940559 / 1.0) + 0.50 \cdot |403.7| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.225 + 0.004 = 0.230 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.116, 0.230) = 0.230$$

controle: $0.230 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -897 \cdot \frac{4000}{3550} = -1011 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.20 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 71.788 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1011|}{102986} + \frac{|72|}{1577} = 0.055$$

controle: $0.055 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1011|}{380.6} + \frac{|72|}{6.830} = 13.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 13.2 / 235.0 = 0.056$$

controle: $0.056 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 71.79, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.18 - 0.2) \cdot (|-1011| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.06$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-1011| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 0.99$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.06, 0.99) = 0.99$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.60$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0) = |-1011| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 0.99 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0) = 0.058 + 0.045 = 0.103$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (C_{hz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0) = |-1011| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 0.60 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0) = 0.058 + 0.027 = 0.085$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.103, 0.085) = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+fh-fhp+vok}{v} * \frac{ls}{h+fh-fhp-vs+vok} = \\
 &= 2 * 897 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 2703 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: $ls = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{2703}{36175} = 0.075$$

controle: $0.075 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.9.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -897 * (1 + 450 / 3550) = -1011 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 897 * 1270 - 726 \text{ E3} = 413 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1011|}{271151} + \frac{|413|}{6927} = 0.063$$

controle: 0.063 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1011|}{848.5} + \frac{|413|}{27.045} = 16.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 16.5 / 275.0 = 0.060$$

controle: 0.060 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 413.25, M2 = -413.25, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-1011| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-1011| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-1011| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.40 * |413.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.009 + 0.024 = 0.034 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-1011| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.24 * |413.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.023 + 0.014 = 0.037 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.034, 0.037) = 0.037$$

controle: 0.037 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{897 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 0.24 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' = 138.9 * 897 / 647 = 192.62$$

$$- nyok'/nyok'-1 = 1.01$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.01 * 0.24 * \frac{2588}{3589} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 0.17 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: 0.2 mm < 5.0 mm, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{2703 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 0.45 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{78724 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.44 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{1011 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.05 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 0.45 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.44 + 0.05 = 1.04 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 1.04 + \frac{897 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{897 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 1.17 + 0.09 + 0.01 = 1.27 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2\text{-goot}' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1\text{-goot} * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2\text{-ok}' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2\text{-ok}'$ = horizontale verplaatsing fundering = 0.17 mm (zie 49.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 17.53$ (zie 49.4)
- $nzkb' = 17.53 * 897 / 647 = 24.32$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.04$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2\text{-goot}' = 1.04 * 1.27 * \frac{647}{897} + 0.17 = 1.12 \quad \text{mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel\text{-}a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \quad \text{mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \quad \text{mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \quad \text{mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \quad \text{mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \quad \text{mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \quad \text{mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \quad \text{mm}$$

$$U_{toel\text{-}b} = U_{t1a} = 116.2 \quad \text{mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel\text{-}a < utoel\text{-}b < umax$; $MIN(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \quad \text{mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $1.1 \quad \text{mm} < 53.3 \quad \text{mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 - \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 54439 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Va' = 54439 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 68901 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 524 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 524 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 24425 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -23901 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $524 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-23901 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|68901 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $647 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.9.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 + \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 56503 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 56503 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 71919 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 524 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 524 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 25494 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -24971 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $524 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-24971 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|71919 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $647 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.2: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

4.10 B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 300 * 12.40 * 4.00	=	14880 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
	----- +	
Totaal =		17556 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(+0.20))*(1.00 *745)	=	-14782 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		2774 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (0.90 * 300)=	270 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 270 * 12.40 * 4.00	=	13392 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (0.90 * 70) * 4.00	=	252 N
- Eigen gewicht van het spant = (0.90 * 2396)	=	2156 N
	----- +	
Totaal =		15800 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(+0.20))*(1.50 *745)	=	-22173 N
In rekentoestand: Fvk = -N =		-6373 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 /4.00 * -6373 = -31865 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = -31865 / (2 * 2) = -7966 N

4.10.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = 12.40/2 * tan 25 = 2.89 m
 - Kapoppervlak (Akap) = 1 * 12.40/2 * 2.89 = 17.9 m²
 - Geveloppervlak (Agevel) = 12.40 * 4.00 = 49.6 m²
 - Fh,kop = (0.7 +0.3) * (1.50 * 745) * (17.9 + 49.6/2) * 0.75 = 36048 N

b) Windwrijving op het kasdek:

- Fh,dek = cf * lspant * Qwind * max(0, (Lkas - 2*(ph+fh))) * cscd
 = 0.01 * 12.40 * (1.50 * 745) * 12.00 * 0.75 = 1251 N
 - Fh,wind = Fh,kop + Fh,dek = 36048 + 1251 = 37300 N

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |-31865 | = 297 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = 37300 + 297 = 37597 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 37597 / (2 * 2) = 9399 N
 In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.75 /0.75 = 1.00)
 - Fh,wind' = Fh,kop' + Fh,dek' = 24032 + 834 = 24866 N
 - Fh,tot' = 24866 * 1.00 + 129 = 26115 N
 - Fhk' = 26115 / (2 * 2) = 6529 N

4.10.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{9399 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 34.96 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 34.96 \text{ E-3} * 0.363 = 12.68 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 12.68 \text{ E-3} = 7608 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 7608 \text{ E3} * 6529 / 9399 = 5285 \text{ E3 Nmm}$$

4.10.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

a) 1e-orde krachtsverdeling:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = -6373 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (-7966 - -6373) = -6552 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = -6373 + 9399 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} = 3026 \text{ N}$$

4.10.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = 6373 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 9399 \cdot 450 = 4230 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{6373}{940559} + \frac{4230}{46590} = 0.098$$

controle: $0.098 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{6373}{3035.6} + \frac{4230}{175.243} = 26.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 26.2 / 275.0 = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

4.10.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(-6373 + 2 * 9399 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -12425 \quad N$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.00 * 4230 \quad E3, 4230 \quad E3) = 4230 \quad E3 \quad Nmm$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|NED|}{Nc.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{|-12425|}{940559} + \frac{|4230|}{46590} = 0.104$$

controle: $0.104 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|NED|}{A} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{|-12425|}{3035.6} + \frac{|4230|}{175.243} = 28.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/f_y = 28.2 / 275.0 = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmz2 = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 4229.65$, $M2 = 0.00$, $M_s = 2114.82$, $Mkip = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,darel.z} - 0.2) * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.60$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.61$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.60, 0.61) = 0.60$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.36$$

$$UCstab.1 = |NED| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) = |-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0) + 0.60 * |4229.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) = 0.017 + 0.055 = 0.072$$

$$UCstab.2 = |NED| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) = |-12425| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.36 * |4229.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) = 0.036 + 0.033 = 0.069$$

$$Maatgevend: UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.072, 0.069) = 0.072$$

controle: $0.072 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -9399 \cdot \frac{4000}{3550} = -10591 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 0.90 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 53.774 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10591|}{102986} + \frac{|54|}{1577} = 0.137$$

controle: $0.137 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10591|}{380.6} + \frac{|54|}{6.830} = 35.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 35.7 / 235.0 = 0.152$$

controle: $0.152 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 53.77, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,d,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.18 \cdot (|-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.70$$

$$Ky.3 = Cmy2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.30$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.70, 1.30) = 1.30$$

$$Kz.b = 0.8 \cdot Ky.b = 1.04$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot My.Rk / 1.0)$$

$$= |-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.30 \cdot |53.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.607 + 0.044 = 0.652$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot My.Rk / 1.0)$$

$$= |-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.04 \cdot |53.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.607 + 0.035 = 0.643$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.652, 0.643) = 0.652$$

controle: $0.652 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+f_h-f_{hp}+v_{ok}}{v} * \frac{l_s}{h+f_h-f_{hp}-v_s+v_{ok}} = \\
 &= 2 * 9399 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 28320 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: $l_s = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\begin{aligned}
 UC_{sterkte} &= \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{28320}{36175} = 0.783
 \end{aligned}$$

controle: $0.783 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay up wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.10.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -9399 * (1 + 450 / 3550) = -1E+4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 9399 * 1270 - 7608 \text{ E3} = 4329 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10591|}{271151} + \frac{|4329|}{6927} = 0.664$$

controle: 0.664 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10591|}{848.5} + \frac{|4329|}{27.045} = 172.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma}/f_y = 172.6 / 275.0 = 0.627$$

controle: 0.627 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 4329.20, M2 = -4329.20, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.44 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.43 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.44, 0.43) = 0.43 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.43 * |4329.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.099 + 0.270 = 0.369 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-10591| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.26 * |4329.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.162 = 0.401 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.369, 0.401) = 0.401$$

controle: 0.401 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{9399 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 2.50 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 13.26 * 9399 / 6529 = 19.09$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.06$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.06 * 2.50 * \frac{26115}{37597} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 1.83 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $1.8 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{28320 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 4.69 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{12425 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.07 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{10591 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.53 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 4.69 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.07 + 0.53 = 6.86 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 6.86 + \frac{9399 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{9399 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 7.72 + 0.89 + 0.11 = 8.73 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2\text{-goot}' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1\text{-goot} * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2\text{-ok}' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2\text{-ok}'$ = horizontale verplaatsing fundering = 1.83 mm (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = -212$. (zie 4*.4)
- $nzkb' = -212 * 9399 / 6529 = -305$.
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.00$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2\text{-goot}' = 1.00 * 8.73 * \frac{6529}{9399} + 1.83 = 7.89 \quad \text{mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel\text{-}a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \quad \text{mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \quad \text{mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \quad \text{mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \quad \text{mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \quad \text{mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \quad \text{mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \quad \text{mm}$$

$$U_{toel\text{-}b} = U_{t1a} = 116.2 \quad \text{mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel\text{-}a < utoel\text{-}b < umax$; $MIN(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \quad \text{mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $7.9 \quad \text{mm} < 53.3 \quad \text{mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 2774 - \frac{2 * 6529 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{5285E3}{4000} = -7642 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = -7642 N
- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
- Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 6820 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 5285 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 5285 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 2418 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = 2867 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : 2867 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 6820 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.10.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 2774 + \frac{2 * 6529 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{5285E3}{4000} = 13189 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 13189 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 28604 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 5285 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 5285 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 10140 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -4855 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $5285 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-4855 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|28604 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $6529 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.3: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

4.11 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 300 * 12.40 * 4.00	=	14880 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
	----- +	
Totaal =		17556 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(+0.20))*(1.00 *745)	=	-14782 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		2774 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (0.90 * 300)=	270 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 270 * 12.40 * 4.00	=	13392 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (0.90 * 70) * 4.00	=	252 N
- Eigen gewicht van het spant = (0.90 * 2396)	=	2156 N
	----- +	
Totaal =		15800 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(+0.20))*(1.50 *745)	=	-22173 N
In rekentoestand: Fvk = -N =		-6373 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 /4.00 * -6373 = -31865 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = -31865 / (2 * 2) = -7966 N

4.11.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = 12.40/2 * tan 25 = 2.89 m
 - Kapoppervlak (Akap) = 1 * 12.40/2 * 2.89 = 17.9 m²
 - Geveloppervlak (Agevel) = 12.40 * 4.00 = 49.6 m²
 - Fh,kop = (0.7 +0.3) * (1.50 * 745) * (17.9 + 49.6/2) * 0.75 = 36048 N

b) Windwrijving op het kasdek:

- Fh,dek = cf * lspant * Qwind * max(0, (Lkas - 2*(ph+fh))) * cscd
 = 0.01 * 12.40 * (1.50 * 745) * 12.00 * 0.75 = 1251 N
 - Fh,wind = Fh,kop + Fh,dek = 36048 + 1251 = 37300 N

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |-31865 | = 297 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = 37300 + 297 = 37597 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 37597 / (2 * 2) = 9399 N
 In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.75 /0.75 = 1.00)
 - Fh,wind' = Fh,kop' + Fh,dek' = 24032 + 834 = 24866 N
 - Fh,tot' = 24866 * 1.00 + 129 = 26115 N
 - Fhk' = 26115 / (2 * 2) = 6529 N

4.11.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{9399 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 34.96 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 34.96 \text{ E-3} * 0.363 = 12.68 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 12.68 \text{ E-3} = 7608 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 7608 \text{ E3} * 6529 / 9399 = 5285 \text{ E3 Nmm}$$

4.11.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

a) 1e-orde krachtsverdeling:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = -6373 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (-7966 - -6373) = -6552 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = -6373 + 9399 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} = 3026 \text{ N}$$

4.11.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = 6373 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 9399 \cdot 450 = 4230 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{6373}{940559} + \frac{4230}{46590} = 0.098$$

controle: $0.098 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{6373}{3035.6} + \frac{4230}{175.243} = 26.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 26.2 / 275.0 = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

4.11.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(-6373 + 2 * 9399 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -12425 \text{ N}$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.00 * 4230 \text{ E3}, 4230 \text{ E3}) = 4230 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|NED|}{Nc.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{|-12425|}{940559} + \frac{|4230|}{46590} = 0.104$$

controle: $0.104 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|NED|}{A} + \frac{|Mz.Ed|}{W_{pl,z}} = \frac{|-12425|}{3035.6} + \frac{|4230|}{175.243} = 28.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.2 / 275.0 = 0.103$$

controle: $0.103 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmz2 = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 4229.65$, $M2 = 0.00$, $M_s = 2114.82$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,darel,z} - 0.2) * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.60 \\ Kz.3 &= Cmz * (1.0 + 0.8 * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.60, 0.61) = 0.60 \\ Ky.b &= 0.6 * Kz.b = 0.36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |NED| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-12425| / (0.756 * 940559 / 1.0) + 0.60 * |4229.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.017 + 0.055 = 0.072 \\ UC_{stab.2} &= |NED| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |Mz.Ed| / (1.00 * Mz.Rk / 1.0) \\ &= |-12425| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.36 * |4229.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.036 + 0.033 = 0.069 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.072, 0.069) = 0.072$$

controle: $0.072 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -9399 \cdot \frac{4000}{3550} = -10591 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 0.90 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 53.774 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10591|}{102986} + \frac{|54|}{1577} = 0.137$$

controle: $0.137 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10591|}{380.6} + \frac{|54|}{6.830} = 35.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 35.7 / 235.0 = 0.152$$

controle: $0.152 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 53.77, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,d,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.18 \cdot (|-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.70$$

$$Ky.3 = C_{my2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.30$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.70, 1.30) = 1.30$$

$$Kz.b = 0.8 \cdot Ky.b = 1.04$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy \cdot N_{Rk} / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.30 \cdot |53.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.607 + 0.044 = 0.652$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz \cdot N_{Rk} / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0)$$

$$= |-10591| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.04 \cdot |53.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)$$

$$= 0.607 + 0.035 = 0.643$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.652, 0.643) = 0.652$$

controle: $0.652 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+f_h-f_{hp}+v_{ok}}{v} * \frac{l_s}{h+f_h-f_{hp}-v_s+v_{ok}} = \\
 &= 2 * 9399 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 28320 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: l_s = lengte schoor = $(3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348$ mm)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{28320}{36175} = 0.783$$

controle: $0.783 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (C_{pi} positive, C_{pe} 1st bay down wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.11.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -9399 * (1 + 450 / 3550) = -1E+4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 9399 * 1270 - 7608 \text{ E3} = 4329 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10591|}{271151} + \frac{|4329|}{6927} = 0.664$$

controle: 0.664 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10591|}{848.5} + \frac{|4329|}{27.045} = 172.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma}/f_y = 172.6 / 275.0 = 0.627$$

controle: 0.627 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 4329.20, M2 = -4329.20, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.44 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.43 \end{aligned}$$

$$Ky.b = \text{Min}(Ky.2, Ky.3) = \text{Min}(0.44, 0.43) = 0.43$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.26$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10591| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.43 * |4329.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.099 + 0.270 = 0.369 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10591| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.26 * |4329.2| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.239 + 0.162 = 0.401 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \text{max}(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \text{max}(0.369, 0.401) = 0.401$$

controle: 0.401 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned}
 - u1-ok &= rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} = \\
 &= 0.363 * \frac{9399 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 2.50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \quad \text{met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 13.26 * 9399 / 6529 = 19.09$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.06$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.06 * 2.50 * \frac{26115}{37597} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 1.83 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $1.8 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{28320 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 4.69 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{12425 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.07 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{10591 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.53 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 4.69 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.07 + 0.53 = 6.86 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 6.86 + \frac{9399 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{9399 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 7.72 + 0.89 + 0.11 = 8.73 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2\text{-goot}' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1\text{-goot} * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2\text{-ok}' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2\text{-ok}'$ = horizontale verplaatsing fundering = 1.83 mm (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = -212$. (zie 4*.4)
- $nzkb' = -212 * 9399 / 6529 = -305$.
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.00$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2\text{-goot}' = 1.00 * 8.73 * \frac{6529}{9399} + 1.83 = 7.89 \quad \text{mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel\text{-}a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \quad \text{mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \quad \text{mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \quad \text{mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \quad \text{mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \quad \text{mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \quad \text{mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \quad \text{mm}$$

$$U_{toel\text{-}b} = U_{t1a} = 116.2 \quad \text{mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel\text{-}a < utoel\text{-}b < umax$; $MIN(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \quad \text{mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $7.9 \quad \text{mm} < 53.3 \quad \text{mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 2774 - \frac{2 * 6529 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{5285E3}{4000} = -7642 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = -7642 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 6820 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 5285 Nm
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 5285 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 2418 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = 2867 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5285 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : 2867 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 6820 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 6529 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.11.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 2774 + \frac{2 * 6529 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{5285E3}{4000} = 13189 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 13189 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 28604 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 5285 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 5285 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 10140 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -4855 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $5285 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-4855 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|28604 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $6529 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

4.12 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 300 * 12.40 * 4.00	=	14880 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
	----- +	
Totaal =		17556 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(-0.20))*(1.00 *745)	=	0 N
In gebruikstoestand: Fvk' = -N' =		17556 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300)=	360 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 360 * 12.40 * 4.00	=	17878 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.20 * 70) * 4.00	=	336 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.20 * 2396)	=	2878 N
	----- +	
Totaal =		21093 N
- Windbelasting = 12.40*4.00*(-0.20-(-0.20))*(1.50 *745)	=	0 N
In rekentoestand: Fvk = -N =		21093 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 /4.00 * 21093 = 105465 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 105465 / (2 * 2) = 26366 N

4.12.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

De horizontale belasting in gootrichting is opgebouwd uit twee componenten, namelijk wind en scheefstand. Voor iedere kolommenrij geldt:

a) Wind op de kopgevels:

- Kaphoogte (hkap) = 12.40/2 * tan 25 = 2.89 m
- Kapoppervlak (Akap) = 1 * 12.40/2 * 2.89 = 17.9 m²
- Geveloppervlak (Agevel) = 12.40 * 4.00 = 49.6 m²
- Fh,kop = (0.7 +0.3) * (1.50 * 745) * (17.9 + 49.6/2) * 0.75 = 36048 N

b) Windwrijving op het kasdek:

- Fh,dek = cf * lspant * Qwind * max(0, (Lkas - 2*(ph+fh))) * cscd
 = 0.01 * 12.40 * (1.50 * 745) * 12.00 * 0.75 = 1251 N
- Fh,wind = Fh,kop + Fh,dek = 36048 + 1251 = 37300 N

c) Extra horizontale krachten t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |105465 | = 984 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = 37300 + 984 = 38284 N

Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:

- Fhk = 38284 / (2 * 2) = 9571 N

In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd'/CsCd = 0.75 /0.75 = 1.00)

- Fh,wind' = Fh,kop' + Fh,dek' = 24032 + 834 = 24866 N
- Fh,tot' = 24866 * 1.00 + 819 = 26805 N
- Fhk' = 26805 / (2 * 2) = 6701 N

4.12.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$\text{- phip0} = \frac{F_{hk} * h_{fok} * v}{6 * E * I_{xok}} = \frac{9571 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 35.60 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } h_{fok} = f_{hp} + D_{poer} + h_{poer} - v_{ok} = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$\text{- phip} = \text{phip0} * r_{poer} = 35.60 \text{ E-3} * 0.363 = 12.91E-3 \text{ rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$\text{- Tpoer} = k_{poer} * \text{phip} = 600 \text{ E6} * 12.91E-3 = 7747 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$\text{- Tpoer}' = T_{poer} * F_{hk}' / F_{hk} = 7747 \text{ E3} * 6701 / 9571 = 5424 \text{ E3 Nmm}$$

4.12.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$\text{- Nkb} = 21093 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (26366 - 21093) = 21686 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$\text{- Nko} = 21093 + \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{9571 * 4000} = 30664 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 49.266$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 49.266 * 30664 = 1510687 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1510687} = 1.31$$

$$- n/n-1 = 4.23$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 4.23 = 505 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{505E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.090$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.090})^{0.5} = 4831 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4831)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{21686} = 49.2659$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Iz_k}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{49.27 * 21093} \right)^{0.5} = 4898 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4898 / (4000 + 0 - 0) = 1.22)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / iz_k = 4898 / 63.0 = 78$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = lkyk / iy_k = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkraft: } FE_{zko} = \frac{\pi^2 * E * Iz_k}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / iz_k = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.12.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -21093 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 9571 \cdot 450 = 4307 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-21093|}{940559} + \frac{|4307|}{46590} = 0.115$$

controle: $0.115 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-21093|}{3035.6} + \frac{|4307|}{175.243} = 31.5 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 31.5 / 275.0 = 0.115$$

controle: $0.115 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,z} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + (0.80 - 0.2) \cdot (|-21093| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-21093| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.93 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.92, 0.93) = 0.92 \\ K_{y,b} &= 0.6 \cdot K_{z,b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-21093| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0) + 0.92 \cdot |4306.9| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.037 + 0.085 = 0.123 \\ UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-21093| / (0.371 \cdot 940559 / 1.0) + 0.55 \cdot |4306.9| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.060 + 0.051 = 0.112 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.123, 0.112) = 0.123$$

controle: $0.123 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.12.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $NED = -(21093 + 2 * 9571 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -40235 \text{ N}$
- Moment : $Mzko = \max(0.85 * 1.02 * 4307 \text{ E3}, 4307 \text{ E3}) = 4307 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|NED|}{N_{c,Rd}} + \frac{|Mz.Ed|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-40235|}{940559} + \frac{|4307|}{46590} = 0.135$$

controle: $0.135 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|NED|}{A} + \frac{|Mz.Ed|}{W_{pl,z}} = \frac{|-40235|}{3035.6} + \frac{|4307|}{175.243} = 37.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 37.8 / 275.0 = 0.138$$

controle: $0.138 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmz2 = 0.60$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 4306.90$, $M2 = 0.00$, $M_s = 2153.45$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kz.2 = Cmz * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,z} - 0.2) * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + (0.65 - 0.2) * (|-40235| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.62$$

$$Kz.3 = Cmz * (1.0 + 0.8 * (|NED| / (Chiz * NRk / 1.0))) = 0.60 * (1.0 + 0.8 * (|-40235| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.63$$

$$Kz.b = \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.62, 0.63) = 0.62$$

$$Ky.b = 0.6 * Kz.b = 0.37$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|NED|}{Chiz * NRk / 1.0} + Kz.b * \frac{|Mz.Ed|}{1.00 * Mz.Rk / 1.0} = \frac{|-40235|}{0.756 * 940559 / 1.0} + 0.62 * \frac{|4306.9|}{1.00 * 46589.8 / 1.0} = 0.057 + 0.057 = 0.113$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|NED|}{Chiy * NRk / 1.0} + Ky.b * \frac{|Mz.Ed|}{1.00 * Mz.Rk / 1.0} = \frac{|-40235|}{0.371 * 940559 / 1.0} + 0.37 * \frac{|4306.9|}{1.00 * 46589.8 / 1.0} = 0.115 + 0.034 = 0.149$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.113, 0.149) = 0.149$$

controle: $0.149 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -9571 \cdot \frac{4000}{3550} = -10784 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.20 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 71.788 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10784|}{102986} + \frac{|72|}{1577} = 0.150$$

controle: $0.150 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10784|}{380.6} + \frac{|72|}{6.830} = 38.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 38.8 / 235.0 = 0.165$$

controle: $0.165 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 71.79, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = Cmy2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,rel,y} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 2.18 \cdot (|-10784| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.72$$

$$Ky.3 = Cmy2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0)))$$

$$= 0.95 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-10784| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.30$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.72, 1.30) = 1.30$$

$$Kz.b = 0.8 \cdot Ky.b = 1.04$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{(Chiy \cdot NRk / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot My.Rk / 1.0)}$$

$$= \frac{|-10784|}{(0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.30 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)}$$

$$= 0.618 + 0.059 = 0.678$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{(Chiz \cdot NRk / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{y,Ed}| / (1.00 \cdot My.Rk / 1.0)}$$

$$= \frac{|-10784|}{(0.169 \cdot 102986 / 1.0) + 1.04 \cdot |71.8| / (1.00 \cdot 1576.6 / 1.0)}$$

$$= 0.618 + 0.047 = 0.666$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.678, 0.666) = 0.678$$

controle: $0.678 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+fh-fhp+vok}{v} * \frac{ls}{h+fh-fhp-vs+vok} = \\
 &= 2 * 9571 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 28837 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: $ls = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\begin{aligned}
 UC_{sterkte} &= \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{28837}{36175} = 0.797
 \end{aligned}$$

controle: $0.797 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.12.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -9571 * (1 + 450 / 3550) = -1E+4 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 9571 * 1270 - 7747 \text{ E3} = 4408 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10784|}{271151} + \frac{|4408|}{6927} = 0.676$$

controle: 0.676 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10784|}{848.5} + \frac{|4408|}{27.045} = 175.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma}/f_y = 175.7 / 275.0 = 0.639$$

controle: 0.639 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 4408.28, M2 = -4408.28, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-10784| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.44 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-10784| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.43 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.44, 0.43) = 0.43 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.26 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10784| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.43 * |4408.3| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.101 + 0.275 = 0.376 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10784| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.26 * |4408.3| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.243 + 0.165 = 0.408 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.376, 0.408) = 0.408$$

controle: 0.408 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{9571 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 2.54 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 13.02 * 9571 / 6701 = 18.60$
 - $nyok'/nyok'-1 = 1.06$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.06 * 2.54 * \frac{26805}{38284} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 1.88 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $1.9 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{28837 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 4.77 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{40235 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.22 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{10784 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.54 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 4.77 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.22 + 0.54 = 7.12 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 7.12 + \frac{9571 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{9571 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 8.02 + 0.91 + 0.12 = 9.04 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1-goot * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 1.88 \text{ mm}$ (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 49.27$ (zie 4*.4)
- $nzkb' = 49.27 * 9571 / 6701 = 70.36$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.01$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.01 * 9.04 * \frac{6701}{9571} + 1.88 = 8.30 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 116.2 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel-a < utoel-b < umax; \text{MIN}(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $8.3 \text{ mm} < 53.3 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17556 - \frac{2 * 6701 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{5424E3}{4000} = 6865 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 6865 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 21327 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 5424 Nm
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 5424 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 7560 Nm
 = |21327| * 0.5 * 0.709
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -2136 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5424 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -2136 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 21327 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 6701 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.12.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 17556 + \frac{2 * 6701 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{5424E3}{4000} = 28246 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 28246 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 43662 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 5424 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 5424 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 15478 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -10054 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $5424 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-10054 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|43662 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $6701 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

4.13 B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300) = 300 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 370 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 12.40 * 4.00 = 18352 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00 = 280 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396) = 2396 N
 - Transportlast = 1.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0 = 1000 N
 ----- +
 Totaal = 22028 N
 - Windbelasting: 0 N

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 22028 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.35 * 300) = 405 N/m²
 - Gewasbelasting (1.50 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.35 * 70) = 95 N/m²
 ----- +
 Totaal : 500 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 500 * 12.40 * 4.00 = 24775 N
 - Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.35 * 70) * 4.00 = 378 N
 - Eigen gewicht van het spant = (1.35 * 2396) = 3234 N
 - Transportlast = 1.50 * max(0 , 1000) + 1.35 * 0 = 1500 N
 ----- +
 Totaal = 29887 N
 - Windbelasting: 0 N

In rekentoestand: Fvk = -N = 29887 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 / 4.00 * (29887 - 1500) + 1500 = 143437 N
 - Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 143437 / (2 * 2) = 35859 N

4.13.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
 - Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
 - Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |143437| = 1338 N

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- Fh,tot = Fh,scheefstand = 1338 N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - Fhk = 1338 / (2 * 2) = 335 N
 In gebruikstoestand: (fCd_{dim} = CsCd' / CsCd = 0.75 / 0.75 = 1.00)
 - Fhk' = 990 / (2 * 2) = 248 N

4.13.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$\text{- } \phi_{p0} = \frac{F_{hk} * h_{fok} * v}{6 * E * I_{xok}} = \frac{335 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 1.24 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } h_{fok} = f_{hp} + D_{poer} + h_{poer} - v_{ok} = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$\text{- } \phi_{ip} = \phi_{p0} * r_{poer} = 1.24 \text{ E-3} * 0.363 = 0.45 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$\text{- } T_{poer} = k_{poer} * \phi_{ip} = 600 \text{ E6} * 0.45 \text{ E-3} = 271 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$\text{- } T_{poer}' = T_{poer} * F_{hk}' / F_{hk} = 271 \text{ E3} * 248 / 335 = 200 \text{ E3 Nmm}$$

4.13.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$\text{- } N_{kb} = 29887 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (35859 - 29887) = 30559 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$\text{- } N_{ko} = 29887 + 335 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} = 30222 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 45.229$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 45.229 * 30222 = 1366893 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1366893} = 1.45$$

$$- n/n-1 = 3.24$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.24 = 660 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{660E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.118$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.118})^{0.5} = 4247 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4247)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{30559} = 45.2285$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{45.23 * 29887} \right)^{0.5} = 4295 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4295 / (4000 + 0 - 0) = 1.07)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 4295 / 63.0 = 68$
 - $Chikb.z = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Chik.y = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Chiko.z = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.13.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -29887 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 335 \cdot 450 = 151 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-29887|}{940559} + \frac{|151|}{46590} = 0.035$$

controle: $0.035 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-29887|}{3035.6} + \frac{|151|}{175.243} = 10.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 10.7 / 275.0 = 0.039$$

controle: $0.039 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.80 * (|-29887| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-29887| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.93 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.92, 0.93) = 0.92 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-29887| / (0.663 * 940559 / 1.0) + 0.92 * |150.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.047 + 0.003 = 0.050 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-29887| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.74 * |150.6| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.086 + 0.002 = 0.088 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.050, 0.088) = 0.088$$

controle: $0.088 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.13.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(29887 + 2 \cdot 335 \cdot (4000 + 0 - 0 + 0)) / 4000 = -30556 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 \cdot 1.02 \cdot 151 \text{ E3}, 151 \text{ E3}) = 151 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-30556|}{940559} + \frac{|151|}{46590} = 0.036$$

controle: $0.036 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-30556|}{3035.6} + \frac{|151|}{175.243} = 10.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 10.9 / 275.0 = 0.040$$

controle: $0.040 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 150.56$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 75.28$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{b,darel,z} \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.65 \cdot (|-30556| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.3 &= Cmz2 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-30556| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.62 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.61, 0.62) = 0.61 \\ Ky.b &= 0.8 \cdot Kz.b = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz \cdot NRk / 1.0) + Kz.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-30556| / (0.756 \cdot 940559 / 1.0) + 0.61 \cdot |150.6| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.043 + 0.002 = 0.045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy \cdot NRk / 1.0) + Ky.b \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-30556| / (0.371 \cdot 940559 / 1.0) + 0.49 \cdot |150.6| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.087 + 0.002 = 0.089 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.045, 0.089) = 0.089$$

controle: $0.089 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -335 \cdot \frac{4000}{3550} = -377 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.35 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 80.661 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-377|}{102986} + \frac{|81|}{1577} = 0.055$$

controle: $0.055 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-377|}{380.6} + \frac{|81|}{6.830} = 12.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 12.8 / 235.0 = 0.054$$

controle: $0.054 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 80.66, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.18 - 0.2) \cdot (|-377| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 0.99$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-377| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 0.97$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.99, 0.97) = 0.97$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.58$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-377|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 0.97 \cdot \frac{|80.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.022 + 0.049 = 0.071$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hiz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-377|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 0.58 \cdot \frac{|80.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.022 + 0.030 = 0.051$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.071, 0.051) = 0.071$$

controle: $0.071 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$- N_s = 2 * F_{hk} * \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{v} * \frac{l_s}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} =$$

$$= 2 * 335 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} = 1008 \quad N$$

(N.B.: $l_s = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{1008}{36175} = 0.028$$

controle: $0.028 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.13.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -335 * (1 + 450 / 3550) = -377 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 335 * 1270 - 271 \text{ E3} = 154 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

Rekening houdend met de geconcentreerde puntlast op het midden van de onderbalk, kunnen de volgende buigende momenten berekend worden:

$$\begin{aligned} \text{- Veldmoment (vrij opgelegd) : } M_{Dy} &= 1/4 * 1.50 * 1000 * 4.00 = 1500 \text{ E3 Nmm} \\ \text{- Negatief "steunpuntmoment": } M_{y1} &= -M_{y2} = -M_{yok} = -154 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken belast door een geconcentreerde puntlast in het midden volgens EC3:

$$M_{y,ED} = \max(|M_{Dy}|, |M_{yok}|) = \max(|1500|, |154|) = 1500 \text{ Nm}$$

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-377|}{271151} + \frac{|1500|}{6927} = 0.218$$

controle: 0.218 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-377|}{848.5} + \frac{|1500|}{27.045} = 76.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 76.7 / 275.0 = 0.203$$

controle: 0.203 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord. Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.91 (het profiel is geschoord). M₁ = 154.10, M₂ = -154.10, M_s = 1500.00, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.91 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-377| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.91 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.91 * (1.0 + 0.8 * (|-377| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.91 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.91, 0.91) = 0.91 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-377| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.91 * |1500.0| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.004 + 0.198 = 0.201 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-377| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.55 * |1500.0| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.008 + 0.119 = 0.127 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.201, 0.127) = 0.201$$

controle: 0.201 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned}
 - u1-ok &= rpoer * \frac{Fhk * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} = \\
 &= 0.363 * \frac{335 * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 0.09 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp+dpoer+200}{hfok'} \quad \text{met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$\begin{aligned}
 - \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' &= 372.5 * 335 / 248 = 503.33 \\
 - nyok'/nyok'-1 &= 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.09 * \frac{990}{1338} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 0.07 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: 0.1 mm < 5.0 mm, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{1008 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 0.17 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{30556 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.17 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{377 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.02 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 0.17 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.17 + 0.02 = 0.39 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 0.39 + \frac{335 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{335 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 0.44 + 0.03 + 0.00 = 0.48 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2\text{-goot}' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1\text{-goot} * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2\text{-ok}' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2\text{-ok}'$ = horizontale verplaatsing fundering = 0.07 mm (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 45.23$ (zie 4*.4)
- $nzkb' = 45.23 * 335 / 248 = 61.12$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.02$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2\text{-goot}' = 1.02 * 0.48 * \frac{248}{335} + 0.07 = 0.43 \quad \text{mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel\text{-}a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \quad \text{mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \quad \text{mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \quad \text{mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \quad \text{mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \quad \text{mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \quad \text{mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \quad \text{mm}$$

$$U_{toel\text{-}b} = U_{t1a} = 116.2 \quad \text{mm}$$

3) maatgevend :

- $utoel = utoel\text{-}a < utoel\text{-}b < umax$; $MIN(53.3, 116.2, 60.0) = 53.3 \quad \text{mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $0.4 \quad \text{mm} < 53.3 \quad \text{mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.6 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22028 - \frac{2 * 248 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{200 \text{ E3}}{4000} = 21633 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Va' = 21633 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = Va' + Fegk' + Gfund = 36095 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer' = 200 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 200 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 12795 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -12595 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $200 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-12595 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|36095 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $248 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.13.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 22028 + \frac{2 * 248 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{200 E3}{4000} = 22423 \quad N.$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 22423 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 37838 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 200 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 200 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 13413 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -13213 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $200 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-13213 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|37838 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $248 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.6: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

4.14 B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 12.40 * 4.00	=	52796 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	55471 N	
- Windbelasting:	0 N	

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 55471 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 12.40 * 4.00	=	52796 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	55471 N	
- Windbelasting:	0 N	

In rekentoestand: Fvk = -N = 55471 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 /4.00 * (55471 -0) + 0 = 277356 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 277356 / (2 * 2) = 69339 N

4.14.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |277356 | = 2588 N

4.14.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.14.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 2587.8 / (0.001 * 1.276) = 2028023 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 55471 \text{ N (5655 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 55471 * 20000 / 4000 = 277355 \text{ N (28273 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 20000 / 4000 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L, & -Fv2/L \\ -Fv2/L, & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2E+6, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1, & 0 \\ 0, & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 28273, & 0 \\ 0, & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 1.0000, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3= 0.0056, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1=28272.1, & 0 \\ 0, & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $Freq[1,2] = Mode[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $Freq1 = \text{solving eigenvals pos 1} = 71.730 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $Freq2 = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.401 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $Freq3 = K1/Fv1 = 2E+6 / 5655 = 71.730 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $Freq4 = K1/(Fv1+Fv2) = 2E+6 / (5655 + 0) = 71.730 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.401)^{0.5} = 9.922 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$

4.14.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

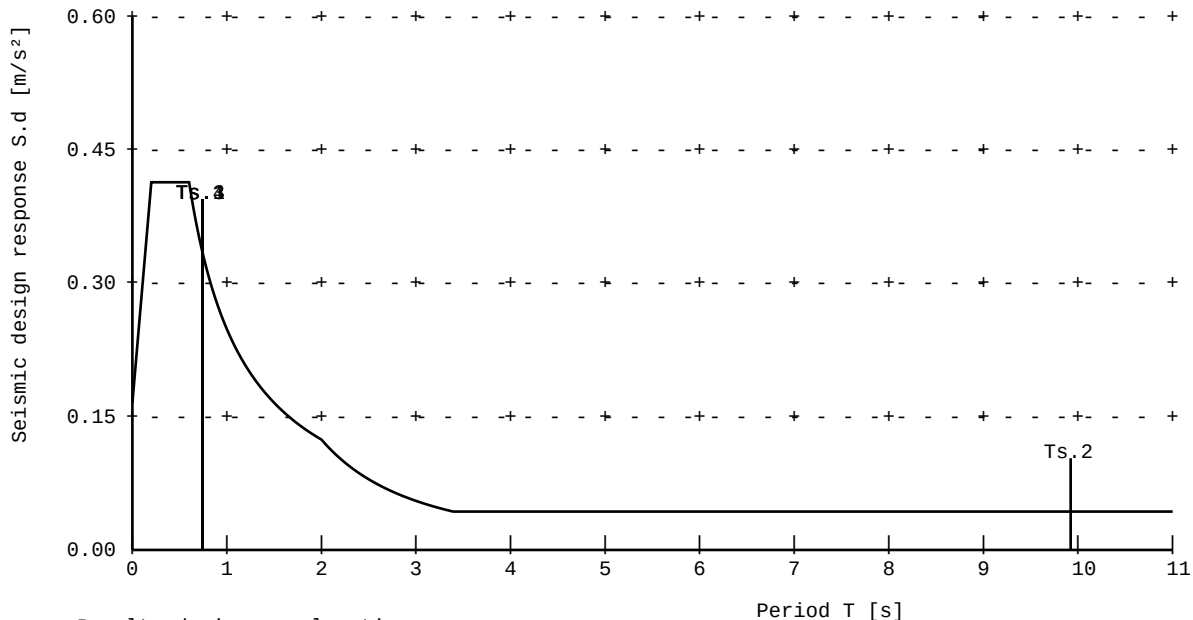
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 0.05$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S_{d1} = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S_{d2} = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S_{d3} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S_{d4} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:
 Factor for the response spectrum: $S_d * 1.5$ (for general application)
 - Mode 1: $Ag_1 = S_d(T_{s.1}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.33445 \text{ m/s}^2$
 - Mode 2: $Ag_2 = S_d(T_{s.2}, q) * 1.5 = S_d(9.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
 - No crops: $Ag_3 = S_d(T_{s.3}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.33445 \text{ m/s}^2$
 - Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S_d(T_{s.4}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.33445 \text{ m/s}^2$

4.14.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{\text{Mass1} \cdot \Phi_{i1} + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}}{(\text{Mass1} \cdot \Phi_{i1}^2 + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{5655.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0056}{(5655.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0056^2)} \quad k_{e1} = 0.20002$
- $k_{e2} = \frac{\text{Mass1} \cdot \Phi_{i2} + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}}{(\text{Mass1} \cdot \Phi_{i2}^2 + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{5655.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000}{(5655.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)} \quad k_{e2} = 0.00000$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot \text{Mass1} \cdot \Phi_{i1} = 0.33445 \cdot 0.2000 \cdot 5655.0 \cdot 1.0000 \quad F1 = 378 \quad N$
 $F3' = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3} = 0.33445 \cdot 0.2000 \cdot 0.0 \cdot 0.0056 \quad F3' = 0 \quad N$
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot \text{Mass1} \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 5655.0 \cdot 0.0000 \quad F2 = 0 \quad N$
 $F4' = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot \text{Mass2} \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000 \quad F4' = 0 \quad N$
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (378^2 + 0^2)^{0.5} \quad F12 = 378 \quad N$
 $F34 = (F3'^2 + F4'^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5} \quad F34 = 0 \quad N$
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.33445 \cdot 277355. \quad F3 = 9456 \quad N$
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(378, 9456) \quad F4 = 9456 \quad N$
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.33445 \cdot (277355. + 0.0) \quad F5 = 9456 \quad N$
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 9456 \quad N$

- Per frame $F_{ag}' = 9455.800 \cdot 0.00 \quad (SLS \text{ condition}) \quad F_{ag}' = 0.000 \quad N$
 - Per frame $F_{ag} = 9455.800 \cdot 1.00 \quad (ULS \text{ condition}) \quad F_{ag} = 9455.800 \quad N$

$F_{htot} = F_{h, \text{schiefstand}} + F_{ag} = 2588 + 9456 = 12044 \quad N$
 $F_{htot}' = F_{h, \text{schiefstand}'} + F_{ag}' = 2588 + 0 = 2588 \quad N$
 $Sd(7) = F4 / V_{tot} = 9456 / 277356 = 0.034 \quad x \quad g \quad m/s^2$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h, tot} = F_{htot} = 12044 \quad N$
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $F_{hk} = 12044 / (2 \cdot 2) = 3011 \quad N$
 In gebruikstoestand: ($f_{Cd} = C_s C_d' / C_s C_d = 0.75 / 0.75 = 1.00$)
 - $F_{hk}' = 2588 / (2 \cdot 2) = 647 \quad N$

4.14.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{3011 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 11.20 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 11.20 \text{ E-3} * 0.363 = 4.06 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 4.06 \text{ E-3} = 2437 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 2437 \text{ E3} * 647 / 3011 = 524 \text{ E3 Nmm}$$

4.14.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 55471 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (69339 - 55471) = 57031 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 55471 + 3011 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} = 58482 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 23.641$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 23.641 * 58482 = 1382567 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1382567} = 1.43$$

$$- n/n-1 = 3.32$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.32 = 643 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{643E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.115$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.115})^{0.5} = 4300 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4300)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{57031} = 23.6409$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Iz_k}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{23.64 * 55471} \right)^{0.5} = 4360 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4360 / (4000 + 0 - 0) = 1.09)$$

- Slankheid: $\lambda_{zkb} = lkzkb / iz_k = 4360 / 63.0 = 69$
 - $Ch_{kb,z} = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spanrichting:

- De kniklengte in spanrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: k_{heff} = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda_{yk} = lkyk / iy_k = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Ch_{k,y} = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$- \text{Eulerse knikkraft: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Iz_k}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda_{zko} = lkzko / iz_k = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Ch_{ko,z} = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spanrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.14.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -55471 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 3011 \cdot 450 = 1355 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-55471|}{940559} + \frac{|1355|}{46590} = 0.088$$

controle: $0.088 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-55471|}{3035.6} + \frac{|1355|}{175.243} = 26.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 26.0 / 275.0 = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.80 * (|-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.95 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.95) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0) + 0.94 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.089 + 0.027 = 0.116 \\ UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-55471| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.75 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.159 + 0.022 = 0.181 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.116, 0.181) = 0.181$$

controle: $0.181 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.14.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(55471 + 2 * 3011 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -61493 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.04 * 1355 \text{ E3}, 1355 \text{ E3}) = 1355 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{|-61493|}{940559} + \frac{|1355|}{46590} = 0.094$$

controle: $0.094 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{|-61493|}{3035.6} + \frac{|1355|}{175.243} = 28.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.0 / 275.0 = 0.102$$

controle: $0.102 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 1354.90$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 677.45$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.65 * (|-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.62 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.63 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.62, 0.63) = 0.62 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0) + 0.62 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.087 + 0.018 = 0.105 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z.Ed}| / (1.00 * M_{z.Rk} / 1.0) \\ &= |-61493| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.50 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.176 + 0.014 = 0.190 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.105, 0.190) = 0.190$$

controle: $0.190 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -3011 \cdot \frac{4000}{3550} = -3393 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.00 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 59.749 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3393|}{102986} + \frac{|60|}{1577} = 0.071$$

controle: $0.071 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3393|}{380.6} + \frac{|60|}{6.830} = 17.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 17.7 / 235.0 = 0.075$$

controle: $0.075 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 59.75, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.18 - 0.2) \cdot (|-3393| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.32$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-3393| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.32, 1.10) = 1.10$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.66$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-3393|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 1.10 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.195 + 0.042 = 0.236$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-3393|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 0.66 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.195 + 0.025 = 0.220$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.236, 0.220) = 0.236$$

controle: $0.236 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+f_h-f_{hp}+v_k}{v} * \frac{l_s}{h+f_h-f_{hp}-v_s+v_k} * \gamma_{seismic} = \\
 &= 2 * 3011 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} * 1.30 = 11793 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: l_s = lengte schoor = $(3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348$ mm)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{11793}{36175} = 0.326$$

controle: $0.326 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.14.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -3011 * (1 + 450 / 3550) = -3393 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 3011 * 1270 - 2437 \text{ E3} = 1387 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3393|}{271151} + \frac{|1387|}{6927} = 0.213$$

controle: 0.213 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3393|}{848.5} + \frac{|1387|}{27.045} = 55.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \text{Sigma} / f_y = 55.3 / 275.0 = 0.201$$

controle: 0.201 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 1386.79, M2 = -1386.79, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.41 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.41 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.41 * |1386.8| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.032 + 0.082 = 0.114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3393| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.25 * |1386.8| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.076 + 0.049 = 0.126 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.114, 0.126) = 0.126$$

controle: 0.126 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{(3011 - 9456) * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 0.17 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp + dpoer + 200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

- Vergrotingsfactor: - $nyok' = 41.39 * 3011 / 647 = 192.62$
 - $nyok' / nyok'-1 = 1.01$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.01 * 0.17 * \frac{2588}{12044} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 0.17 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: $0.2 \text{ mm} < 5.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rekentoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{11793 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 1.95 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{61493 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.34 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{3393 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.17 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 1.95 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.34 + 0.17 = 3.08 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 3.08 + \frac{3011 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{3011 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 3.47 + 0.29 + 0.04 = 3.79 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2\text{-goot}' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1\text{-goot} * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2\text{-ok}' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2\text{-ok}'$ = horizontale verplaatsing fundering = 0.17 mm (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 24.32$ (zie 4*.4)
- $nzkb' = 24.32 * 3011 / 647 = 113.2$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.01$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2\text{-goot}' = 1.01 * 3.79 * \frac{647}{3011} + 0.17 = 1.00 \quad \text{mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel\text{-}a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \quad \text{mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \quad \text{mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \quad \text{mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \quad \text{mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \quad \text{mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \quad \text{mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \quad \text{mm}$$

$$U_{toel\text{-}b} = U_{t1a} = 116.2 \quad \text{mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

$$- utoel = 2 * ph / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0 \quad \text{mm}$$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $1.0 \quad \text{mm} < 160.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid bij B.C.7 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 - \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 54439 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 54439 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 68901 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 524 Nm
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 524 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 24425 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -23901 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -23901 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 68901 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen
 bij B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.14.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 + \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 56503 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 56503 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 71919 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 524 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 524 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 25494 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -24971 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $524 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-24971 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|71919 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $647 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.7: d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic

4.15 B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 12.40 * 4.00	=	52795 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	55471 N	
- Windbelasting:	0 N	

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 55471 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 12.40 * 4.00	=	52795 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	55471 N	
- Windbelasting:	0 N	

In rekentoestand: Fvk = -N = 55471 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 /4.00 * (55471 -0) + 0 = 277355 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 277355 / (2 * 2) = 69339 N

4.15.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v.

initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |277355 | = 2588 N

4.15.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.15.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 2587.8 / (0.001 * 1.276) = 2028023 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 55471 \text{ N (5655 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 55471 * 20000 / 4000 = 277355 \text{ N (28273 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 20000 / 4000 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2E+6 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 28273 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 1.0000, Phi2= 0.0000 \\ Phi3= 0.0056, Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1=28272.1, & 0 \\ 0 & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1} = 71.730 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.401 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 2E+6 / 5655 = 71.730 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 2E+6 / (5655 + 0) = 71.730 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.401)^{0.5} = 9.922 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (71.730)^{0.5} = 0.742 \text{ s}$

4.15.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

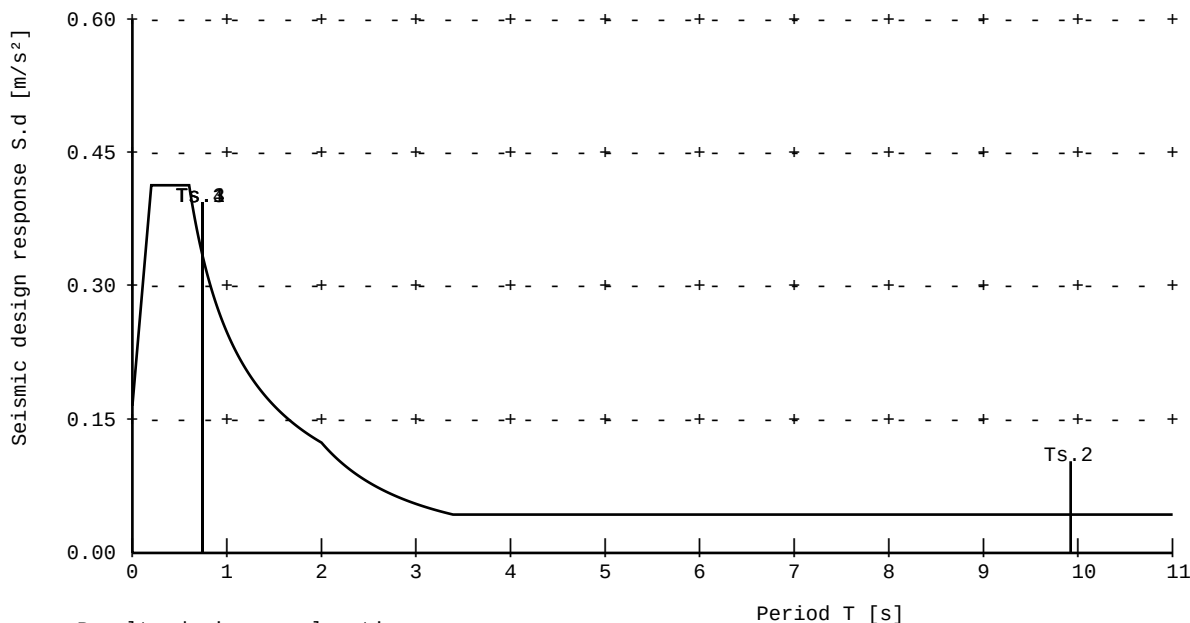
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 0.05$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S_{d1} = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S_{d2} = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S_{d3} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S_{d4} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S_d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S_d(T_{s.1}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.33445 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S_d(T_{s.2}, q) * 1.5 = S_d(9.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S_d(T_{s.3}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.33445 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S_d(T_{s.4}, q) * 1.5 = S_d(0.742, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.33445 \text{ m/s}^2$

4.15.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{\text{Mass1} \cdot \Phi_{i1} + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}}{(\text{Mass1} \cdot \Phi_{i1}^2 + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{5655.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0056}{(5655.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0056^2)} \quad k_{e1} = 0.20002$
- $k_{e2} = \frac{\text{Mass1} \cdot \Phi_{i2} + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3}}{(\text{Mass1} \cdot \Phi_{i2}^2 + \text{Mass2} \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{5655.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000}{(5655.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)} \quad k_{e2} = 0.00000$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot \text{Mass1} \cdot \Phi_{i1} = 0.33445 \cdot 0.2000 \cdot 5655.0 \cdot 1.0000 \quad F1 = 378 \quad N$
 $F3' = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot \text{Mass2} \cdot \Phi_{i3} = 0.33445 \cdot 0.2000 \cdot 0.0 \cdot 0.0056 \quad F3' = 0 \quad N$
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot \text{Mass1} \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 5655.0 \cdot 0.0000 \quad F2 = 0 \quad N$
 $F4' = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot \text{Mass2} \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000 \quad F4' = 0 \quad N$
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (378^2 + 0^2)^{0.5} \quad F12 = 378 \quad N$
 $F34 = (F3'^2 + F4'^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5} \quad F34 = 0 \quad N$
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.33445 \cdot 277355. \quad F3 = 9456 \quad N$
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(378, 9456) \quad F4 = 9456 \quad N$
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.33445 \cdot (277355. + 0.0) \quad F5 = 9456 \quad N$
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 9456 \quad N$

- Per frame $F_{ag}' = 9455.800 \cdot 0.00 \quad (SLS \text{ condition}) \quad F_{ag}' = 0.000 \quad N$
 - Per frame $F_{ag} = 9455.800 \cdot 1.00 \quad (ULS \text{ condition}) \quad F_{ag} = 9455.800 \quad N$

$F_{htot} = F_{h,scheefstand} + F_{ag} = 2588 + 9456 = 12044 \quad N$
 $F_{htot}' = F_{h,scheefstand}' + F_{ag}' = 2588 + 0 = 2588 \quad N$
 $Sd(8) = F4/V_{tot} = 9456 / 277355 = 0.034 \quad x \quad g \quad m/s^2$

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h,tot} = F_{htot} = 12044 \quad N$
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $F_{hk} = 12044 / (2 \cdot 2) = 3011 \quad N$
 In gebruikstoestand: ($f_{cdim} = C_s C_d' / C_s C_d = 0.75 / 0.75 = 1.00$)
 - $F_{hk}' = 2588 / (2 \cdot 2) = 647 \quad N$

4.15.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{3011 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 11.20 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 11.20 \text{ E-3} * 0.363 = 4.06 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 4.06 \text{ E-3} = 2437 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 2437 \text{ E3} * 647 / 3011 = 524 \text{ E3 Nmm}$$

4.15.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 55471 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (69339 - 55471) = 57031 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 55471 + \frac{3011 * \frac{4000 + 0 - 0}{4000} + 0}{4000} = 58482 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 23.641$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 23.641 * 58482 = 1382567 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1382567} = 1.43$$

$$- n/n-1 = 3.32$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.32 = 643 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{643E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.115$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.115})^{0.5} = 4300 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4300)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{57031} = 23.6409$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Izk}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{23.64 * 55471} \right)^{0.5} = 4360 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4360 / (4000 + 0 - 0) = 1.09)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 4360 / 63.0 = 69$
 - $Chikb.z = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Chik.y = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Izk}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Chiko.z = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.15.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -55471 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 3011 \cdot 450 = 1355 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-55471|}{940559} + \frac{|1355|}{46590} = 0.088$$

controle: $0.088 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-55471|}{3035.6} + \frac{|1355|}{175.243} = 26.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 26.0 / 275.0 = 0.095$$

controle: $0.095 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel,z} * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * 0.80 * (|-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.94 \\ K_{z,3} &= C_{m2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.6 * (|-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0))) = 0.95 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.94, 0.95) = 0.94 \\ K_{y,b} &= 0.8 * K_{z,b} = 0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-55471| / (0.663 * 940559 / 1.0) + 0.94 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.089 + 0.027 = 0.116 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-55471| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.75 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.159 + 0.022 = 0.181 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.116, 0.181) = 0.181$$

controle: $0.181 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.15.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(55471 + 2 * 3011 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -61493 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.04 * 1355 \text{ E3}, 1355 \text{ E3}) = 1355 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-61493|}{940559} + \frac{|1355|}{46590} = 0.094$$

controle: $0.094 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-61493|}{3035.6} + \frac{|1355|}{175.243} = 28.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 28.0 / 275.0 = 0.102$$

controle: $0.102 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 1354.90$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 677.45$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.65 * (|-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.62 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.63 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.62, 0.63) = 0.62 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-61493| / (0.756 * 940559 / 1.0) + 0.62 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.087 + 0.018 = 0.105 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-61493| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.50 * |1354.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.176 + 0.014 = 0.190 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.105, 0.190) = 0.190$$

controle: $0.190 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -3011 \cdot \frac{4000}{3550} = -3393 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.00 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 59.749 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3393|}{102986} + \frac{|60|}{1577} = 0.071$$

controle: $0.071 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3393|}{380.6} + \frac{|60|}{6.830} = 17.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 17.7 / 235.0 = 0.075$$

controle: $0.075 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 59.75, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.18 - 0.2) \cdot (|-3393| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.32$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-3393| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.32, 1.10) = 1.10$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.66$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-3393|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 1.10 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.195 + 0.042 = 0.236$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-3393|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 0.66 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.195 + 0.025 = 0.220$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.236, 0.220) = 0.236$$

controle: $0.236 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+f_h-f_{hp}+v_k}{v} * \frac{l_s}{h+f_h-f_{hp}-v_s+v_k} * \gamma_{seismic} = \\
 &= 2 * 3011 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} * 1.30 = 11793 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: l_s = lengte schoor = $(3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348$ mm)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{11793}{36175} = 0.326$$

controle: $0.326 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.15.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -3011 * (1 + 450 / 3550) = -3393 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 3011 * 1270 - 2437 \text{ E3} = 1387 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3393|}{271151} + \frac{|1387|}{6927} = 0.213$$

controle: 0.213 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3393|}{848.5} + \frac{|1387|}{27.045} = 55.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 55.3 / 275.0 = 0.201$$

controle: 0.201 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.40 (het profiel is geschoord).

M₁ = 1386.79, M₂ = -1386.79, M_s = 0.00, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3393| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.41 * |1386.8| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.032 + 0.082 = 0.114 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3393| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.25 * |1386.8| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.076 + 0.049 = 0.126 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.114, 0.126) = 0.126$$

controle: 0.126 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$\begin{aligned}
 - u1-ok &= rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} = \\
 &= 0.363 * \frac{(3011 - 9456) * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 0.17 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp + dpoer + 200}{hfok'} \quad \text{met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$\begin{aligned}
 - \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' &= 41.39 * 3011 / 647 = 192.62 \\
 - nyok' / nyok'-1 &= 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.01 * 0.17 * \frac{2588}{12044} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 0.17 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: 0.2 mm < 5.0 mm, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{11793 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 1.95 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{61493 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.34 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{3393 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.17 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 1.95 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.34 + 0.17 = 3.08 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 3.08 + \frac{3011 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{3011 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 3.47 + 0.29 + 0.04 = 3.79 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1-goot * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.17 \text{ mm}$ (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 24.32$ (zie 4*.4)
- $nzkb' = 24.32 * 3011 / 647 = 113.2$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.01$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.01 * 3.79 * \frac{647}{3011} + 0.17 = 1.00 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 116.2 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

$$- utoel = 2 * ph / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0 \text{ mm}$$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $1.0 \text{ mm} < 160.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.8 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 - \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 54439 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Va' = 54439 N
 - Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N
 - Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N
 - Vert. belasting per poer: Fvp = Va' + Fegk' + Gfund Fvp = 68901 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 524 Nm
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp Mp = 524 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 24425 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp Mp = -23901 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -23901 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : | 68901 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.15.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 55471 + \frac{2 * 647 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{524 \text{ E3}}{4000} = 56503 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : Vb' = 56503 N

- Eigen gewicht van de kolom (1.00 * 953) : Fegk' = 953 N

- Eigen gewicht paal, poer en grond (1.00 * 14462) : Gfund = 14462 N

- Vert. belasting per poer: Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund = 71919 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Tpoer' = 524 Nm
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp = 524 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = |Fvp| * 0.5 * B = 25494 Nm
 - Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp = -24971 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 524 Nm < 15169 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)

- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -24971 Nm < 12244 Nm, dus: voldoet.

- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 71919 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen

- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 647 N < 12002 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.8: d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic

4.16 B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.1 Berekening van de verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Berekening van de normaalkracht (N) in de kolommen (trek = +):

Berekening van de verticale belasting per kolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	370 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 12.40 * 4.00	=	18352 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	21028 N	
- Windbelasting:	0 N	

In gebruikstoestand: Fvk' = -N' = 21028 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	370 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 12.40 * 4.00	=	18352 N
- Eigen gewicht van de goot = 1 * (1.00 * 70) * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = (1.00 * 2396)	=	2396 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00 * 0	=	0 N
----- +		
Totaal =	21028 N	
- Windbelasting:	0 N	

In rekentoestand: Fvk = -N = 21028 N

b) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom:

- De totale aanpendelende verticale belasting per kolommenrij (Vtot) is:
 - Vtot = 20.0 / 4.00 * (21028 - 0) + 0 = 105138 N
- Deze belasting mag over alle effectieve kruisschoorvak-kolommen verdeeld worden. Dankzij de aanwezigheid van bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief:
 - Vz = 105138 / (2 * 2) = 26285 N

4.16.2 Berekening van de horizontale belasting per kruisschoorvak-kolom:

a) Aanpendelende verticale belasting per kruisschoorvak-kolom t.g.v. initiële scheefstand:

- Kolommen: psi = 1/231 (zie EN 1993-1-1)
- Spanten : psi = 1/200 (zie EN 1993-1-1)
- Fh,scheefstand = (1/231 + 1/200) * |105138 | = 981 N

Project : NAUTIX
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kruisschoorvakken - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 406
 SP9 Versie: 3.10.P
 Versie: 2.01
 ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

4.16.2.1 Seismische loads:

Seismic action according to EN 1998-1 (spectrum 1):

4.16.2.2 Natural period of vibration of the structure with and without crops (method spring-pendulum system)

- Stiffness of structure in the gutter direction:
 - $K1 = F_{htot} / (0.001 * u2-goot') = 981.0 / (0.001 * 0.473) = 2075478 \text{ N/m}$
 - Frame load excl. crop $Fv1' = 21028 \text{ N (2143 kg)}$
 - Frame loads hanging crops and cultivation gutter only $Fv2' = 0 \text{ N (0 kg)}$
 - Frame loads in gutter direction total $Fv1 = Fv1' * L_{Kas} / v_{ak} = 21028 * 20000 / 4000 = 105138 \text{ N (10717 kg)}$
 - $Fv2 = Fv2' * L_{Kas} / v_{ak} = 0 * 20000 / 4000 = 0 \text{ N (0 kg)}$
- Length of cable for crops (length of pendulum)(ph-vspant-hspant-Htgt+Hfund)
 $L = 4.000 - 0.010 - 0.497 - 1.000 + 0.000 = 2.493 \text{ m}$

Definition of 2x2 matrices

- Stiffness Matrix $[S_n] = \begin{bmatrix} K1 + Fv2/L & -Fv2/L \\ -Fv2/L & Fv2/L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2E+6 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ N/m}$
- Mass matrix $[M_s] = \begin{bmatrix} Fv1 & 0 \\ 0 & Fv2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10717 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \text{ kg}$
- Modal eigenvector $[Phi] = \text{Eigenvecs}([S_s] * [M_s]^{-1})$
- Solving 2x2 matrix: $[Phi] = \begin{bmatrix} Phi1= 1.0000, & Phi2= 0.0000 \\ Phi3= 0.0021, & Phi4= 1.0000 \end{bmatrix}$
- Modal Mass $[M_n] = [Phi]^T * [M_s] * [Phi]$
- Solving 2x2 matrix: $[M_n] = \begin{bmatrix} Mn1=10717.0, & 0 \\ 0 & Mn2= 0.0 \end{bmatrix}$
- Spring pendulum system calculate $\text{Freq}[1,2] = \text{Mode}[1,2] = \text{Eigenvals}([S_s] * [M_s]^{-1})$
 - Mode 1 Frequency : $\text{Freq1} = \text{solving eigenvals pos 1} = 193.662 \text{ 1/s}^2$
 - Mode 2 Frequency : $\text{Freq2} = \text{solving eigenvals pos 2} = 0.401 \text{ 1/s}^2$
 - No crops : $\text{Freq3} = K1/Fv1 = 2E+6 / 2143 = 193.662 \text{ 1/s}^2$
 - Incl crop no pendulum : $\text{Freq4} = K1/(Fv1+Fv2) = 2E+6 / (2143 + 0) = 193.662 \text{ 1/s}^2$
- The period of motion:
 - Mode 1 Frequency : $Ts1 = 2 * \pi / (193.662)^{0.5} = 0.451 \text{ s}$
 - Mode 2 Frequency : $Ts2 = 2 * \pi / (0.401)^{0.5} = 9.922 \text{ s}$
 - No crops : $Ts3 = 2 * \pi / (193.662)^{0.5} = 0.451 \text{ s}$
 - Incl crop no pendulum : $Ts4 = 2 * \pi / (193.662)^{0.5} = 0.451 \text{ s}$

4.16.2.3 Horizontal elastic response spectrum Method 'spectrum 1'

Earthquake Classification according to EN13031 Annex E Earthquake (normative)

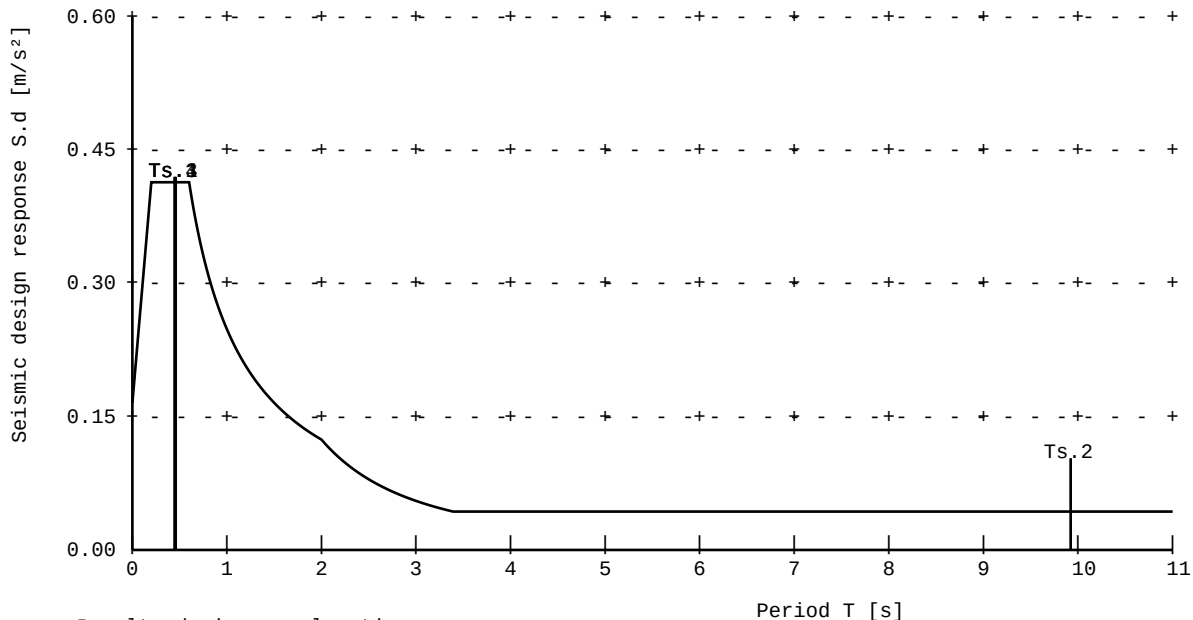
- Design Life building Class = 2
 (Class 0 = type B15 foil cladding, Class 1 = type A15; Class 2 = normal building 50 year)
- Target value for the exceedance probability of earthquake action for consequence class
 VN = 50 years
- Target value of the probability of exceedance of the action in reference to n=50 years
 P50 = 0.100
- Annual probability of exceedance of variable or of earthquake actions P1 = 0.002
 TNRC50 = 474.561
- Annual probability of exceedance of the action
 TNRC = 474.561
- Importance factor for earthquake
 gamma = 1.000
- Adjustment factor for the Earthquake return period
 gammaE = 1.000
- The reference peak ground acceleration:
 $Ag_d = Ag_R * g * gamma * gamma_E = 0.0220 * 9.81 * 1.000 * 1.000 = 0.2158 \text{ m/s}^2$

- Ground type = C Vast zand of stijve klei
- Soil factor
 Sg = 1.1500
- Limits of periods:
 T.B = 0.2000 s
 T.C = 0.6000 s
 T.D = 2.0000 s

- Behavior factor for horizontal seismic actions

According to 6.3.2 in EN 1998-1, the behavior factor for moment resisting frames, classified in the high ductility class is the behavior factor defined as a function of the ductility of the structural system. The force distribution of loads in CASTA is based on an evenly plastic redistribution of the moments to the joints. Push-over analyses for the typical greenhouse structures checked with a GNL-analyses will not lead to a much higher capacity. Therefore a relative low behavior factor $q = 1.50$ must be used. The check of the joints is calculated with an overstrength factor of 1.30

- Damping correction factor
- Elastic damping ratio = 5% so $\xi = 0.05$
- Design horizontal spectrum for ductile constructions:
 - Period 3.1 $S_{d1} = Ag_d * S_g * (2/3 + T/T.B * (2.5/q - 2/3))$ for $0 < T \leq T.B$
 - Period 3.2 $S_{d2} = Ag_d * S_g * 2.5/q$ for $T.B < T \leq T.C$
 - Period 3.3 $S_{d3} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C/T))$ for $T.C < T \leq T.D$
 - Period 3.4 $S_{d4} = Ag_d * \max(0.2, (S_g * 2.5/q * T.C * T.D/T^2))$ for $T.D < T$
 - Lower bound factor for the horizontal design spectrum = 0.2



- Results design accelerations:

Factor for the response spectrum: $S_d * 1.5$ (for general application)

- Mode 1: $Ag_1 = S_d(T_{s.1}, q) * 1.5 = S_d(0.451, 1.5) * 1.5$ $Ag_1 = 0.35959 \text{ m/s}^2$
- Mode 2: $Ag_2 = S_d(T_{s.2}, q) * 1.5 = S_d(0.922, 1.5) * 1.5$ $Ag_2 = 0.04315 \text{ m/s}^2$
- No crops: $Ag_3 = S_d(T_{s.3}, q) * 1.5 = S_d(0.451, 1.5) * 1.5$ $Ag_3 = 0.35959 \text{ m/s}^2$
- Incl crop no pendulum: $Ag_4 = S_d(T_{s.4}, q) * 1.5 = S_d(0.451, 1.5) * 1.5$ $Ag_4 = 0.35959 \text{ m/s}^2$

4.16.2.4 Base shear seismic force

- Modal participation factor, where k_e is the number of eigenmodi

- $k_{e1} = \frac{Mass1 \cdot \Phi_{i1} + Mass2 \cdot \Phi_{i3}}{(Mass1 \cdot \Phi_{i1}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i3}^2)}$
 $= \frac{(2143.0 \cdot 1.0000 + 0.0 \cdot 0.0021)}{(2143.0 \cdot 1.0000^2 + 0.0 \cdot 0.0021^2)}$ $k_{e1} = 0.19996$
- $k_{e2} = \frac{Mass1 \cdot \Phi_{i2} + Mass2 \cdot \Phi_{i3}}{(Mass1 \cdot \Phi_{i2}^2 + Mass2 \cdot \Phi_{i4}^2)}$
 $= \frac{(2143.0 \cdot 0.0000 + 0.0 \cdot 1.0000)}{(2143.0 \cdot 0.0000^2 + 0.0 \cdot 1.0000^2)}$ $k_{e2} = 0.00000$

- Horizontal seismic forces:

- Mode 1:
 $F1 = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i1} = 0.35959 \cdot 0.2000 \cdot 2143.0 \cdot 1.0000$ $F1 = 154$ N
 $F3' = Ag1 \cdot k_{e1} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i3} = 0.35959 \cdot 0.2000 \cdot 0.0 \cdot 0.0021$ $F3' = 0$ N
- Mode 2:
 $F2 = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass1 \cdot \Phi_{i2} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 2143.0 \cdot 0.0000$ $F2 = 0$ N
 $F4' = Ag2 \cdot k_{e2} \cdot Mass2 \cdot \Phi_{i4} = 0.04315 \cdot 0.0000 \cdot 0.0 \cdot 1.0000$ $F4' = 0$ N
- Vectorized 1,2:
 $F12 = (F1^2 + F2^2)^{0.5} = (154^2 + 0^2)^{0.5}$ $F12 = 154$ N
 $F34 = (F3'^2 + F4'^2)^{0.5} = (0^2 + 0^2)^{0.5}$ $F34 = 0$ N
- No pendulum:
 $F3 = Ag3 \cdot Fv1 = 0.35959 \cdot 105138$ $F3 = 3854$ N
 $F4 = \max(F12, F3) = \max(154, 3854)$ $F4 = 3854$ N
 $F5 = Ag4 \cdot (Fv1 + Fv2) = 0.35959 \cdot (105138 + 0.0)$ $F5 = 3854$ N
- Upper value (F12 and F3) gives: $F_{hmax} = 3854$ N

- Per frame $F_{ag}' = 3853.717 \cdot 0.00$ (SLS condition) $F_{ag}' = 0.000$ N
 - Per frame $F_{ag} = 3853.717 \cdot 1.00$ (ULS condition) $F_{ag} = 3853.717$ N

$F_{htot} = F_{h,scheefstand} + F_{ag} = 981 + 3854 = 4835$ N
 $F_{htot}' = F_{h,scheefstand}' + F_{ag}' = 981 + 0 = 981$ N
 $S_d(9) = F4/V_{tot} = 3854 / 105138 = 0.037$ x g m/s²

De totale horizontale kracht per kolommenrij in gootrichting bedraagt:

- $F_{h,tot} = F_{htot} = 4835$ N
 Voor iedere kolom, die deel uitmaakt van een kruisschoorvak, geldt:
 - $F_{hk} = 4835 / (2 \cdot 2) = 1209$ N
 In gebruikstoestand: ($f_{Cd} = C_s C_d' / C_s C_d = 0.75 / 0.75 = 1.00$)
 - $F_{hk}' = 981 / (2 \cdot 2) = 245$ N

4.16.3 Berekening van het effect van de rotatie-veerstijfheid van de fundering:

Uitgaande van een momentvaste koppelbalk-fundering-aansluiting en van een "scharnier" ter plaatse van de onderkant van de poeren, kan de rotatie van de beide poeren worden berekend (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p0 = \frac{Fhk * hfok * v}{6 * E * Ixok} = \frac{1209 * 1270 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 4.50 \text{ E-3 rad}$$

$$\text{met: } hfok = fhp + Dpoer + hpoer - vok = 0 + 300 + 970 - 0 = 1270 \text{ mm}$$

Resulterende hoekverdraaiing van de poeren (in rekentoestand):

$$- \text{phi}p = \text{phi}p0 * rpoer = 4.50 \text{ E-3} * 0.363 = 1.63 \text{ E-3 rad}$$

Resultierend moment, vanuit de grond, geleverd door de poeren:

$$- \text{Tpoer} = kpoer * \text{phi}p = 600 \text{ E6} * 1.63 \text{ E-3} = 978 \text{ E3 Nmm}$$

In gebruikstoestand:

$$- \text{Tpoer}' = \text{Tpoer} * Fhk' / Fhk = 978 \text{ E3} * 245 / 1209 = 198 \text{ E3 Nmm}$$

4.16.4 Bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen:

Bij de bepaling van het knikgedrag van de kruisschoorvak-kolommen wordt de maatgevende (op druk belaste) kolom geschematiseerd tot een kolom met een lengte gelijk aan de schoorverlaging (vs), verend ingeklemd in het onderstuk van de kolom. Er wordt direct rekening gehouden met de belastingconfiguratie. De invloed van de aanpendelende belasting op de stabiliteit van de kruisschoorvakken komt dan tot uiting in een grotere kniklengte (zie IBBC-TNO rapport BI-87-20/63.4.3360, artikel 6.3.1.1).

Omdat bij de berekening van de kniklengte van het bovenstuk direct rekening wordt gehouden met de aanpendelende belasting (Vz) is de rotatie-veerstijfheid van de verende inklemming mede afhankelijk van de grootte van de normaalkracht in het onderstuk van de kolom. Aangezien de normaalkracht in het onderstuk van de kolom op het moment van Eulerse instabiliteit niet bekend is, is een iteratie-procedure noodzakelijk. Ter controle worden de berekeningsresultaten van de laatste iteratie gegeven.

a) 1e-orde krachtsverdeling, uitsluitend t.b.v. de knikberekening:

Normaalkracht in het bovenstuk van de kolom (Nkb):

(De grootte van de in rekening te brengen aanpendelende belasting hangt af van de lengte van de staven, waarop de aanpendelende belasting werkt):

$$- \text{Nkb} = 21028 + \frac{450}{4000 + 0 - 0} * (26285 - 21028) = 21619 \text{ N}$$

Maatgevende normaalkracht in het onderstuk van de kolom (Nko):

(Dankzij de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief en mag hier de gemiddelde normaalkracht van beide kolommen in rekening worden gebracht):

$$- \text{Nko} = 21028 + 1209 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} = 22236 \text{ N}$$

b) Controle van de laatste iteratie van de knikberekening:

De iteratief berekende belasting-vermenigvuldigingsfactor, waarbij instabiliteit van het bovenstuk optreedt, bedraagt:

$$- \text{nzkb} = 62.235$$

Op dat moment is de normaalkracht in het onderstuk van de kolom, groot:

$$- \text{Nko} = 62.235 * 22236 = 1383868 \text{ N}$$

De rotatie-veerstijfheid, waarmee het bovenstuk van de kolom verend is verbonden met het onderstuk, kan (zonder rekening te houden met de invloed van de belastingconfiguratie) als volgt berekend worden:

$$- \text{cr} = \frac{3 * E * I_{zk}}{(h + f_h - f_{hp} - v_s)} = \frac{3 * 2.1E5 * ***E4}{(4000 + 0 - 0 - 450)} = 2135 \text{ E6 Nmm/rad}$$

T.g.v. de normaalkracht in het onderstuk van de kolom nemen de vervormingen toe met de Eulerse vergrotingsfactor $n/n-1$ en neemt de rotatie-veerstijfheid overeenkomstig af:

$$- n = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{(h+f_h-f_{hp}-v_s)^2 * \text{Nko}} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2 * 1383868} = 1.43$$

$$- n/n-1 = 3.33$$

$$- \text{cr-E} = 2135 \text{ E6} / 3.33 = 641 \text{ E6 Nmm/rad}$$

Met behulp van tabel 6 van NEN 3851 (TGB-1972-Staal) kan nu de fictieve kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \rho = \frac{\text{cr-E} * v_s}{E * I_{zk}} = \frac{641E6 * 450}{2.1E5 * 1203E4} = 0.114$$

$$- l_k = v_s * (4 + \frac{10}{\rho})^{0.5} = 450 * (4 + \frac{10}{0.114})^{0.5} = 4305 \text{ mm}$$

Hiermee kan de kniklengte van het bovenstuk van de kolom bepaald worden:

$$- \text{FEzkb} = \frac{\pi^2 * E * I_{zk}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(4305)^2} = 1E+6 \text{ N}$$

$$- \text{nzkb} = \frac{1E+6}{21619} = 62.2345$$

Deze waarde van nzkb komt voldoende nauwkeurig overeen met de aanvangswaarde.

c) Kniklengten, slankheden en knikcoëfficiënten:

- Bovenstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- De kniklengte in gootrichting kan berekend worden door rekening te houden met de werkelijke normaalkracht in het bovenstuk van de kolom:

$$lkzkb = \left(\frac{\pi^2 * E * Iz_k}{nzkb * Fvk} \right)^{0.5} = \left(\frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{62.23 * 21028} \right)^{0.5} = 4365 \text{ mm}$$

$$(N.B.: lkzkb / (h + fh - fhp) = 4365 / (4000 + 0 - 0) = 1.09)$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zkb} = lkzkb / izk = 4365 / 63.0 = 69$
 - $Chikb.z = \min(0.663, 1.0) = 0.663$

- In spantrichting:

- De kniklengte in spantrichting kan bij goede benadering berekend worden met de formule (voor Venlo-warenhuis):

$$lkyk = 2.10 * (4000 + 0 - 0 - 10 - 497) = 7336 \text{ mm}$$

$$(N.B.: kheff = \text{effectieve kolomhoogte} = 4.0 - 0.01 - 0.50 = 3.49 \text{ m})$$

- Slankheid: $\lambda\text{-yk} = lkyk / iyk = 7336 / 63.0 = 117$
 - $Chik.y = \min(0.371, 1.0) = 0.371$

- Onderstuk van de kolom:

- In gootrichting:

- Kniklengte: $lkzko = h + fh - fhp - vs = 4000 + 0 - 0 - 450 = 3550 \text{ mm}$

$$\text{- Eulerse knikkracht: } FEzko = \frac{\pi^2 * E * Iz_k}{lkzko^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * ***E4}{(3550)^2} = 2E+6 \text{ N}$$

- Slankheid: $\lambda\text{-zko} = lkzko / izk = 3550 / 63.0 = 56$
 - $Chiko.z = \min(0.756, 1.0) = 0.756$

- In spantrichting: Zie bovenstuk van de kolom.

4.16.5 Controle van het ongeschoorde bovenstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het ongeschoorde bovenstuk:

Juist boven het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men):

- Normaalkracht : $N_{kb} = -21028 \text{ N}$
- Moment : $M_{zkb} = 1209 \cdot 450 = 544 \text{ E3 Nmm}$

(T.g.v. de aanwezigheid van de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief)

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-21028|}{940559} + \frac{|544|}{46590} = 0.034$$

controle: $0.034 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-21028|}{3035.6} + \frac{|544|}{175.243} = 10.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 10.0 / 275.0 = 0.036$$

controle: $0.036 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{m2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{m2} = 0.90$ (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{z,2} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot \lambda_{\text{darel},z} \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot 0.80 \cdot (|-21028| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.91 \\ K_{z,3} &= C_{m2} \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 \cdot (1.0 + 0.6 \cdot (|-21028| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ K_{z,b} &= \min(K_{z,2}, K_{z,3}) = \min(0.91, 0.92) = 0.91 \\ K_{y,b} &= 0.8 \cdot K_{z,b} = 0.73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iz} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-21028| / (0.663 \cdot 940559 / 1.0) + 0.91 \cdot |543.9| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.034 + 0.011 = 0.044 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (Ch_{iy} \cdot N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} \cdot |M_{z,Ed}| / (1.00 \cdot M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-21028| / (0.371 \cdot 940559 / 1.0) + 0.73 \cdot |543.9| / (1.00 \cdot 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.060 + 0.009 = 0.069 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.044, 0.069) = 0.069$$

controle: $0.069 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

4.16.6 Controle van het geschoorde onderstuk van de kolommen

a) Berekening van de maatgevende krachten in het geschoorde onderstuk:

Juist onder het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen, gelden de volgende maatgevende krachten in de op druk belaste kolom(men) (druk is negatief):

- Normalkracht : $N_{Ed} = -(21028 + 2 * 1209 * (4000 + 0 - 0 + 0) / 4000) = -23445 \text{ N}$
- Moment : $M_{zko} = \max(0.85 * 1.02 * 544 \text{ E3}, 544 \text{ E3}) = 544 \text{ E3 Nmm}$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van het ongeschoorde bovenstuk volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 3

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{|-23445|}{940559} + \frac{|544|}{46590} = 0.037$$

controle: $0.037 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{|-23445|}{3035.6} + \frac{|544|}{175.243} = 10.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 10.8 / 275.0 = 0.039$$

controle: $0.039 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmz2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmz2 = 0.60 (het profiel is geschoord).
 $M_1 = 543.90$, $M_2 = 0.00$, $M_s = 271.95$, $M_{kip} = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Kz.2 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,d,rel,z} * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * 0.65 * (|-23445| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.3 &= Cmz2 * (1.0 + 0.6 * (|N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0))) \\ &= 0.60 * (1.0 + 0.6 * (|-23445| / (0.756 * 940559 / 1.0))) = 0.61 \\ Kz.b &= \min(Kz.2, Kz.3) = \min(0.61, 0.61) = 0.61 \\ Ky.b &= 0.8 * Kz.b = 0.49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23445| / (0.756 * 940559 / 1.0) + 0.61 * |543.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.033 + 0.007 = 0.040 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{z,Ed}| / (1.00 * M_{z,Rk} / 1.0) \\ &= |-23445| / (0.371 * 940559 / 1.0) + 0.49 * |543.9| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.067 + 0.006 = 0.073 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.040, 0.073) = 0.073$$

controle: $0.073 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Kolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.7 Controle van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken.

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op druk belaste bovenliggende koppelbalken worden afgeleid:

$$- N_{bk} = -F_{hk} \cdot \frac{h + f_h - f_{hp}}{h + f_h - f_{hp} - v_s} = -1209 \cdot \frac{4000}{3550} = -1362 \text{ N}$$

$$- M_{z,Ed} = f_{eg} \cdot \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 = 1.00 \cdot \frac{1}{8} \cdot 29.874 \text{ E-3} \cdot 4.000^2 = 59.749 \text{ E3}$$

De controle verloopt volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1362|}{102986} + \frac{|60|}{1577} = 0.051$$

controle: $0.051 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1362|}{380.6} + \frac{|60|}{6.830} = 12.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 12.3 / 235.0 = 0.052$$

controle: $0.052 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 59.75, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} \cdot (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + (2.18 - 0.2) \cdot (|-1362| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.10$$

$$Ky.3 = C_{my} \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|N_{Ed}| / (C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 \cdot (1.0 + 0.8 \cdot (|-1362| / (0.169 \cdot 102986 / 1.0))) = 1.01$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(1.10, 1.01) = 1.01$$

$$Kz.b = 0.6 \cdot Ky.b = 0.61$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Ky.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-1362|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 1.01 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.078 + 0.038 = 0.116$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hz} \cdot N_{Rk} / 1.0} + Kz.b \cdot \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 \cdot M_{y,Rk} / 1.0} = \frac{|-1362|}{0.169 \cdot 102986 / 1.0} + 0.61 \cdot \frac{|59.7|}{1.00 \cdot 1576.6 / 1.0} = 0.078 + 0.023 = 0.101$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.116, 0.101) = 0.116$$

controle: $0.116 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Bovenliggende koppelbalken (RHBK50*50*2.0 mm) voldoen bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.8 Controle van de op trek belaste schoren

a) Berekening van de maatgevende trekkracht in de schoren:

Uit evenwichtsbeschouwingen van de kruisschoorvakken kan de normaalkracht in de op trek belaste schoren worden uitgerekend:

$$\begin{aligned}
 - N_s &= 2 * F_{hk} * \frac{h+f_h-f_{hp}+v_0}{v} * \frac{l_s}{h+f_h-f_{hp}-v_s+v_0} * \gamma_{seismic} = \\
 &= 2 * 1209 * \frac{4000 + 0 - 0 + 0}{4000} * \frac{5348}{3550} * 1.30 = 4734 \quad N
 \end{aligned}$$

(N.B.: $l_s = \text{lengte schoor} = (3550^2 + 4000^2)^{1/2} = 5348 \text{ mm}$)

b) Controle van de sterkte van de op trek belaste schoren volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\begin{aligned}
 UC_{sterkte} &= \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} = \frac{4734}{36175} = 0.131
 \end{aligned}$$

controle: $0.131 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- Schoren (RD14.0 mm) voldoen qua sterkte
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Voor verdere controle van de schoorverbindingen, alsmede voor de controle van andere profieltypen en andere verbindingstypen, wordt verwezen naar EN 1993-1-8.

4.16.9 Controle van de onderliggende koppelbalken

a) Berekening van de maatgevende krachten in de onderliggende koppelbalken:

De onderliggende koppelbalken worden niet alleen belast op een drukkracht (negatief), de verbindingen tussen koppelbalken en poeren moeten ook het "overturning" moment van de poeren op nemen:

$$\begin{aligned} \text{- Normaalkracht : } N_{ok} &= -F_{hk} * (1 + v_s / (h + f_h - f_{hp} - v_s)) \\ &= -1209 * (1 + 450 / 3550) = -1362 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{- Moment : } M_{yok} &= F_{hk} * h_{fok} - T_{poer} \\ &= 1209 * 1270 - 978 \text{ E3} = 557 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

b) Controle van de sterkte/stabiliteit van de onderliggende koppelbalken volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-1362|}{271151} + \frac{|557|}{6927} = 0.085$$

controle: 0.085 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-1362|}{848.5} + \frac{|557|}{27.045} = 22.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 22.2 / 275.0 = 0.081$$

controle: 0.081 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.40 (het profiel is geschoord).

M₁ = 556.70, M₂ = -556.70, M_s = 0.00, M_{kip} = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} K_{y,2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (1.29 - 0.2) * (|-1362| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.41 \\ K_{y,3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-1362| / (0.393 * 271151 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{y,b} &= \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.41, 0.40) = 0.40 \\ K_{z,b} &= 0.6 * K_{y,b} = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-1362| / (0.393 * 271151 / 1.0) + 0.40 * |556.7| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.013 + 0.032 = 0.045 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab,2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-1362| / (0.164 * 271151 / 1.0) + 0.24 * |556.7| / (1.00 * 6927.1 / 1.0) \\ &= 0.031 + 0.019 = 0.050 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.045, 0.050) = 0.050$$

controle: 0.050 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

- c) Berekening van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 De 1e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in rekentoestand kan als volgt berekend worden:

$$- u1-ok = rpoer * \frac{(Fhkz' - Fag') * (hfok')^2 * v}{6 * E * Iyok} =$$

$$= 0.363 * \frac{(1209 - 3854) * (500)^2 * 4000}{6 * 2.1E5 * 108E4} = 0.07 \text{ mm}$$

waarin: hfok' = afstand vanaf de onderliggende koppelbalk tot 200 mm onder
 de bovenkant van de poer
 $= fhp + Dpoer + 200 - vok = 0 + 300 + 200 - 0 = 500 \text{ mm}$

De 2e-orde horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalken
 in gebruikstoestand kan benaderd worden met de formule:

$$- u2-ok' = \frac{nyok'}{nyok'-1} * u1-ok * \frac{Fhk'}{Fhk} * \frac{fhp + dpoer + 200}{hfok'} \text{ met: } nyok' = nyok * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige
 werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk.

$$- \text{Vergrotingsfactor: } - nyok' = 103.1 * 1209 / 245 = 508.12$$

$$- nyok' / nyok'-1 = 1.00$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-ok' = 1.00 * 0.07 * \frac{981}{4835} * \frac{0 + 300 + 200}{500} = 0.07 \text{ mm}$$

- d) Controle van de horizontale verplaatsing van de onderliggende koppelbalk:
 In artikel 11.1 staat, dat de toelaatbare horizontale
 verplaatsing van de betonfundering op het niveau, waarop de draag-
 constructie is gemonteerd, maximaal 5 mm mag bedragen.

- controle: 0.1 mm < 5.0 mm, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Onderliggende koppelbalken (RHBK100*50*3.0 mm) voldoen
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.10 Controle van de toegestane verplaatsing in gootrichting

a) 1e-orde verlengingen en verplaatsingen (in rektoestand) (excl. fundering)

- Verlenging van de op trek belaste schoor:

$$\Delta s = \frac{N_s \cdot l_s}{E \cdot A_s} = \frac{4734 \cdot 5348}{2.1E5 \cdot 153.9} = 0.78 \text{ mm}$$

- Verkorting van het onderstuk van de op druk belaste kolom:

$$\Delta k_o = \frac{N_{k_o} \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{E \cdot A_k} = \frac{23445 \cdot 3550}{2.1E5 \cdot 3036} = 0.13 \text{ mm}$$

- Verkorting van de op druk belaste bovenliggende koppelbalken:

$$\Delta b_k = \frac{N_{b_k} \cdot v}{E \cdot A_{b_k}} = \frac{1362 \cdot 4000}{2.1E5 \cdot 381} = 0.07 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing van het aangrijpingspunt van de schoren op de kolommen (m.b.v. Williot-diagram):

$$u_{\text{schoor}} = \frac{l_s}{v} \cdot \Delta s + \frac{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}}{v} \cdot \Delta k_o + \Delta b_k$$

Invullen geeft:

$$u_{\text{schoor}} = \frac{5348}{4000} \cdot 0.78 + \frac{3550}{4000} \cdot 0.13 + 0.07 = 1.23 \text{ mm}$$

- 1e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{h + f_h - f_{hp} + v_{ok}}{h + f_h - f_{hp} - v_s + v_{ok}} \cdot u_{\text{schoor}} + \frac{F_{hk} \cdot v_s \cdot (h + f_h - f_{hp} - v_s)}{3 \cdot E \cdot I_{zk}} + \frac{F_{hk} \cdot (v_s)^3}{3 \cdot E \cdot I_{zk}}$$

(Dankzij de bovenliggende koppelbalken zijn beide kolommen van de kruisschoorvakken effectief.)

Invullen geeft:

$$u_{1\text{-goot}} = \frac{4000+0}{3550} \cdot 1.23 + \frac{1209 \cdot 450 \cdot 3550}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} + \frac{1209 \cdot (450)^3}{3 \cdot 2.1E5 \cdot 450} = 1.39 + 0.11 + 0.01 = 1.52 \text{ mm}$$

b) 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gootrichting in gebruikstoestand kan met de volgende formule worden benaderd (incl. verplaatsing fundering):

$$- u2-goot' = \frac{nzkb'}{nzkb'-1} * u1-goot * \frac{Fhk'}{Fhk} + u2-ok' \quad \text{met: } nzkb' = nzkb * \frac{Fhk}{Fhk'}$$

waarin: $u2-ok' = \text{horizontale verplaatsing fundering} = 0.07 \text{ mm}$ (zie 4*.9)

Deze benadering is conservatief, omdat de (overigens zeer geringe) gunstige werking van de opwaartse windzuiging gereduceerd wordt met Fhk'/Fhk .

- Vergrotingsfactor: - $nzkb = 64.15$ (zie 4*.4)
- $nzkb' = 64.15 * 1209 / 245 = 316.2$
- $nzkb'/nzkb'-1 = 1.00$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een verplaatsing, groot:

$$- u2-goot' = 1.00 * 1.52 * \frac{245}{1209} + 0.07 = 0.37 \text{ mm}$$

c) Berekening van de toelaatbare horizontale verplaatsing in gootrichting:

1) in relatie tot de kolomhoogte, vervormingen van de kopgevelkolom:

Volgens de Europese norm EN13031-1, artikel 10.2.3.1 geldt voor dragende constructieonderdelen van kassen met een glasomhulling een doorbuigings-eis van maximaal $L/150$ met een grenswaarde van 30 mm. Rekening houdend met de vervorminglijn van de kopgevelgootkolom (scharnierend bij de fundatie en ingeklemd bij de goot) zijn de volgende vergelijking op te stellen:

- Maximale verplaatsing $utoel-a = 2 * h / 150 = 2 * 4000 / 150 = 53.3 \text{ mm}$
- Absolute grenswaarde $umax = 2 * 30 \text{ mm} = 60.0 \text{ mm}$

2) rekening houdend met de ruitafmetingen :

- Vereiste min. speling bovenkant ruit : $Sn = 7.5 \text{ mm}$
- Vereiste min. speling zijkant ruit : $Sr = 2.0 \text{ mm}$
- Lengte van de hele dekruiten : $Lr = 2015.0 \text{ mm}$
- Ruitbreedte in de middenvelden : $Br = 1000.0 \text{ mm}$

- toelaatbare verplaatsing 1e kolommenrij achter de zijgevel:

$$U_{t1a} = (Sr + Sn * \frac{Lr}{Bs}) * \frac{n_{kap} * kap / \cos(a)}{Lr}$$

$$= (2.0 + 7.5 * \frac{2015.0}{1000.0}) * \frac{1 * 12400 / \cos(25.0)}{2015.0} = 116.2 \text{ mm}$$

$$U_{toel-b} = U_{t1a} = 116.2 \text{ mm}$$

3) maatgevend :

Bij een controle op seismische belastingen zijn de eisen op vervormingen niet relevant. Om te voorkomen dat de uitkomsten toch maatgevend zijn wordt een hoge bovengrens geïntroduceerd:

- $utoel = 2 * ph / 50 = 2 * 4000 / 50 = 160.0 \text{ mm}$

d) Controle van de toegestane horizontale verplaatsing in gootrichting:

- Stijfheid:
 controle: $0.4 \text{ mm} < 160.0 \text{ mm}$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- Kolommen (RHBK160*160*5.0 mm) voldoen qua stijfheid
 bij B.C.9 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.11 Controle van de op "trek" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "trek" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "trek" belaste poer (neerwaarts = +)

$$- Va' = Fvk' - \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 21028 - \frac{2 * 245 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} + 2 * \frac{198 \text{ E3}}{4000} = 20636 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Va' = 20636 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Va' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 35099 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 198 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 198 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 12442 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -12244 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $198 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-12244 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|35099 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $245 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "trek" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

4.16.12 Controle van de op "druk" belaste poer:

a) Berekening van de verticale belasting in de op "druk" belaste poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting in de op "druk" belaste poer (neerwaarts = +)

$$Vb' = Fvk' + \frac{2 * Fhk' * (h + fh - fhp + vok)}{v} + 2 * \frac{Tpoer'}{v}$$

$$= 21028 + \frac{2 * 245 * (4000 + 0 - 0 + 0)}{4000} - 2 * \frac{198 \text{ E3}}{4000} = 21419 \text{ N.}$$

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +) : $Vb' = 21419 \text{ N}$
- Eigen gewicht van de kolom ($1.00 * 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
- Eigen gewicht paal, poer en grond ($1.00 * 14462$) : $Gfund = 14462 \text{ N}$
- Vert. belasting per poer: $Fvp = Vb' + Fegk' + Gfund$ $Fvp = 36834 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = Tpoer'$ $= 198 \text{ Nm}$
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) $= 0 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp$ $Mp = 198 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| * 0.5 * B$ $= 13057 \text{ Nm}$
- Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp$ $Mp = -12859 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $198 \text{ Nm} < 15169 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-12859 \text{ Nm} < 12244 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : $|36834 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : $245 \text{ N} < 12002 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- De op "druk" belaste poeren BPRD800*970 mm voldoen bij B.C.9: d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

Bedrijf: PELECON, CK-210-5
 Project: NAUTIX
 Bestand: N23.02.04 casta PV panelen.ckd



5 K O P G E V E L S

Note: \$

Kasgegevens:

- Kastype : Breedkap-kas
 - Overspanning (l) : 12.40 m
 - Aantal gekoppelde spanten : 1 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.00 m
 - Kolomhoogte (h) : 4.00 m
 - Randfundering : stortbeton 300 *250 mm
 - Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
 - Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de kopgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):
 De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
 - Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 50 jaar: $V_b = 27.0$ m/s
 - Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)
- De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:
- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
 - NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
 - NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels
- (voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)
 Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de kopgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.
 Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

5.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.16 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 6.8 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun (B.C.3) : 1256E9 Nmm² > 49E9 Nmm², dus: voldoet.
- Nokkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.45 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 27.9 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.62 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 24.6 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gording 3 (B.C.2) :
 - Sterkte : 0.90 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.90 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 1.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.8) : 22389 Nm > 1.0 * 4219 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten (B.C.2) n : 11567 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 9639 N < 10787 N, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 161 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.1.1 Eindconclusie(s):

- De kopgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Gootkolom (RHBK160*80*4.0 mm, S275 (EN10219)) : voldoet
 - Nokkolom (RHBK160*160*6.0 mm, S275 (EN10219)) : voldoet
 - Tussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm, S275 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U80*40*2.00 1300 doorgaande ligger : voldoet
 - 2 U80*40*2.00 2600 doorgaande ligger : voldoet
 - 3 U80*40*2.00 3900 doorgaande ligger : voldoet
- De kopgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH300*250, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD800*900) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB220) : voldoet.

5.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
 - B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de kopgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief brede kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de kopgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de gordingafstand, de glasafmetingen en de speling van het glas.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft een advies over de positie van de schoren over de precieze glasinvulling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.
- Bij de berekening van het eerste spant achter de kopgevel en de dekgordingen dient rekening te worden gehouden met de drukkrachten vanuit de kolomschoor.

5.2 INVOERGEGEVENS

5.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Breedkapkas
- Overspanning (l) : 12.40 m
- Vakmaat (v) : 4.00 m
- Kolomhoogte gevel : 4.00 m
- Kaslengte (L) : 20.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 1

5.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 25.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 0 mm
- Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm (vertikaal gemeten: 497 mm)
- Spantverlaging (vspant) : 10 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1000 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 775 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 800 mm

5.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK160*160*5.0
- Staalsoort kolommen : S275 (EN10219)
- Lengte kolom : 4000 mm

5.3 Gegevens van de kopgevels:

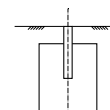
- Gootkolom (gk) : RHBK160*80*4.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Nokkolom (nk) : RHBK160*160*6.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Tussenkolom (tk) : RHBK160*80*4.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
 - aantal tussenkolommen per kap : 2
 - h.o.h. afstand kopgevelkolommen: 3.1 m
- Tabel met gordingprofielen: 3x hoh max 1300 mm (afstand laatste tot goot 100 mm)

Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U80*40*2.00, S275 (EN10219)	1300	doorgaande ligger	nee	ja
2 U80*40*2.00, S275 (EN10219)	2600	doorgaande ligger	nee	ja
3 U80*40*2.00, S275 (EN10219)	3900	doorgaande ligger	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:
 - koppelprofiel schoorvak: nee
 - gewasdraadboog : niet aanwezig
 - regenleiding aan draad : niet aanwezig
 - belichting aan draad : niet aanwezig
- Eindvakmaat (ve) : 4000 mm
- Stijfheid eindgoot (EI_{eg}) : 210.0 kNm²
 - eindgoot : eigen invoer
 - I_y : 300.00 cm⁴
 - materiaal : aluminium (E_g = 70000 N/mm²)

5.4 Gegevens van de fundering van de kopgevels:

- Randfundering : RH300*250 (C20/25 (B25))
 - Aantal staven boven : 1
 - Diameter bovenwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 120 mm
 - Aantal staven onder : 1
 - Diameter onderwapening: RD10 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 120 mm
 - Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
 - Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD800*900 mm (452 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB220
 - Min.afstand tot randen : 55 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 3100 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast



5.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 300 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Fspantbeen 1e spant : 1198 N
- E.g.ligger : 2396 N

5.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

5.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL;
- Basic wind velocity : V50 = 27.0 m/s reference V50 = 27.0 m/s
- Basic snowload : SK = 700.0 N/m²
- Berekenende afsmeltfactor : Ct = 1.000
- Type kasdekomhulling : Sandwich isolatiedak
- Temperatuur onder kasdek: Minimaal 12 °C
- Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
- Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : Rf = 50 year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : AgR = 0.022 x g m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: gs = 1.30
- Windstuwdruk (qwind) : 745 N/m² dekopervlak
(N.B.: Nokhoogte: H = 0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * tan 25° = 6.891 m)
Gebouwhoogte: 6.891 m. Eff.hoogte: ze = 6.891 m
- Sneeuwbelasting (qsneeuw) : 694.4 N/m² grondoppervlak
(N.B.: Er is rekening gehouden met sneeuwaccumulatie)
- Installaties : 70 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 70 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (qgewas) : 0 = Max(0 , 0) N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

5.5 Belastingen op de kopgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 0 kg
- Er is bij de berekening van de kopgevels geen rekening gehouden met:
 - Leidingen opgehangen aan de kopgevels.
 - Gewasdraden.
 - Schermdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

5.6 UITANGSPUNTEN EN ONTWERPBELASTINGEN - NEDERLAND

5.6.1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

5.6.1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met $C_{prob} 50$ jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

5.6.1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 50$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 * (z_0 / z_{0II})^{0.07} = 0.19 * (0.200 / 0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 50$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} * \frac{1 - K_1 * \ln(1 / ref)^{+0.5}}{1 - K_1 * \ln(0.02)^{+0.5}} = 27.000 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.000 + 4.000 + 0.5 * 12.40 * \tan 25^\circ = 6.891$ m
- Reference height : $z_e = 6.891$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 6.891$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.741$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r * kl) / (ct(z_e) * co(z_e)) = 0.283$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 * co(z_e)^2 * (1 + 7 * I_v(z_e)) = 1.635$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho / 2 * (V_{ref})^2 = 455.625$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} * V_{ref} = 1.635^{0.5} * 27.000 = 34.5$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) * q = 745.063$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim}; \text{lloodrecht} = 1.00$, $C_{dim}; \text{parallel} = 1.00$

5.6.1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 694.4 N/m^2 grondoppervlak (zonder afsmelten: $q_{si} = 560.0 \text{ N/m}^2$)
- Return period: $\text{ref} = 50$
 - Basic snow load: $SK = 700.0 \text{ N/m}^2$
 - Reduction with a return period n and $V=0.800$
 $EN 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/50) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 1.000$
 - Snow load shape coefficient (for sub_structure only): $C_1 = 0.80$
 - Thermal coefficient for non-heated greenhouses: $C_t = 1.00$
 - Exposure coefficient C_e , usually 1.0 (no effect from wind): $C_e = 1.00$
 - Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 1.000 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 560.0 \text{ N/m}^2$
 - Snow load, taken into account the Snow drifting + sliding (open, expose, $C_m=1.2$ or 1.0)
Factor: $f_{\mu,acc} = 1.0 + 0.2 * C_e * C_{NH} = 1.0 + 0.2 * 1.2 = 1.24$
 $q_{sneeuw} = f_{\mu,acc} * q_s = 1.24 * 560.0 = 694.4 \text{ N/m}^2$

5.6.1.31 Calculation of the thermal coefficient C_t

Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : $S_k = 700.0 \text{ N/m}^2$
- Roof angle : $\alpha = 25^\circ$
- Air temperature inside (at snow event) : $T_i = \text{Minimaal } 12^\circ\text{C}$
- Air temperature outside (at snow event) : $T_e > -8^\circ\text{C}$
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Sandwich isolatiedak

Derived data for the calculation of C_t according EN13031

- U in for heat protection : $U = 6.9 \text{ W/m}^2\text{K}$ (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$
- U_o value of the roof cover : $U_{o,r} = U / [1 / U - R_{se}] = 9.530 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Heat transmittance (max value) : $U_o = 4.177 \text{ W/m}^2\text{K}$ (min-max: $1 \text{ min } 4.177 \text{ max } \text{W/m}^2\text{K}$)
- Upper ground snow load limit : $\text{Lim.Skn} = 1000 * (20.2634 / (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^0.75)^4$
 $= 1000 * (20.2634 / (12 - 5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^0.75)^4 = 70219 \text{ N/m}^2$
- S_{kmax} in the C_t Calculation : $S_{kmax} = \min(S_{kn}, \text{Lim.Skn}) = \min(700 * 1.000, 70219)$

Basic melt factor C_t , see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(\alpha) = 1.000$ (incl. corrections)
 $= (1 - 0.054 * (\min(700 * 1.000; 70219) / 3500)^{0.25} * (12 - 5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75}) * \cos(25.00 * 3.14 / 180) = 1.000$

Corrections for C_t depending on parameters:

- Air temperature outside: for $T_e \leq -8^\circ\text{C}$ factor = 1.2 so $C_t = 1.0 * C_t$
- Upper limit $C_t \leq 1.0$
- Lower limit $C_t > 0.2 * \cos(\alpha)$
- Sneeuwbelasting, rekening houdend met sneeuwaccumulatie:
 $C_1 = 0.8, C_2 = 0.8 * (30 + 25.0) / 30 = 1.467$
 $q_{sneeuw} = q_s * 0.5 * (C_1 + C_2) / C_1 = 560.0 * 0.5 * (0.8 + 1.467) / 0.8 = 694.4 \text{ N/m}^2$

5.6.1.4 BELASTINGCOMBINATIES EN FACTOREN

5.6.1.41 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)
- B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.6.1.42 Combinaties voor de kroeden:

- BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.6.1.43 Combinaties voor de goot:

- BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
- BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

5.6.1.44 Settings for load combinations gamma/KFI/Psi/Zeta:

Consequence class: CC2 Gardencentre

	6.10b	6.10a
Gamma		
- Permant load G Unfavourable	1.350	1.350
- Permant load G Favourable	0.900	0.900
- Live load Q	1.500	1.500
Unfavourable load KFI		
- Permant load G	1.000	1.000
- Live load Q	1.000	1.000
Combinationfactor Psi.0		
- Snow load	0.000	0.000
- Wind load	0.000	0.000
- Permant load	1.000	1.000
Reduction factor permant load		
- Zeta	0.890	1.000

5.6.1.45 Tabel 1: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen gewicht dek a= 300 N/m ² b= 0 N	Instal-laties 70 N/m ² + 0 N/m ² = 70 N/m ²	Wind-belasting a= 745 N/m ² b= 745 N/m ² c= 745 N/m ²	Sneeuw-belasting a= 694 N/m ² b= 560 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas-belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 0 N b= 0 N	Aardbeving AgR = 0.022 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.20(1.00)	1.20(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.20(1.00)	1.20(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	b 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.20(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
8	1.35(1.00)	1.35(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]exceptional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 6891	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 4000	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 5168	mm	
- Roof angle	: alpha = 25.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 12400	mm	Ratio h/W = 0.4168
- Greenhouse length	: L = 20000	mm	Ratio h/L = 0.2584
- Bay width gutter to gutter	: S = 12400	mm	Ratio h/S = 0.4168

5.6.1.46 Tabel 2: Windvormfactoren bij wind evenwijdig (||) aan de nok:

BC	Vormfactor Wind, dek	Factor Windwrijving	Winddruk kopgevel	Windzuiging kopgevel	Druk in de kas*)
1	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
2	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.40
3	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00
4	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
5	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	0.20
6	-0.200	0.010	+0.70	+0.30	-0.20
7	-0.580	0.010	+0.70	+0.30	0.20
8	+0.000	0.000	+0.00	+0.00	0.00

*) Overdruk=positief / Onderdruk=negatief

5.7 OVERZICHT BEREKENINGSRÉSULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

5.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.03 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussekolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.03 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 3126 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -8326 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 0 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.34 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.16 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 6.8 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.45 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.44 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 27.9 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.62 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 24.6 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.79 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.79 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.88 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.79 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.79 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.88 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.90 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.90 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 1.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 3755 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 11567 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 2913 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 9639 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 161 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : 1256E9 Nmm² > 49E9 Nmm², dus: stijfheid voldoet.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 3755 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -9853 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 0 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 3.1 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 12.7 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 11.2 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 2813 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -2253 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 73 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.15 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 3.1 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.20 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 12.7 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 11.2 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 2813 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -2253 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 73 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.30 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.27 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 5.6 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.37 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.33 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 22.8 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.55 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.50 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.53 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 20.1 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.72 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.65 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.72 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.73 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.73 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.82 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 3755 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 9466 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : 1294 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 7888 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 132 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.16 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 3.1 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.21 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 12.7 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.32 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.29 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 11.2 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.36 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.40 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.09 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.41 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.46 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 2813 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -721 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 73 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

5.7.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Kopgevel:

- Gootkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
 - Gootsteun : geen steun nodig voor eind-goot.
- Nokkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Tussenkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.01 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 30.0 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 22389 Nm > 1.0 * 4219 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -8326 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 0 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
 OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
 (zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

5.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

5.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = 5766	N (2294	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 0	N (0	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 0	N	

5.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = 4142	N (3218	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 8393	N (5595	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 14459	N	

5.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = 9214	N (6599	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 0	N (0	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 0	N	

5.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = -1098	N (12	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 3820	N (2546	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 6580	N	

5.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = -1098	N (12	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 3820	N (2546	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 6580	N	

5.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = 2235	N (1860	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 6868	N (4579	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 11833	N	

Project : NAUTIX
 Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
 Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
 Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 441
 SP9 Versie: 3.10.P
 Versie: 2.01
 ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

5.8.7 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = -7582	N (-4311	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 3820	N (2546	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 6580	N	

5.8.8 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering	Fvk = 3097	N (2294	N)
- Eigen gewicht van de kopgevelgootkolom	Feg.kg = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgeveltussenkolom	Feg.kt = 570	N	
- Eigen gewicht van de kopgevelnokkolom	Feg.kn = 1131	N	
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton)	Qrd = 2602	N/m	
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 3100 mm	Rf = 0	N (0	N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 3100 mm	Fhrd = 0	N	

5.8.9 Summary of loads at foundation:

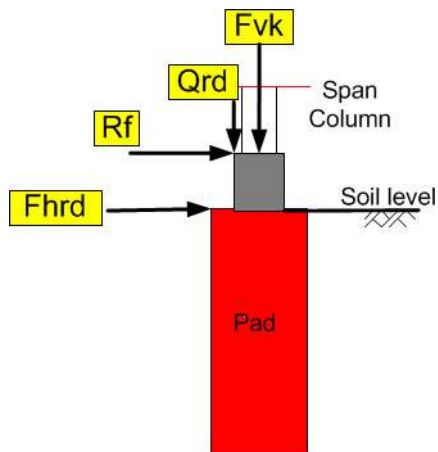


Table: Foundation forces gable end, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Gable end	Fvk ULS	Fvk+Fegk	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	ULS [N]	[N]	[N]	[N]
		-anchor			
BC1	5766	0	12	0	0
BC2	4142	0	8612	8393	14459
BC3	9214	0	20	0	0
BC4	-1098	0	5744	3820	6580
BC5	-1098	0	9252	3820	6580
BC6	2235	0	401	6868	11833
BC7	-7582	0	4743	3820	6580
BC8	3097	0	7	0	0

5.9 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.
 (index "y" = "in gootrichting")

5.9.1 Kopgevelgootkolommen (RHBK160*80*4.0 mm S275 (EN1021) (index "gk")):

- Oppervlakte : Agk = 1814.8 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.gk = 5979473.5 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.gk = 74743.4 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.gk = 57.4 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.gk = 2037813.6 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.gk = 50945.3 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.gk = 33.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.gk = 40.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lgk = 4.000 m
- Gewicht : Ggk = 56.985 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.gk = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Egk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Ggk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.gk = 74743 (Wply.gk = 92905) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.gk = 50945 (Wplz.gk = 57433) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.gk = 4823509 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.gk = 566638 N
 - NRk.gk = 566638 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.gk = 23337 Nm Mz.c.Rd.gk = 15907 Nm
 - elastisch My.Rk.gk = 23337 Nm Mz.Rk.gk = 15907 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoekgk*tgk/Lgk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 312.2 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lgk = 466.3 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dgk = fy-eq = 312.2 N/mm²
- Op trek belast : fy-tgk = fy-eq = 312.2 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-ygk = 4000/57.4 = 70
 - Chixgk = min(0.660 , 1.0) = 0.660
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygk} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygk}}{l_{kygk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 598E4}{4000^2} = 774572 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-zgk = 4000/33.5 = 119
 - Chizgk = min(0.359 , 1.0) = 0.359
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgk} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgk}}{l_{kzgk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 204E4}{4000^2} = 263975 \text{ N}$$

5.9.2 Kopgevelgording (U80*40*2.00 mm S275 (EN1021) (index "gd1")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd1} = 2.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd1} = 40.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 40.00 / 2.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 1.161$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/1.161) / 1.161 = 0.70$, dus: $\rho_{hbr} = 0.70$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.70 * 40.0 = 27.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd1} = 258.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd1} = 235070.9$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd1} = 5876.8$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd1} = 30.2$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd1} = 18003.0$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd1} = 539.2$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd1} = 8.3$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd1} = 33.4$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 4.3$ mm
- Lengte : $L_{gd1} = 3.100$ m
- Gewicht : $G_{gd1} = 6.292$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd1} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd1} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd1} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd1} = 5877$ ($W_{ply.gd1} = 5877$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd1} = 539$ ($W_{plz.gd1} = 539$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd1} = 418$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd1} = 52.6E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.gd1} = 71099$ N
 - $N_{Rk.gd1} = 71099$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd1} = 1616$ Nm $M_{z.c.Rd.gd1} = 148$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd1} = 1616$ Nm $M_{z.Rk.gd1} = 148$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd1} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd1} = f_y = 308.6$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd1} = l_{gd1} = 2945$ mm (doorgaand = 0.95x systeemplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd1} = 2945/30.2 = 98$
 - $\chi_{ygd1} = \min(0.471, 1.0) = 0.471$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd1}}{l_{kygd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 24E4}{2945^2} = 56176 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd1} = l_{gd1} = 775$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd1} = 775/8.3 = 93$
 - $\chi_{zgd1} = \min(0.501, 1.0) = 0.501$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd1}}{l_{kzgd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 2E4}{775^2} = 62124 \text{ N}$$

5.9.3 Kopgevelgording (U80*40*2.00 mm S275 (EN1021) (index "gd2")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd2} = 2.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd2} = 40.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 40.00 / 2.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 1.161$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/1.161) / 1.161 = 0.70$, dus: $\rho_{hbr} = 0.70$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.70 * 40.0 = 27.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd2} = 258.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd2} = 235070.9$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd2} = 5876.8$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd2} = 30.2$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd2} = 18003.0$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd2} = 539.2$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd2} = 8.3$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd2} = 33.4$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 4.3$ mm
- Lengte : $L_{gd2} = 3.100$ m
- Gewicht : $G_{gd2} = 6.292$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd2} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd2} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd2} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd2} = 5877$ ($W_{ply.gd2} = 5877$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd2} = 539$ ($W_{plz.gd2} = 539$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd2} = 418$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd2} = 52.6E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht $N_{c.Rd.gd2} = 71099$ N
 - $N_{Rk.gd2} = 71099$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd2} = 1616$ Nm $M_{z.c.Rd.gd2} = 148$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd2} = 1616$ Nm $M_{z.Rk.gd2} = 148$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd2} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd2} = f_y = 308.6$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd2} = l_{gd2} = 2945$ mm (doorgaand = $0.95x$ systeemplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd2} = 2945/30.2 = 98$
 - $\chi_{ygd2} = \min(0.471, 1.0) = 0.471$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd2} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd2}}{l_{kygd2}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 24E4}{2945^2} = 56176 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd2} = l_{gd2} = 775$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd2} = 775/8.3 = 93$
 - $\chi_{zgd2} = \min(0.501, 1.0) = 0.501$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd2} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd2}}{l_{kzgd2}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 2E4}{775^2} = 62124 \text{ N}$$

5.9.4 Kopgevelgording (U80*40*2.00 mm S275 (EN1021) (index "gd3")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd3} = 2.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd3} = 40.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 40.00 / 2.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 1.161$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/1.161) / 1.161 = 0.70$, dus: $\rho_{hbr} = 0.70$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.70 * 40.0 = 27.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd3} = 258.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd3} = 235070.9$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd3} = 5876.8$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd3} = 30.2$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd3} = 18003.0$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd3} = 539.2$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd3} = 8.3$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd3} = 33.4$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 4.3$ mm
- Lengte : $L_{gd3} = 3.100$ m
- Gewicht : $G_{gd3} = 6.292$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd3} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd3} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd3} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd3} = 5877$ ($W_{ply.gd3} = 5877$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd3} = 539$ ($W_{plz.gd3} = 539$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd3} = 418$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd3} = 52.6E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.gd3} = 71099$ N
 - $N_{Rk.gd3} = 71099$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd3} = 1616$ Nm $M_{z.c.Rd.gd3} = 148$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd3} = 1616$ Nm $M_{z.Rk.gd3} = 148$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd3} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd3} = f_y = 308.6$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd3} = l_{gd3} = 2945$ mm (doorgaand = $0.95 \times$ systeemplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd3} = 2945/30.2 = 98$
 - $\chi_{ygd3} = \min(0.471, 1.0) = 0.471$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd3} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd3}}{l_{kygd3}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 24E4}{2945^2} = 56176$$
 N
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd3} = l_{gd3} = 775$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd3} = 775/8.3 = 93$
 - $\chi_{zgd3} = \min(0.501, 1.0) = 0.501$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd3} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd3}}{l_{kzgd3}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 2E4}{775^2} = 62124$$
 N

Oplegfactoren gordingen

nr.	positie	Frga	Frg	Flia	Fli	Fgda	Fgd	Fxsa	Fxs
1	1300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2600	0.000	0.277	0.000	0.277	0.000	0.385	0.000	0.000
3	3900	0.723	0.723	0.723	0.723	0.615	0.615	0.000	0.000

5.9.5 Kopgevelnokkolommen (RHBK160*160*6.0 mm S275 (EN1021) (index "nk")):

- Oppervlakte : Ank = 3603.3 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.nk = 14066789.0 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.nk = 175834.9 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.nk = 62.5 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.nk = 14066789.0 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.nk = 175834.9 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.nk = 62.5 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.nk = 80.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lnk = 4.000 m
- Gewicht : Gnk = 113.143 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.nk = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Enk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gnk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.nk = 175835 (Wply.nk = 206383) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.nk = 175835 (Wplz.nk = 206383) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.nk = 21793359 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht Nc.Rd.nk = 1142391 N
 - NRk.nk = 1142391 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.nk = 55747 Nm
 - Mz.c.Rd.nk = 55747 Nm
 - Mz.Rk.nk = 55747 Nm
 - Moment elastisch My.Rk.nk = 55747 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfa_y = 0.49 alfa_z = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy + (7 * rho_{yk} * t_{nk} / L_{nk}) * (ft - fy) < (fy + ft) / 2: fy-eq = 317.0 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lnk = 619.4 mm
- Omgez. hoeken : rho_{yk} = 4
- Op druk belast : fy-dnk = fy-eq = 317.0 N/mm²
- Op trek belast : fy-tnk = fy-eq = 317.0 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte lk_{ynk} = l_{nk} = 4000 mm (helpt van de overspanning)
 - Slankheid : lambda_{-ynk} = 4000 / 62.5 = 64
 - Chi_{ynk} = min(0.701 , 1.0) = 0.701
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eynk} = \frac{\pi^2 * E * I_{ynk}}{l_{kynk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1407E4}{4000^2} = 1822192 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte lk_{znk} = l_{nk} = 4000 mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : lambda_{-znk} = 4000 / 62.5 = 64
 - Chi_{znk} = min(0.701 , 1.0) = 0.701
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eznk} = \frac{\pi^2 * E * I_{znk}}{l_{kznk}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1407E4}{4000^2} = 1822192 \text{ N}$$

5.9.6 Kopgeveltussenkolommen (RHBK160*80*4.0 mm S275 (EN1021) (index "tk")):

- Oppervlakte : $A_{tk} = 1814.8 \text{ mm}^2$
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.tk} = 5979473.5 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.tk} = 74743.4 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.tk} = 57.4 \text{ mm}$
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.tk} = 2037813.6 \text{ mm}^4$
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.tk} = 50945.3 \text{ mm}^3$
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.tk} = 33.5 \text{ mm}$
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.tk} = 40.0 \text{ mm}$
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0 \text{ mm}$
- z : $e_{Nz} = 0.0 \text{ mm}$
- Lengte : $L_{tk} = 4.000 \text{ m}$
- Gewicht : $G_{tk} = 56.985 \text{ kg}$
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.tk} = 275.0 \text{ N/mm}^2$
- Elasticiteitsmodulus $E_{tk} = 210000 \text{ N/mm}^2$
- Afschuivingsmodulus $G_{tk} = 80769 \text{ N/mm}^2$
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.tk} = 74743 \text{ (} W_{ply.tk} = 92905 \text{) mm}^3$
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.tk} = 50945 \text{ (} W_{plz.tk} = 57433 \text{) mm}^3$
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.tk} = 4823509 \text{ mm}^4$
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.tk} = 566638 \text{ N}$
 - $N_{Rk.tk} = 566638 \text{ N}$
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.tk} = 23337 \text{ Nm}$ $M_{z.c.Rd.tk} = 15907 \text{ Nm}$
 - elastisch $M_{y.Rk.tk} = 23337 \text{ Nm}$ $M_{z.Rk.tk} = 15907 \text{ Nm}$
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
- Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0 \text{ N/mm}^2$, $f_t = 430.0 \text{ N/mm}^2$)
 - $f_{y-eq} = f_y + (7 \cdot n_{hoektk} \cdot t_{tk} / L_{tk}) \cdot (f_t - f_y) < (f_y + f_t) / 2$: $f_{y-eq} = 312.2 \text{ N/mm}^2$
- Ontwikkelde lengte : $L_{tk} = 466.3 \text{ mm}$
- Omgez. hoeken : $n_{hoek} = 4$
- Op druk belast : $f_{y-dtk} = f_{y-eq} = 312.2 \text{ N/mm}^2$
- Op trek belast : $f_{y-ttk} = f_{y-eq} = 312.2 \text{ N/mm}^2$
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kytk} = l_{tk} = 4000 \text{ mm}$ (helpt van de overspanning)
 - Slankheid : $\lambda_{ytk} = 4000 / 57.4 = 70$
 - $\chi_{ytk} = \min(0.660, 1.0) = 0.660$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eyt} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{ytk}}{l_{kytk}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1E5 \cdot 598E4}{4000^2} = 774572 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kztk} = l_{tk} = 4000 \text{ mm}$ (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ztk} = 4000 / 33.5 = 119$
 - $\chi_{ztk} = \min(0.359, 1.0) = 0.359$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eztk} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{ztk}}{l_{kztk}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2.1E5 \cdot 204E4}{4000^2} = 263975 \text{ N}$$

5.9.7 Profieleigenschappen van de (rand)fundering.

5.9.7.1 Materiaalgegevens beton (EN 1992-1-1)

Sterkteklasse : C20/25 (B2)
Karakteristieke kubusdruksterkte: $f_{ck}' = 25.0 \text{ N/mm}^2$
Volumieke massa beton : $smbeton = 2400 \text{ kg/m}^3$
Soortelijk gewicht beton : $sgbeton = 24000 \text{ N/m}^3$

- Rekenwaarde voor de druksterkte (EN 1992-1-1 art. 6.1.1):

$$f_b' = 0.72 * f_{ck}' / 1.2 = 0.72 * 25.0 / 1.2 = 15.0 \text{ N/mm}^2$$

- Rekenwaarde voor de gemiddelde treksterkte (EN 1992-1-1):

$$f_{bm} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * f_{ck}'}{y_m} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * 25.0}{1.4} = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.40$ voor beton)

- Bilineair spanning-rekdiagram (EN 1992-1-1):

- Betonstuk bij het begin van de plastische vervorming: $eb_{pl}' = 1.75E-3$
- Grenswaarde voor betonstuk (breuk): $eb_u' = 3.50E-3$

- Rekenwaarde elasticiteitsmodulus: $E_b = \frac{f_b'}{eb_{pl}'} = \frac{15.0}{1.75E-3} = 8571 \text{ N/mm}^2$
(lange duur effect t.g.v. krimp globaal in rekening gebracht)

5.9.7.2 Betonstaal randfundering

Betonstaalsoort randfundering: FeB500
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $fs_{rep} = 1600.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{rds} = fs_{rep} / y_m = 1600.0 / 1.15 = 1391.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

5.9.7.3 Betonstaal haarspeld

Betonstaalsoort haarspeld: FeB220
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $fs_{rep} = 220.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{sps} = fs_{rep} / y_m = 220.0 / 1.15 = 191.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

5.9.7.4 Rekenwaarde van het scheurmoment

Het scheurmoment (M_r) is het buigend moment, waarbij aan de trekzijde van de fundering de treksterkte van het beton wordt overschreden. Aangezien het scheurmoment van invloed is op het minimum wapeningspercentage (zie 5.9.5) wordt gerekend met de karakteristieke bovengrens van de treksterkte ($1.4 * f_{bm}$):

Verticaal:

$$- M_{r,ver} = 1/6 * brd * hrd^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.250 * 0.300^2 * 1.4 * 2.3E6 = 12075 \text{ Nm}$$

Horizontaal:

$$- M_{r,hor} = 1/6 * hrd * brd^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.300 * 0.250^2 * 1.4 * 2.3E6 = 10062 \text{ Nm}$$

5.9.7.5 Rekenwaarde van het uiterst opneembare verticaal buigend moment van de gescheurde doorsnede

Bij de berekening van de capaciteit van de randfundering wordt uitgegaan van een verticaal belaste betonbalk (x-richting) waarbij conform EN 1992-1-1 wordt verondersteld dat het beton geen trek kan opnemen.

Het uiterst opneembare buigend moment van de gescheurde doorsnede (M_u) treedt op als de trekwapening vloeit en in de uiterste betonvezel de grenswaarde van de betonstuik ($\epsilon_{bu} = 3.5E-3$) optreedt. Voor de eenvoud en de veiligheid is de beperkte invloed van eventuele drukwapening in dit geval verwaarloosd.

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$- \text{Beton: } N_u' = \left(- \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u + - \frac{1}{2} * - \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * b_{rd} * x_u * f_{b'}$$

$$- \text{Staal: } N_s = A_{strek} * f_{rds} \\ \text{waarin } A_{strek} = a_{st} * \pi/4 * d_{st}^2 = 1 * \pi/4 * 10^2 = 78.54 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * b_{rd} * f_{b'}} = \frac{78.54 * 1391.3}{0.75 * 250 * 15.0} = 38.85 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,ver} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \text{ waarin: } z_u = h_{rd} - a_{rd} - t_{rd} - 7/18 * x_u$$

Invullen geeft:

$$- \text{Normaalkracht: } N_s = A_{strek} * f_{rds} = 78.54 * 1391.3 = 1E+5 \text{ N}$$

$$- \text{Hefboomsarm: } z_u = h_{rd} - (a_{rd} + d_{st}/2) - t_{vrd} - 7/18 * x_u \\ = 300 - (65 + 10/2) - 10 - 7/18 * 38.85 = 205 \text{ mm}$$

$$- \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,ver} = N_s * z_u = 1E+5 \text{ N} * 0.205 \text{ m} = 22389 \text{ Nm}$$

5.9.7.6 Minimum wapeningspercentage (EN 1992-1-1)

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,ver} > M_{r,ver} \text{ of } M_{u,ver} > 1.5 * M_{d,ver}$$

waarbij:

$M_{u,ver}$ = het uiterst opneembare buigend moment volgens 5.9.5

$M_{r,ver}$ = de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 5.9.4

$M_{d,ver}$ = de rekenwaarde van het optredende maximale moment.

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,ver}$).

$$M_{u,ver} = 22389 \text{ Nm} > M_{r,ver} = 12075 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,ver} > 1.0 * M_{d,ver}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

5.9.7.7 Rekenwaarde van het uiterst opneembare horizontaal buigend moment van de gescheurde doorsnede (EN 1992-1-1)

Overeenkomstig hoofdstuk 5.97.5 kan de capaciteit van horizontaal belaste betonbalk (y-richting) berekend worden:

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$\begin{aligned}
 - \text{Beton: } N_u' &= \left(\frac{1}{2} * h_{rd} * x_u + \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * h_{rd} * x_u \right) * f_b' = 0.75 * h_{rd} * x_u * f_b' \\
 - \text{Staal: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} \\
 \text{waarin } A_{strek} &= \pi/4 * (d_{st}^2 + d_{sd}^2) = \pi/4 * (10^2 + 10^2) = 157.08 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * h_{rd} * f_b'} = \frac{157.08 * 1391.3}{0.75 * 300 * 15.0} = 64.75 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

Invullen geeft:

$$\begin{aligned}
 - \text{Normaalkracht: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} = 157.08 * 1391.3 = 2E+5 \text{ N} \\
 - \text{Hefboomsarm: } z_u &= b_{rd} - (a_{tzrd} + d_{st}/2) - t_{hrd} - 7/18 * x_u \\
 &= 250 - (120 + 10/2) - 10 - 7/18 * 64.75 = 90 \text{ mm} \\
 - \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,hor} &= N_s * z_u = 2E+5 \text{ N} * 0.090 \text{ m} = 19629 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

5.9.7.8 Minimum wapeningspercentage

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,hor} > M_{r,hor} \text{ of } M_{u,hor} > 1.5 * M_{d,hor}$$

waarbij:

$$\begin{aligned}
 M_{u,hor} &= \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 5.9.5} \\
 M_{r,hor} &= \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 5.9.4} \\
 M_{d,hor} &= \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}
 \end{aligned}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,hor}$).

$$M_{u,hor} = 19629 \text{ Nm} > M_{r,hor} = 10062 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,hor} > 1.0 * M_{d,hor}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

5.9.7.9 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (5.9.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (5.9.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

5.9.7.91 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei zw zandig
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 18.0$ in kN/m^3
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 22.5$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 5000$ in N/m^2
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.100$ in N/mm^2
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.237$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.005$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{sat} = 18$ in kN/m^3
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 1.1$
- Bedding : $k = 40$ in MN/m^3 ($k=40000 \text{ kN/m}^3$)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-d} = 1 - \sin(22.5^\circ) = 0.62$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-d} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 2.24$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-d} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 0.45$

b) Eigenschappen van de randfundering:

- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $G_{fund} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot \gamma_g = 10857 \text{ N}$
- Liëniek gewicht van de randbalk ($\gamma_g = 24000 \text{ N/m}^3$):
 - $Q_{rand} = 0.300 \cdot 0.250 \cdot 24000 = 1800 \text{ N/m}$

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

$$B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot d^2)^{1/2} = 709.0 \text{ mm}$$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = h_{bp} = 900 \text{ mm}$
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = (h_{rd} - f_h) = 300 - 0 = 300 \text{ mm}$

5.9.7.92 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het middenbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering Fhk', werkend van links naar rechts. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwung van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk. De verticale neerwaartse belasting wordt rechtstreeks opgenomen door de heipalen.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz; Fvz; Fhz), het verschil in gronddruk tegen het linker- (Fha; Mha), respectievelijk het rechterkopvlak (Fhp; Mhp) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (Fva) en rechterkopvlak (Fvp) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (Fvo; Mvo).

$$Mp\_neerw = Mwz + Mhp - Mha + Fvp \cdot B / 2 + Fva \cdot B / 2 + Mvo \quad (\text{linksom} = +)$$

$$Fv\_neerw = Fvz + Fva + Fvp + Fvo \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$Fh\_neerw = Fhz + Fhp - Fha \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz, Fvz en Fhz) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk Sn. Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht Fw, die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht Fw wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/Rmax). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van Fw met de straal R geeft het tegenwerkend koppel Mw. Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen Mwz, Fvz en Fhz bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{\max} = (0.25 \cdot B^2 + H^2)^{1/2} = (0.25 \cdot 709.0^2 + 900^2)^{1/2} = 967 \quad \text{mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= sg \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-1} \cdot \tan(\phi_i) + C_0 \\ &= 18 \cdot 10^{-6} \cdot (300 + 900) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \cdot 10^{-3} = 10.52 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{12} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{H^2}{4} + \frac{B^2}{24} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 900 \cdot 709.0}{967} \cdot \left[10.5 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{709.0^2}{12} + \frac{900^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot 900 \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{900^2}{4} + \frac{709.0^2}{24} \right) \right] = 3109 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 900/2) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 8.45 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Vanwege de symmetrische kanteling geldt: $F_{vz} = 0 \text{ N}$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 900/3) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 7.76 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\
 &= 2 \cdot 900 \cdot 709.0 \cdot 7.76 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 900 / 967 = 4608 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha} , F_{va} , F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned} - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_p * (D + H/4)] \\ &= 1/3 * 18 \text{ E-6} * 709.0 * 900^2 * [0.62 * (300 /2 + 900 /4) \\ &\quad + 2.24 * (300 + 900 /4)] = 4849 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (opwaarts):

$$\begin{aligned} - F_{vp} &= B * H * [T_nC + sg * (\lambda_p - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\ &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\ &= 709.0 * 900 * [8.45 \text{ E-3} + 18 \text{ E-6} * (2.24 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\ &\quad * (300 /2 + 900 /6)] * (0.5 * 709.0) / 967 = 2825 \text{ N} \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned} - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_p * (D/2 + H/6)] \\ &= 18 \text{ E-6} * 709.0 * 900 * [0.62 * (300 /2 + 900 /3) \\ &\quad + 2.24 * (300 /2 + 900 /6)] = 10908 \text{ N} \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned} - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_a * (D + H/4)] \\ &= 1/3 * 18 \text{ E-6} * 709.0 * 900^2 * [0.62 * (300 /2 + 900 /4) \\ &\quad + 0.45 * (300 + 900 /4)] = 1605 \text{ E3 Nmm} \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (neerwaarts):

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [TnC + sg * (\lambda a - \lambda n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\
 &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\
 &= 709.0 * 900 * [8.45E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\
 &\quad * (300 / 2 + 900 / 6)] * (0.5 * 709.0) / 967 = 1887 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= sg * B * H * [\lambda n * (D/2 + H/3) + \lambda a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 18E-6 * 709.0 * 900 * [0.62 * (300 / 2 + 900 / 3) \\
 &\quad + 0.45 * (300 / 2 + 900 / 6)] = 4729 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat een driehoekig grondspanningsverloop ontstaat tegen de rechterhelft van de onderkant van de poer:

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/6 * S_{gr} * B^3 = 1/6 * 0.100 * (709.0)^3 = 5940 \text{ E3 Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p\_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + (F_{vp} + F_{va}) * B / 2 + M_{vo} \\
 &= 3109 + 4849 - 1605 + (2825 + 1887) * 0.7090 / 2 + 5940 = 1E+7 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h\_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 4608 + 10908 - 4729 = 10787 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Indien de poer op een juiste manier is verankerd aan de heipaal is in principe een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk.

5.9.7.93 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld omhoog te willen en enigszins te kantelen om het rechterbenedenpunt B. Hierdoor veranderen de wrijvingskrachten tegen zij- en kopvlakken. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer. Het verticale evenwicht speelt nu wel een rol. In feite is er bij opwaartse belasting geen onderscheid tussen een niet-onderheide poer en een poer op palen.

- Moment ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt B:

$$- R_{\max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (709.0^2 + 900^2)^{1/2} = 1146 \text{ mm}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned} - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi_i) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\ &= \frac{2 \cdot 900 \cdot 709.0}{1146} \cdot \left[10.5 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{709.0^2}{3} + \frac{900^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot 900 \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{709.0^2}{6} + \frac{900^2}{4} \right) \right] = 3808 \text{E}3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned} - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n C \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 900 \cdot 709.0 \cdot 8.45 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 709.0 / 1146 = 3337 \text{ N} \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

$$\begin{aligned} - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n D \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 900 \cdot 709.0 \cdot 7.76 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 900 / 1146 = 3890 \text{ N} \end{aligned}$$

- Wrijving tegen de kopvlakken van de poer:

Passief:

$$\begin{aligned} - F_{vp} &= B \cdot H \cdot [T_n C + s_g \cdot (\lambda_{p-p} - \lambda_{p-n}) \cdot \tan(\phi_i) \cdot (D/2 + H/6)] \\ &= 709.0 \cdot 900 \cdot [8.45 \text{E-}3 + 18 \text{E-}6 \cdot (2.24 - 0.62) \cdot \tan(23^\circ) \\ &\quad \cdot (300 / 2 + 900 / 6)] = 7709 \text{ N} \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 458
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

Actief:

$$\begin{aligned} - Fva &= B * H * [TnC + sg * (\lambda_a - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\ &= 709.0 * 900 * [8.45E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\ &\quad * (300/2 + 900/6)] = 5149 \text{ N} \end{aligned}$$

Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende opwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p\_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + Fva * B \\ &= 3808 + 4849 - 1605 + 5149 * 0.7090 = 10703 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - Fv_{opw} &= Fvz + Fva + Fvp \\ &= 3337 + 5149 + 7709 = 16195 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - Fh_{opw} &= Fhz + Fhp - Fha \\ &= 3890 + 10908 - 4729 = 10070 \text{ N} \end{aligned}$$

5.10 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

5.10.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)= 300 N/m²
 - Sneeuwbelasting (0.00 * 560) = 0 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 370 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 3.10 * 4.00/2 = 2294 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 3.10 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 2294 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)= 300 N/m²
 - Sneeuwbelasting (1.00 * 560) = 560 N/m²
 - Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 930 N/m²
 - Neerwaartse belasting per kolom = 930 * 3.10 * 4.00/2 = 5766 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 3.10 = 0 N
 ----- +
 Totaal = 5766 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

- c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.10.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$h-h_{gd}$	$h-h_{or}$	$h-h_{br}$	M_{wl}	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+ \frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+ \frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+ \frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+ \frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	$= 0 \quad \quad \quad \text{N}$

5.10.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek
 op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	0 * 4.00/2 * (4.00-4.00)	=	0 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk =		0 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-5766|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.010$$

controle: 0.010 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-5766|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 3.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 3.2 / 275.0 = 0.012$$

controle: 0.012 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.015 + 0.000 = 0.015 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-5766| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.028 + 0.000 = 0.028 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.015, 0.028) = 0.028$$

controle: 0.028 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-gk = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - nygk' = 774572 / |-2294| = 337.7 \\
 & \quad \quad \quad - nygk'/nygk'-1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-gk' = 1.00 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - utoel-gk = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } utoel-gk = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \quad \text{N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

$$- \text{voor } dt,ve/de_{lg} > C1 ; \quad 26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

5.10.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned} \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk} - h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk} - h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk} - h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned} \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

- fundering	: $Q_f = R_f$	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	$Q_{ogd} = Q_f - Q_w \cdot h_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: $Q_{oor} = Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or}$	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: $Q_{obr} = Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br}$	=	0 - 0	=	0 N
- dek	: $Q_d = Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br})$	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 6.891 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } & 0 \cdot 6.89/2 \cdot (6.89 - 6.89) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-5766|}{1142391} + \frac{|0|}{55747} = 0.005$$

controle: $0.005 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-5766|}{3603.3} + \frac{|0|}{206.383} = 1.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 1.6 / 275.0 = 0.006$$

controle: $0.006 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.74 - 0.2) * (|-5766| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90$$

$$K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-5766| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.91$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.90, 0.91) = 0.90$$

$$K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.54$$

$$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ = |-5766| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.90 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ = 0.007 + 0.000 = 0.007$$

$$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ = |-5766| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.54 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ = 0.007 + 0.000 = 0.007$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.007, 0.007) = 0.007$$

controle: $0.007 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelnokkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad \text{0.000} * \text{6891} \\
 - \text{Windstuwdruk} + \text{onderdruk: } & \frac{\text{---} * \text{-----}}{\text{384} \quad \text{1.00} * \text{2.1E5} * \text{1406.7E4}} = \text{0.00 mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: u1-nk = 0.00 mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: u1-nk' = 0.00 mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 - \text{u2-nk}' &= \frac{\text{nynk}'}{\text{nynk}' - 1} * \text{u1-nk}' \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & \text{nynk}' = \frac{1822192}{|-2294|} = 794.3 \\
 & \text{nynk}' / \text{nynk}' - 1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- \text{u2-nk}' = 1.00 * 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-nk} &= \text{rlnk} / 150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 6891 / 150 &= 45.94 \text{ mm, dus: utoel-nk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

5.10.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk} \cdot h_{gd}}{l_{tk}} \cdot F_{gd} + \frac{l_{tk} \cdot h_{or}}{l_{tk}} \cdot F_{or} + \frac{l_{tk} \cdot h_{br}}{l_{tk}} \cdot F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 0 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{gd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{gd} - F_{gd} = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{or} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{or} - F_{or} = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{br} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{br} - F_{br} = 0 - 0 = 0 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = 0 - 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 5.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 &\cdot 5.45/2 \cdot (5.45 - 5.45) = 0 \quad Nm \\
 \text{Totaal: } M_{max,tk} &= 0 \quad Nm
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-5766|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.010$$

controle: $0.010 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-5766|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 3.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 3.2 / 275.0 = 0.012$$

controle: $0.012 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24$$

$$UC_{stab.1} = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-5766| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.015 + 0.000 = 0.015$$

$$UC_{stab.2} = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-5766| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.028 + 0.000 = 0.028$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.015, 0.028) = 0.028$$

controle: $0.028 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2\text{-tk}' = \frac{nytk'}{nytk' - 1} \cdot u1\text{-tk}' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - nytk' = 774572 / |-2294| = 337.7 \\
 & \quad - nytk' / nytk' - 1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-tk}' = 1.00 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - utoel\text{-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: } utoel\text{-tk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

5.10.6 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 34	N,	Nsg = 34	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 34 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.509$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10008 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.4018 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6302$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8963 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(0 + 0.000 * 0.0)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(0 + 0.000 * 4.3)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(0 + 0.000 * 0.0)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(0 + 0.000 * 4.3)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 472
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 34 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 474
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 34 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 476
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.10.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 1.00 * 2602 * 3.100^2 = 3126 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 3126 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 0 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{0 * 300}{(250 - 2*(55 + 10)) * 2} = 0 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 0 \quad / (2 * 2) = 0 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad mm^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(0^2 + 2 * 0^2)^{1/2}}{113} = 0.0 \quad N/mm^2$$

- controle : $0.0 \quad N/mm^2 < 191 \quad N/mm^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 5766	N (2294	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 12	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 0	N	

5.10.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	2294 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	23488 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 0 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 0 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 0 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 23488 * 0.5 * 0.709	= 8326 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -8326 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -8326 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23488 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

5.11 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.11.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.00 * 70)	=	70 N/m ²
----- +		
Totaal :	370 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 3.10 * 4.00/2	=	2294 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 3.10	=	0 N
----- +		
Totaal =		2294 N
- Windbelasting = 3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (-0.4)) * (1.00 * 745)	=	924 N
----- +		
Fvk' =		3218 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300)=	360 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.50 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.20 * 70)	=	84 N/m ²
----- +		
Totaal :	445 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 445 * 3.10 * 4.00/2	=	2756 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.20 * 0 * 3.10	=	0 N
----- +		
Totaal =		2756 N
- Windbelasting = 3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (-0.4)) * (1.50 * 745)	=	1386 N
----- +		
Fvk =		4142 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (-0.4)) * \gamma * q_{\text{wind}}$
 $= 1.10 * 3.100 \text{ m} * (0.7 - (-0.4)) * 1.50 * 745 = 4196.4 \text{ N/m}$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.11.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 8393 + 0 + 0 + 0 + 0 = 8393 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 5595 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5595 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 16785 + 0 + 0 + 0 - 8393 = 8393 \quad N
 \end{aligned}$$

5.11.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	8393	=	8393 N
- gewasdraden:	Qgd = Qf - Qw*hgd	=	8393 - 16785	=	-8393 N
	Qbgd = Qgd - Fgd	=	-8393 - 0	=	-8393 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-8393 - -2126	=	-6267 N
	Qbor = Qoor - For	=	-6267 - 0	=	-6267 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-6267 - 2084	=	-8351 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-8351 - 0	=	-8351 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-8351 - 42	=	-8393 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	4196 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	8393 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	8393 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-4142|}{566638} + \frac{|8393|}{23337} = 0.367$$

controle: 0.367 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-4142|}{1814.8} + \frac{|8393|}{92.905} = 92.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 92.6 / 275.0 = 0.337$$

controle: 0.337 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |8392.7| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.011 + 0.145 = 0.156 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hz} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-4142| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |8392.7| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.020 + 0.087 = 0.107 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.156, 0.107) = 0.156$$

controle: 0.156 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{4.196 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 10.16 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-gk = 10.16 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 6.77 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nygk'}{nygk'-1} = 1.00 \\
 & \quad \quad \quad - \frac{774572}{|-3218|} = 240.7
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-gk' = 1.00 \cdot 6.77 = 6.80 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } \text{utoel-gk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 6.8 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

$$- \text{voor } dt,ve/de_{lg} > C1 ; \quad 26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.11.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk}-h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk}-h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk}-h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 14459 + 0 + 0 + 0 + 0 = 14459 \text{ N}
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 9639 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 28918 + 0 + 0 + 0 - 14459 = 14459 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 14459 = 14459 \text{ N} \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{gd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 14459 - 16785 = -2327 \text{ N} \\
 &Q_{bgd} = Q_{gd} - F_{gd} = -2327 - 0 = -2327 \text{ N} \\
 \text{- onderrand : } Q_{or} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -2327 - -2126 = -201 \text{ N} \\
 &Q_{bor} = Q_{or} - F_{or} = -201 - 0 = -201 \text{ N} \\
 \text{- bovenrand : } Q_{br} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -201 - 2084 = -2285 \text{ N} \\
 &Q_{bbr} = Q_{br} - F_{br} = -2285 - 0 = -2285 \text{ N} \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br}) = -2285 - 12174 = -14459 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &4196 \cdot 3.45/2 \cdot (6.89-3.45) = 24909 \text{ Nm} \\
 &\text{-----} + \\
 \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 24909 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-4142|}{1142391} + \frac{|24909|}{55747} = 0.450$$

controle: $0.450 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-4142|}{3603.3} + \frac{|24909|}{206.383} = 121.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 121.8 / 275.0 = 0.443$$

controle: $0.443 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.74 - 0.2) * (|-4142| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-4142| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.90, 0.90) = 0.90$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.54$$

$$UCstab.1 = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} * N_{Rk} / 1.0} + Ky.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0} \\ = \frac{|-4142|}{(0.701 * 1142391 / 1.0)} + 0.90 * \frac{|24909.3|}{(1.00 * 55746.8 / 1.0)} \\ = 0.005 + 0.403 = 0.408$$

$$UCstab.2 = \frac{|N_{Ed}|}{C_{hy} * N_{Rk} / 1.0} + Kz.b * \frac{|M_{y,Ed}|}{1.00 * M_{y,Rk} / 1.0} \\ = \frac{|-4142|}{(0.701 * 1142391 / 1.0)} + 0.54 * \frac{|24909.3|}{(1.00 * 55746.8 / 1.0)} \\ = 0.005 + 0.242 = 0.247$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.408, 0.247) = 0.408$$

controle: $0.408 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelnokkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{4.196 \cdot 6891^4}{1.00 \cdot 2.1E5 \cdot 1406.7E4} = 41.71 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-nk = 41.71 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-nk' = 27.81 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-nk' = \frac{nynk'}{nynk'-1} \cdot u1-nk' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nynk'}{nynk'-1} = \frac{1822192}{|-3218|} = 566.3 \\
 & - \frac{nynk'}{nynk'-1} = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-nk' = 1.00 \cdot 27.81 = 27.86 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-nk} = rlnk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 6891/150 = 45.94 \text{ mm, dus: } \text{utoel-nk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 27.9 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.11.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 11426 + 0 + 0 + 0 + 0 = 11426 \text{ N}
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 7617 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 22852 + 0 + 0 + 0 - 11426 = 11426 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 11426 = 11426 \text{ N} \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{gd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 11426 - 16785 = -5360 \text{ N} \\
 &Q_{bgd} = Q_{gd} - F_{gd} = -5360 - 0 = -5360 \text{ N} \\
 \text{- onderrand : } Q_{or} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -5360 - (-2126) = -3234 \text{ N} \\
 &Q_{bor} = Q_{or} - F_{or} = -3234 - 0 = -3234 \text{ N} \\
 \text{- bovenrand : } Q_{br} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -3234 - 2084 = -5318 \text{ N} \\
 &Q_{bbr} = Q_{br} - F_{br} = -5318 - 0 = -5318 \text{ N} \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = -5318 - 6108 = -11426 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.723 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &4196 \cdot 2.72/2 \cdot (5.45-2.72) = 15555 \text{ Nm} \\
 &\text{-----} + \\
 \text{Totaal: } M_{\max, tk} &= 15555 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-4142|}{566638} + \frac{|15555|}{23337} = 0.674$$

controle: $0.674 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-4142|}{1814.8} + \frac{|15555|}{92.905} = 169.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 169.7 / 275.0 = 0.617$$

controle: $0.617 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 15554.93, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.96$$

$$K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.96$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.96, 0.96) = 0.96$$

$$K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.57$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-4142| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.96 * |15554.9| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.011 + 0.637 = 0.648$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-4142| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.57 * |15554.9| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.020 + 0.382 = 0.403$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.648, 0.403) = 0.648$$

controle: $0.648 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{4.196 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 36.77 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 36.77 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 24.52 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2\text{-tk}' = \frac{nytk'}{nytk'-1} \cdot u1\text{-tk}' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nytk'}{nytk'-1} = 1.00 \\
 & - \text{nytk}' = 774572 / |-3218| = 240.7
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-tk}' = 1.00 \cdot 24.52 = 24.62 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: } \text{utoel-tk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 24.6 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.11.6 Controle van de kopgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:
 De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned}
 & - Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} \cdot (0.7 - (-0.4)) \cdot \gamma \cdot q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd}) \\
 & = 1.600 \text{ m} \cdot (0.7 - (-0.4)) \cdot 1.50 \cdot 745 = 1969 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 46	N,	Nsg = 59	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 59 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{1281}{1616} + \frac{0}{148} = 0.793$$

controle: 0.793 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{1281}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 218.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 218.0 / 275.0 = 0.793$$

controle: 0.793 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8550 \quad C_2 = -0.027$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.731$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10035 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{b,darel.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1281.17$, $M_2 = 1281.17$, $M_s = -640.58$, $M_{kip} = -160.15$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|1281.2| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.354 + 0.000 = 0.354$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|1281.2| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.884 + 0.000 = 0.884$$

controle: 0.884 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 494
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.23 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.23 / 20.67 = 0.20$$

controle: 0.20 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.23 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.23 / 20.67 = 0.20$$

controle: 0.20 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 59 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{1281}{1616} + \frac{0}{148} = 0.793$$

controle: 0.793 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{1281}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 218.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 218.0 / 275.0 = 0.793$$

controle: 0.793 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.4013 \quad \text{lambda}rel.z = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi iLT = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi iLT = 0.8966 \quad \chi iz = 0.5006 \quad \chi iy = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 1281.17$, $M2 = 1281.17$, $Ms = -640.58$, $Mkip = -160.15$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\chi iy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi iy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi iz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi iz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \min(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi iy * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi iLT * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1281.2| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.354 + 0.000 = 0.354 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi iz * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi iLT * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1281.2| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.884 + 0.000 = 0.884$$

controle: 0.884 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 496
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.23 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.23 / 20.67 = 0.20$$

controle: $0.20 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.23 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.23 / 20.67 = 0.20$$

controle: $0.20 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 59 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{1451}{1616} + \frac{0}{148} = 0.898$$

controle: 0.898 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{1451}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 247.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 247.0 / 275.0 = 0.898$$

controle: 0.898 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.4013 \quad \text{lambda}rel.z = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 0.8966 \quad \text{Chiz} = 0.5006 \quad \text{Chiy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 1451.44$, $M2 = 1451.44$, $Ms = -725.72$, $Mkip = -181.43$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\text{Chi}y * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1451.4| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.401 + 0.000 = 0.401 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\text{Chiz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1451.4| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 1.002 + 0.000 = 1.002$$

controle: 1.002 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 498
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.79 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.79 / 20.67 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.79 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.79 / 20.67 = 0.23$$

controle: 0.23 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.11.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 1.20 * 2602 * 3.100^2 = 3755 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 3755 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 14459 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{14459 * 300}{(250 - 2*(55 + 10)) * 2} = 18074 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 14459 / (2 * 2) = 3615 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(18074^2 + 2 * 3615^2)^{1/2}}{113} = 161.4 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $161.4 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 4142	N (3218	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 8612	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 8393	N (5595	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 14459	N	

5.11.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	3218 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	24412 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 9639 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 11567 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 11567 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 24412 * 0.5 * 0.709	= 8654 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = 2913 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 11567 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : 2913 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 24412 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 9639 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

5.12 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.12.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1064 * 3.10 * 4.00/2 =	6599 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 3.10 =	0 N	
----- +		
Totaal =	6599 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300)=	360 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.50 * 694) =	1042 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.50 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.20 * 70) =	84 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1486 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 1486 * 3.10 * 4.00/2 =	9214 N	
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.20 * 0 * 3.10 =	0 N	
----- +		
Totaal =	9214 N	

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

- c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.12.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$h-h_{gd}$	$h-h_{or}$	$h-h_{br}$	M_{wl}	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	$= 0 \quad \quad \quad \text{N}$

5.12.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	0 * 4.00/2 * (4.00-4.00)	=	0 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk =		0 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9214|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.016$$

controle: 0.016 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9214|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 5.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 5.1 / 275.0 = 0.018$$

controle: 0.018 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.41 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.41 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.41, 0.41) = 0.41 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.41 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.025 + 0.000 = 0.025 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-9214| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.045 + 0.000 = 0.045 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.025, 0.045) = 0.045$$

controle: 0.045 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2\text{-gk}' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1\text{-gk}' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - nygk' = 774572 / |-6599| = 117.4 \\
 & \quad - nygk'/nygk'-1 = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-gk}' = 1.01 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } \text{utoel-gk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{ygk} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (q_{dek} + q_{sneeuw}) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= \frac{(300 + 694) \cdot [(12.40 - 2 \cdot \cos(25)) \cdot \sin(25)^2 + 2 \cdot \cos(25)] + 70}{N/m}$$

$$= 3753 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{3753 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 187.6 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 187.6 \text{ E9} = 1.12$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{3753 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 23.83 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 1.12 - 2W3 \cdot 1.12 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 1.12 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.25$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*1.12/1.00}{(4 + 2W3*1.12/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*1.12/1.00^2}{3 + 2W3*1.12/1.00} = 0.75 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*1.12/1.00}{3 + 2W3*1.12/1.00} = 1.15
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $C1-C2 < dt,ve/de_{lg} < C1$; $0.50 < 26.67 / 23.83 = 1.12 < 1.25$

$$\text{geldt: } EI_{ygk} > 187.6E9 * \frac{4000}{4000} * \frac{1.12}{1.00} * \frac{1.15}{0.75 / (1.25 - 26.67/23.83) - 1}$$

- controle : $1256 \text{ E9 Nmm}^2 > 49 \text{ E9 Nmm}^2$, dus: stijfheid voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.12.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk} - h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk} - h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk} - h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

- fundering	: $Q_f = R_f$	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	$Q_{ogd} = Q_f - Q_w \cdot h_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: $Q_{oor} = Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or}$	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: $Q_{obr} = Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br}$	=	0 - 0	=	0 N
- dek	: $Q_d = Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br})$	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 6.891 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } & 0 \cdot 6.89/2 \cdot (6.89 - 6.89) = 0 \text{ Nm} \\
 \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 0 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9214|}{1142391} + \frac{|0|}{55747} = 0.008$$

controle: $0.008 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9214|}{3603.3} + \frac{|0|}{206.383} = 2.6 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 2.6 / 275.0 = 0.009$$

controle: $0.009 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.74 - 0.2) * (|-9214| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.91 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-9214| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.91 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.91, 0.91) = 0.91 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-9214| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ &= 0.011 + 0.000 = 0.011 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-9214| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.54 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ &= 0.011 + 0.000 = 0.011 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.011, 0.011) = 0.011$$

controle: $0.011 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelnokkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad \text{0.000} * \text{6891} \\
 - \text{Windstuwdruk} + \text{onderdruk: } & \frac{\text{---} * \text{-----}}{\text{384} \quad \text{1.00} * \text{2.1E5} * \text{1406.7E4}} = \text{0.00 mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-nk} = \text{0.00 mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-nk}' = \text{0.00 mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 - u2\text{-nk}' &= \frac{nynk'}{nynk'-1} * u1\text{-nk}' \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & - \text{nynk}' = \frac{1822192}{|-6599|} = 276.1 \\
 & - \text{nynk}' / \text{nynk}' - 1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-nk}' = 1.00 * 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-nk} &= rlnk / 150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 6891 / 150 &= 45.94 \text{ mm, dus: } \text{utoel-nk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.12.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned} \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned} \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

- fundering	: $Q_f = R_f$	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	$Q_{ogd} = Q_f - Q_w \cdot h_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: $Q_{oor} = Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or}$	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: $Q_{obr} = Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br}$	=	0 - 0	=	0 N
- dek	: $Q_d = Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br})$	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 5.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } & 0 \cdot 5.45/2 \cdot (5.45-5.45) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, tk} &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-9214|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.016$$

controle: $0.016 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-9214|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 5.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 5.1 / 275.0 = 0.018$$

controle: $0.018 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Ky.2 = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.3 = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.41$$

$$Ky.b = \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.41, 0.41) = 0.41$$

$$Kz.b = 0.6 * Ky.b = 0.24$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-9214| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.41 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.025 + 0.000 = 0.025$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) = |-9214| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.045 + 0.000 = 0.045$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.025, 0.045) = 0.045$$

controle: $0.045 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2\text{-tk}' = \frac{nytk'}{nytk'-1} \cdot u1\text{-tk}' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - nytk' = 774572 / |-6599| = 117.4 \\
 & \quad - nytk'/nytk'-1 = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-tk}' = 1.01 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - utoel\text{-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: } utoel\text{-tk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.12.6 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 34	N,	Nsg = 41	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 41 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.509$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10008 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.4018 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6302$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8963 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{0.896 * 1616.1 / 1.0} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 4.3}{148.3 / 1.0} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{0.896 * 1616.1 / 1.0} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 4.3}{148.3 / 1.0} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 515
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 41 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 517
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 41 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 519
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.12.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 1.20 * 2602 * 3.100^2 = 3755 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 3755 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 0 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{0 * 300}{(250 - 2*(55 + 10)) * 2} = 0 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 0 \quad / (2 * 2) = 0 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad mm^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(0^2 + 2 * 0^2)^{1/2}}{113} = 0.0 \quad N/mm^2$$

- controle : $0.0 \quad N/mm^2 < 191 \quad N/mm^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 9214	N (6599	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 20	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 0	N	

5.12.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	6599 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	27794 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)		
= 0 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	=	0 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	=	0 Nm
		----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp =	0 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B		
= 27794 * 0.5 * 0.709	=	9853 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp =	-9853 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -9853 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 27794 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

5.13 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.13.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 * 300$) = 300 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 3.10 * 4.00/2 = 1860 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1860 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.00 * 745) = -1848 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = 12 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($0.90 * 300$) = 270 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $270 * 3.10 * 4.00/2 = 1674 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1674 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.50 * 745) = -2772 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = -1098 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$
 $= 1.10 * 3.100 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 1909.8 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.13.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 3820 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3820 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 2546 + 0 + 0 + 0 + 0 = 2546 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 7639 + 0 + 0 + 0 - 3820 = 3820 \quad N
 \end{aligned}$$

5.13.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	3820	=	3820 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	3820 - 7639	=	-3820 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-3820 - 0	=	-3820 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-3820 - -967	=	-2852 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2852 - 0	=	-2852 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2852 - 948	=	-3800 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-3800 - 0	=	-3800 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-3800 - 19	=	-3820 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1910 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	3820 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk =		3820 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	1098	3820
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	566638	23337

UCsterkte = ----- + ----- = 0.166

controle: 0.166 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	1098	3820
-----	-----	-----	-----
A	wpl.y	1814.8	92.905

Sigma: ----- + ----- = 41.7 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 41.7 / 275.0 = 0.152

controle: 0.152 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 527
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

$$5 \quad 1.910 \cdot 4000$$

(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)

Totaal: u1-gk = 4.62 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-gk' = 3.08 mm)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.

Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 3.08 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$- u_{toel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 26.67 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 3.1 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

- EI_m =
$$\frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

- r = reductiefactor eindvak-lengte =
$$ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

- z = verzwarend eindvak-stijfheid =
$$EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

- de1g =
$$\frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

- C1 =
$$\frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.13.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk}-h_{gd}}{l_{nk}} \cdot F_{gd} + \frac{l_{nk}-h_{or}}{l_{nk}} \cdot F_{or} + \frac{l_{nk}-h_{br}}{l_{nk}} \cdot F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 6580 + 0 + 0 + 0 + 6580 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 4387 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 13160 + 0 + 0 + 0 - 6580 = 6580 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 6580 = 6580 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 6580 - 7639 = -1059 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -1059 - 0 = -1059 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -1059 - 967 = -92 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -92 - 0 = -92 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -92 - 948 = -1040 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -1040 - 0 = -1040 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br}) = -1040 - 5540 = -6580 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &1910 \cdot 3.45/2 \cdot (6.89-3.45) = 11336 \quad Nm \\
 &----- + \\
 \text{Totaal: } M_{max,nk} &= 11336 \quad Nm
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 532
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|1098|}{1142391} + \frac{|11336|}{55747} = 0.204$$

controle: $0.204 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|1098|}{3603.3} + \frac{|11336|}{206.383} = 55.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 55.2 / 275.0 = 0.201$$

controle: $0.201 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 533
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

Totaal: $u1-nk = 18.98 \text{ mm}$
(analoog in gebruikstoestand: $u1-nk' = 12.66 \text{ mm}$)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de nokkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-nk}' = u_{1-nk}' = 12.66 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-nk} &= r_{lnk}/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 6891/150 &= 45.94 \text{ mm, dus: } u_{toel-nk} = 30.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 12.7 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.13.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 5200 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5200 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 3467 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 10400 + 0 + 0 + 0 - 5200 = 5200 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 5200 = 5200 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 5200 - 7639 = -2439 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -2439 - 0 = -2439 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -2439 - 967 = -1472 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -1472 - 0 = -1472 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -1472 - 948 = -2420 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -2420 - 0 = -2420 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = -2420 - 2780 = -5200 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.723 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1910 \cdot 2.72/2 \cdot (5.45 - 2.72) &= 7079 \quad Nm \\
 \text{Totaal: } M_{max,tk} &= 7079 \quad Nm
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 536
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|1098|}{566638} + \frac{|7079|}{23337} = 0.305$$

controle: $0.305 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma} = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|1098|}{1814.8} + \frac{|7079|}{92.905} = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 76.8 / 275.0 = 0.279$$

controle: $0.279 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 537
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

Totaal: u1-tk = 16.74 mm
(analoog in gebruikstoestand: u1-tk' = 11.16 mm)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de tussenkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-tk' = u1-tk' = 11.16 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: utoel-tk} = 30.00 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 11.2 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.13.6 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$$

$$= 1.600 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 896 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 5	N,	Nsg = 10	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 10 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8550 \quad C_2 = -0.027$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.731$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10035 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{b,darel.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 583.06, \quad M_2 = 583.06, \quad M_s = -291.53, \quad M_{kip} = -72.88, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{583.1 + 0.000 * 0.0}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (0.0 + 0.000 * 4.3)} / (148.3 / 1.0) = 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{583.1 + 0.000 * 0.0}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (0.0 + 0.000 * 4.3)} / (148.3 / 1.0) = 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 540
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 10 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.4013 \quad \text{lambda}rel.z = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 0.8966 \quad \text{Chiz} = 0.5006 \quad \text{Chiy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 583.06$, $M2 = 583.06$, $Ms = -291.53$, $Mkip = -72.88$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\text{Chi}y * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\text{Chiz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 542
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 10 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{661}{1616} + \frac{0}{148} = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{661}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 112.4 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 112.4 / 275.0 = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{brel.z} = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 660.55$, $M2 = 660.55$, $Ms = -330.28$, $Mkip = -82.57$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|660.6| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.182 + 0.000 = 0.182 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|660.6| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.456 + 0.000 = 0.456$$

controle: 0.456 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 544
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.13.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 0.90 * 2602 * 3.100^2 = 2813 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 2813 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

Fhrd = Rf = 6580 N

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{6580 \cdot 300}{(250 - 2 \cdot (55 + 10)) \cdot 2} = 8225 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 6580 / (2 \cdot 2) = 1645 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(8225^2 + 2 \cdot 1645^2)^{1/2}}{113} = 73.5 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $73.5 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = -1098	N (12	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 5744	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 3820	N (2546	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 6580	N	

5.13.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	12 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	21207 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 4387 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 5264 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5264 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 21207 * 0.5 * 0.709	= 7518 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -2253 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -2253 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 21207 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

5.14 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.14.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 * 300$) = 300 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 3.10 * 4.00/2 = 1860 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1860 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.00 * 745) = -1848 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = 12 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($0.90 * 300$) = 270 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $270 * 3.10 * 4.00/2 = 1674 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1674 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (+0.2)) * (1.50 * 745) = -2772 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = -1098 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$
 $= 1.10 * 3.100 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 1909.8 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.14.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 3820 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3820 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 2546 + 0 + 0 + 0 + 0 = 2546 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 7639 + 0 + 0 + 0 - 3820 = 3820 \quad N
 \end{aligned}$$

5.14.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	3820	=	3820 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	3820 - 7639	=	-3820 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-3820 - 0	=	-3820 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-3820 - -967	=	-2852 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2852 - 0	=	-2852 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2852 - 948	=	-3800 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-3800 - 0	=	-3800 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-3800 - 19	=	-3820 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1910 * 2.00/2 * (4.00-2.00) &= 3820 \text{ Nm} \\ &\text{-----} + \\ \text{Totaal: } M_{\max, gk} &= 3820 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{1098}{566638} + \frac{3820}{23337} = 0.166$$

controle: 0.166 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{1098}{1814.8} + \frac{3820}{92.905} = 41.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 41.7 / 275.0 = 0.152$$

controle: 0.152 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 552
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 4000}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 4.62 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 4.62 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 3.08 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 3.08 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-gk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 4000/150 &= 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 26.67 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 3.1 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.14.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk}-h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk}-h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk}-h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 6580 + 0 + 0 + 0 + 6580 = 13160 \text{ N}
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 4387 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 13160 + 0 + 0 + 0 - 6580 = 6580 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 6580 = 6580 \text{ N} \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 6580 - 7639 = -1059 \text{ N} \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -1059 - 0 = -1059 \text{ N} \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -1059 - 967 = -92 \text{ N} \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -92 - 0 = -92 \text{ N} \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -92 - 948 = -1040 \text{ N} \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -1040 - 0 = -1040 \text{ N} \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br}) = -1040 - 5540 = -6580 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &1910 \cdot 3.45/2 \cdot (6.89-3.45) = 11336 \text{ Nm} \\
 &\text{-----} + \\
 \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 11336 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 557
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|1098|}{1142391} + \frac{|11336|}{55747} = 0.204$$

controle: $0.204 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|1098|}{3603.3} + \frac{|11336|}{206.383} = 55.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 55.2 / 275.0 = 0.201$$

controle: $0.201 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 558
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAZABgA

$$\text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 6891}{1.00 \cdot 2.1\text{E}5 \cdot 1406.7\text{E}4} = 18.98 \text{ mm}$$

(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)

Totaal: $u_1-nk = 18.98 \text{ mm}$
(analoog in gebruikstoestand: $u_1-nk' = 12.66 \text{ mm}$)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de nokkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-nk}' = u_{1-nk}' = 12.66 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-nk} &= r_{lnk}/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 6891/150 &= 45.94 \text{ mm, dus: } u_{toel-nk} = 30.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 12.7 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.14.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} \cdot F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} \cdot F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} \cdot F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 5200 + 0 + 0 + 0 + 0 = 5200 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 3467 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 10400 + 0 + 0 + 0 - 5200 = 5200 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 5200 = 5200 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 5200 - 7639 = -2439 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -2439 - 0 = -2439 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -2439 - 967 = -1472 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -1472 - 0 = -1472 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -1472 - 948 = -2420 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -2420 - 0 = -2420 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = -2420 - 2780 = -5200 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.723 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1910 \cdot 2.72/2 \cdot (5.45-2.72) &= 7079 \quad Nm \\
 \text{Totaal: } M_{max,tk} &= 7079 \quad Nm
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 561
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|1098|}{566638} + \frac{|7079|}{23337} = 0.305$$

controle: $0.305 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|1098|}{1814.8} + \frac{|7079|}{92.905} = 76.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 76.8 / 275.0 = 0.279$$

controle: $0.279 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 562
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned}
 & \text{Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 16.74 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 16.74 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 11.16 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de tussenkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-tk' = u1-tk' = 11.16 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: utoel-tk} = 30.00 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 11.2 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.14.6 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$$

$$= 1.600 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 896 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 5	N,	Nsg = 10	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 10 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8550 \quad C_2 = -0.027$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.731$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10035 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{b,darel.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 583.06, \quad M_2 = 583.06, \quad M_s = -291.53, \quad M_{kip} = -72.88, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 565
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 10 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{barel.z} = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 583.06$, $M2 = 583.06$, $Ms = -291.53$, $Mkip = -72.88$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 567
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 10 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{661}{1616} + \frac{0}{148} = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{661}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 112.4 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 112.4 / 275.0 = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{barel.z} = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 660.55$, $M2 = 660.55$, $Ms = -330.28$, $Mkip = -82.57$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|660.6| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.182 + 0.000 = 0.182 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|660.6| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.456 + 0.000 = 0.456$$

controle: 0.456 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 569
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.14.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 0.90 * 2602 * 3.100^2 = 2813 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 2813 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

Fhrd = Rf = 6580 N

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{6580 \cdot 300}{(250 - 2 \cdot (55 + 10)) \cdot 2} = 8225 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 6580 / (2 \cdot 2) = 1645 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(8225^2 + 2 \cdot 1645^2)^{1/2}}{113} = 73.5 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $73.5 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = -1098	N (12	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 9252	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 3820	N (2546	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 6580	N	

5.14.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	12 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	21207 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 4387 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 5264 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5264 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 21207 * 0.5 * 0.709	= 7518 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -2253 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -2253 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 21207 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

5.15 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.15.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 * 300$) = 300 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 3.10 * 4.00/2 = 1860 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1860 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.00 * 745) = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = 1860 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.20 * 300$) = 360 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $360 * 3.10 * 4.00/2 = 2235 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 * 0 * 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 2235 N
 - Windbelasting = $3.10 * 4.00/2 * (-0.20 - (-0.2)) * (1.50 * 745) = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = 2235 N

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
$$- Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (-0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$$
$$= 1.10 * 3.100 \text{ m} * (0.7 - (-0.2)) * 1.50 * 745 = 3434.2 \text{ N/m}$$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
$$- F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
$$- F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
$$- F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
$$- F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
$$- F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$$
$$= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
$$- F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.15.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 6868 + 0 + 0 + 0 + 0 = 6868 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 4579 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4579 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 13737 + 0 + 0 + 0 - 6868 = 6868 \quad N
 \end{aligned}$$

5.15.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	6868	=	6868 N
- gewasdraden:	Qgd = Qf - Qw*hgd	=	6868 - 13737	=	-6868 N
	Qbgd = Qgd - Fgd	=	-6868 - 0	=	-6868 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-6868 - -1739	=	-5129 N
	Qbor = Qoor - For	=	-5129 - 0	=	-5129 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-5129 - 1705	=	-6834 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-6834 - 0	=	-6834 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-6834 - 34	=	-6868 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	3434 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	6868 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	6868 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-2235|}{566638} + \frac{|6868|}{23337} = 0.298$$

controle: 0.298 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-2235|}{1814.8} + \frac{|6868|}{92.905} = 75.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 75.2 / 275.0 = 0.273$$

controle: 0.273 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |6868.3| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.006 + 0.118 = 0.124 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-2235| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |6868.3| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.011 + 0.071 = 0.082 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.124, 0.082) = 0.124$$

controle: 0.124 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{3.434 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 8.32 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-gk = 8.32 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-gk' = 5.54 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-gk' = \frac{nygk'}{nygk'-1} \cdot u1-gk' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nygk'}{nygk'-1} = \frac{774572}{|-1860|} = 416.4 \\
 & \text{- } \frac{nygk'}{nygk'-1} = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-gk' = 1.00 \cdot 5.54 = 5.56 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-gk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } \text{utoel-gk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 5.6 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.15.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk}-h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk}-h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk}-h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 11833 + 0 + 0 + 0 + 0 = 11833 \text{ N}
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 7888 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 23665 + 0 + 0 + 0 - 11833 = 11833 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 11833 = 11833 \text{ N} \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 11833 - 13737 = -1904 \text{ N} \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -1904 - 0 = -1904 \text{ N} \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -1904 - (-1739) = -165 \text{ N} \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -165 - 0 = -165 \text{ N} \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -165 - 1705 = -1870 \text{ N} \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -1870 - 0 = -1870 \text{ N} \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br}) = -1870 - 9963 = -11833 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &3434 \cdot 3.45/2 \cdot (6.89 - 3.45) = 20385 \text{ Nm} \\
 &\text{-----} + \\
 \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 20385 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-2235|}{1142391} + \frac{|20385|}{55747} = 0.368$$

controle: $0.368 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-2235|}{3603.3} + \frac{|20385|}{206.383} = 99.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 99.4 / 275.0 = 0.361$$

controle: $0.361 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

C_{my2} hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat C_{my2} = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,dare,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + (0.74 - 0.2) * (|-2235| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90$$

$$K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-2235| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.90, 0.90) = 0.90$$

$$K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.54$$

$$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ = |-2235| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.90 * |20385.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ = 0.003 + 0.330 = 0.332$$

$$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ = |-2235| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.54 * |20385.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ = 0.003 + 0.198 = 0.201$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.332, 0.201) = 0.332$$

controle: $0.332 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelnokkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{3.434 \cdot 6891^4}{1.00 \cdot 2.1E5 \cdot 1406.7E4} = 34.14 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1-nk = 34.14 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1-nk' = 22.76 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2-nk' = \frac{nynk'}{nynk'-1} \cdot u1-nk' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nynk'}{nynk'-1} = \frac{1822192}{|-1860|} = 979.7 \\
 & - \frac{nynk'}{nynk'-1} = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2-nk' = 1.00 \cdot 22.76 = 22.78 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - \text{utoel-nk} = rlnk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 6891/150 = 45.94 \text{ mm, dus: } \text{utoel-nk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 22.8 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.15.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 9350 + 0 + 0 + 0 + 0 = 9350 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 6234 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 18701 + 0 + 0 + 0 - 9350 = 9350 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 9350 = 9350 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{gd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 9350 - 13737 = -4386 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{gd} - F_{gd} = -4386 - 0 = -4386 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{or} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -4386 - 1739 = -2647 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{or} - F_{or} = -2647 - 0 = -2647 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{br} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -2647 - 1705 = -4352 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{br} - F_{br} = -4352 - 0 = -4352 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = -4352 - 4999 = -9350 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.723 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } &3434 \cdot 2.72/2 \cdot (5.45-2.72) = 12730 \quad Nm \\
 &\text{-----} + \\
 \text{Totaal: } M_{max,tk} &= 12730 \quad Nm
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-2235|}{566638} + \frac{|12730|}{23337} = 0.549$$

controle: 0.549 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-2235|}{1814.8} + \frac{|12730|}{92.905} = 138.2 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 138.2 / 275.0 = 0.503$$

controle: 0.503 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.95 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 12729.65, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.95$$

$$K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.95 * (1.0 + 0.8 * (|-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.95$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.95, 0.95) = 0.95$$

$$K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.57$$

$$UCstab.1 = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-2235| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.95 * |12729.6| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.006 + 0.520 = 0.526$$

$$UCstab.2 = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-2235| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.57 * |12729.6| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.011 + 0.312 = 0.323$$

$$\text{Maatgevend: } UCstab.b = \max(UCstab.1, UCstab.2) = \max(0.526, 0.323) = 0.526$$

controle: 0.526 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{3.434 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 30.09 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 30.09 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 20.06 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-tk}' = \frac{nytk'}{nytk'-1} \cdot u1\text{-tk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \text{nytk}' = 774572 / |-1860| = 416.4 \\
 & \text{- } nytk'/nytk'-1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-tk}' = 1.00 \cdot 20.06 = 20.11 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } utoel\text{-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: } utoel\text{-tk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$\text{- controle: } 20.1 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.15.6 Controle van de kopgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:
 De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned}
 & \text{- } Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} \cdot (0.7 - (-0.2)) \cdot \gamma \cdot q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd}) \\
 & \quad = 1.600 \text{ m} \cdot (0.7 - (-0.2)) \cdot 1.50 \cdot 745 = 1611 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 29	N,	Nsg = 34	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 34 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{1048}{1616} + \frac{0}{148} = 0.649$$

controle: 0.649 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{1048}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 178.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 178.4 / 275.0 = 0.649$$

controle: 0.649 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8550 \quad C_2 = -0.027$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \text{ mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.731$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10035 \text{ Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{b,darel.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1048.46$, $M_2 = 1048.46$, $M_s = -524.23$, $M_{kip} = -131.06$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= 0 + \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|1048.5| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.289 + 0.000 = 0.289$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= 0 + \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1048.5| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.724 + 0.000 = 0.724$$

controle: 0.724 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 587
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.46 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.46 / 20.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.46 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.46 / 20.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 34 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{1048}{1616} + \frac{0}{148} = 0.649$$

controle: 0.649 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{1048}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 178.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 178.4 / 275.0 = 0.649$$

controle: 0.649 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.4013 \quad \text{lambda}rel.z = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 0.8966 \quad \text{Chiz} = 0.5006 \quad \text{Chiy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 1048.46$, $M2 = 1048.46$, $Ms = -524.23$, $Mkip = -131.06$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.471 * 71099 / 1.0) + 0.40 * (|1048.5| + |0.000 * 0.0|) / (0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.289 + 0.000 = 0.289 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.501 * 71099 / 1.0) + 1.00 * (|1048.5| + |0.000 * 0.0|) / (0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.724 + 0.000 = 0.724$$

controle: 0.724 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 589
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.46 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.46 / 20.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.46 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.46 / 20.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 34 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{1188}{1616} + \frac{0}{148} = 0.735$$

controle: 0.735 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{1188}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 202.1 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 202.1 / 275.0 = 0.735$$

controle: 0.735 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.4013 \quad \text{lambda}rel.z = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 0.8966 \quad \text{Chiz} = 0.5006 \quad \text{Chiy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 1187.81$, $M2 = 1187.81$, $Ms = -593.90$, $Mkip = -148.48$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{Cm}LT - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\text{Chi}y * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1187.8| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.328 + 0.000 = 0.328 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\text{Chiz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1187.8| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.820 + 0.000 = 0.820$$

controle: 0.820 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 591
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.92 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.92 / 20.67 = 0.19$$

controle: 0.19 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.92 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.92 / 20.67 = 0.19$$

controle: 0.19 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.15.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilatatie en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 1.20 * 2602 * 3.100^2 = 3755 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 3755 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (C_{pi} negative, C_{pe} 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

Fhrd = Rf = 11833 N

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{11833 \cdot 300}{(250 - 2 \cdot (55 + 10)) \cdot 2} = 14791 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 11833 / (2 \cdot 2) = 2958 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(14791^2 + 2 \cdot 2958^2)^{1/2}}{113} = 132.1 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $132.1 \text{ N/mm}^2 < 191 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 2235	N (1860	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 401	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 6868	N (4579	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 11833	N	

5.15.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	1860 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	23054 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 7888 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 9466 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 9466 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 23054 * 0.5 * 0.709	= 8173 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = 1294 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 9466 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : 1294 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23054 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 7888 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

5.16 B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

5.16.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek ($1.00 \cdot 300$) = 300 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $300 \cdot 3.10 \cdot 4.00/2 = 1860 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 \cdot 0 \cdot 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1860 N
 - Windbelasting = $3.10 \cdot 4.00/2 \cdot (-1.14 - (+0.2)) \cdot (1.00 \cdot 745) = -6171 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk' = -4311 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek ($0.90 \cdot 300$) = 270 N/m^2
 - Neerwaartse belasting per kolom = $270 \cdot 3.10 \cdot 4.00/2 = 1674 \text{ N}$
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = $0.00 \cdot 0 \cdot 3.10 = 0 \text{ N}$
 ----- +
 Totaal = 1674 N
 - Windbelasting = $3.10 \cdot 4.00/2 \cdot (-1.14 - (+0.2)) \cdot (1.50 \cdot 745) = -9256 \text{ N}$
 ----- +
 Fvk = -7582 N

- Windvormfactoren op het dak bij wind op de kopgevel, positie kopgevelkolom:

$cpe(x) = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot x/h)}$ NEN13031, tabel B1
 Positie x = 0 : $cpe.k1 = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot 0/5.168)} = -1.400$
 Positie x = $0.5 \cdot vak_e$: $cpe.k2 = -0.2 - 1.2 \cdot e^{(-1.5 \cdot 0.5 \cdot 4.000 / 5.168)} = -0.872$
 Gemiddeld kopgevelkolom: $cpe,kg = (-1.400 + -0.872)/2 = -1.136$

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over de volle kasbreedte te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.10
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, \text{kgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohkgk} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$
 $= 1.10 * 3.100 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 1909.8 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{or} + F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.16.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 3820 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3820 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 2546 + 0 + 0 + 0 + 0 = 2546 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 7639 + 0 + 0 + 0 - 3820 = 3820 \quad N
 \end{aligned}$$

5.16.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	3820	=	3820 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	3820 - 7639	=	-3820 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-3820 - 0	=	-3820 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-3820 - -967	=	-2852 N
	Qbor = Qoor - For	=	-2852 - 0	=	-2852 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-2852 - 948	=	-3800 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-3800 - 0	=	-3800 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-3800 - 19	=	-3820 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	1910 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	3820 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,gk	=	3820 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	7582	3820
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	566638	23337

UCsterkte = ----- + ----- = 0.177

controle: 0.177 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	7582	3820
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	1814.8	92.905

Sigma: ----- + ----- = 45.3 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 45.3 / 275.0 = 0.165

controle: 0.165 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 599
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 4000}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 4.62 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 4.62 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 3.08 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de gootkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-gk}' = u_{1-gk}' = 3.08 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-gk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 4000/150 &= 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel-gk} = 26.67 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 3.1 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.7 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

5.16.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk}-h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk}-h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk}-h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 6580 + 0 + 0 + 0 + 6580 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 4387 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 13160 + 0 + 0 + 0 - 6580 = 6580 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 6580 = 6580 \quad N \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 6580 - 7639 = -1059 \quad N \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -1059 - 0 = -1059 \quad N \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -1059 - 967 = -92 \quad N \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -92 - 0 = -92 \quad N \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -92 - 948 = -1040 \quad N \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -1040 - 0 = -1040 \quad N \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br}) = -1040 - 5540 = -6580 \quad N
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 3.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1910 \cdot 3.45/2 \cdot (6.89-3.45) &= 11336 \quad Nm \\
 \text{Totaal: } M_{max,nk} &= 11336 \quad Nm
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 604
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|7582|}{1142391} + \frac{|11336|}{55747} = 0.210$$

controle: $0.210 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|7582|}{3603.3} + \frac{|11336|}{206.383} = 57.0 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 57.0 / 275.0 = 0.207$$

controle: $0.207 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 605
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned} & \text{Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 6891}{1.00 \cdot 2.1E5 \cdot 1406.7E4} = 18.98 \text{ mm} \\ & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \end{aligned}$$

Totaal: $u1-nk = 18.98 \text{ mm}$
(analoog in gebruikstoestand: $u1-nk' = 12.66 \text{ mm}$)

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de nokkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u_{2-nk}' = u_{1-nk}' = 12.66 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
(conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned} - u_{toel-nk} &= r_{lnk}/150 < 30.0 \text{ mm} \\ - 6891/150 &= 45.94 \text{ mm, dus: } u_{toel-nk} = 30.00 \text{ mm} \end{aligned}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 12.7 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.7 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

5.16.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk}-h_{gd}}{l_{tk}} F_{gd} + \frac{l_{tk}-h_{or}}{l_{tk}} F_{or} + \frac{l_{tk}-h_{br}}{l_{tk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 5200 + 0 + 0 + 0 + 5200 = 10400 \text{ N}
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 3467 \text{ N}$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 10400 + 0 + 0 + 0 - 5200 = 5200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering : } Q_f &= R_f = 5200 = 5200 \text{ N} \\
 \text{- gewasdraden: } Q_{ogd} &= Q_f - Q_w \cdot h_{gd} = 5200 - 7639 = -2439 \text{ N} \\
 &Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd} = -2439 - 0 = -2439 \text{ N} \\
 \text{- onderrand : } Q_{oor} &= Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd}) = -2439 - 967 = -1472 \text{ N} \\
 &Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or} = -1472 - 0 = -1472 \text{ N} \\
 \text{- bovenrand : } Q_{obr} &= Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or}) = -1472 - 948 = -2420 \text{ N} \\
 &Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br} = -2420 - 0 = -2420 \text{ N} \\
 \text{- dek : } Q_d &= Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br}) = -2420 - 2780 = -5200 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.723 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 1910 \cdot 2.72/2 \cdot (5.45-2.72) &= 7079 \text{ Nm} \\
 \text{Totaal: } M_{max,tk} &= 7079 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 608
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

- b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:
Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|7582|}{566638} + \frac{|7079|}{23337} = 0.317$$

controle: $0.317 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|7582|}{1814.8} + \frac{|7079|}{92.905} = 80.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = \sigma / f_y = 80.4 / 275.0 = 0.292$$

controle: $0.292 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 609
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned}
 & \text{Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{1.910 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 16.74 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 16.74 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 11.16 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de tussenkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-tk' = u1-tk' = 11.16 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: utoel-tk} = 30.00 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 11.2 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.7 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

5.16.6 Controle van de kopgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Q_w, \text{kgg} = \text{kgghohmax} * (0.7 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}(\text{ongereducerd})$$

$$= 1.600 \text{ m} * (0.7 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 896 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 18	N,	Nsg = 45	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 45 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8550 \quad C_2 = -0.027$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.731$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10035 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel,LT} = 0.4013 \quad \lambda_{b,darel,z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 583.06, \quad M_2 = 583.06, \quad M_s = -291.53, \quad M_{kip} = -72.88, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,darel,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.55$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0)} + 0.55 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} = 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 612
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 45 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{583}{1616} + \frac{0}{148} = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{583}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 99.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 99.2 / 275.0 = 0.361$$

controle: 0.361 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{barel.z} = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 583.06$, $M2 = 583.06$, $M_s = -291.53$, $M_{kip} = -72.88$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00 \\ K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3})) \\ K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.161 + 0.000 = 0.161 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|583.1| + |0.000 * 0.0|)}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|)} / (148.3 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.402 + 0.000 = 0.402$$

controle: 0.402 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 614
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 1.93 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 1.93 / 20.67 = 0.09$$

controle: 0.09 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 45 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{661}{1616} + \frac{0}{148} = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{661}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 112.4 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 112.4 / 275.0 = 0.409$$

controle: 0.409 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8550 \quad C2 = -0.027 \\ \text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 82.731 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 10035 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.4013 \quad \lambda_{brel.z} = 1.0698 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6298 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8966 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).
 $M1 = 660.55$, $M2 = 660.55$, $Ms = -330.28$, $Mkip = -82.57$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.55 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.55$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + 0.40 * \frac{|660.6| + |0.000 * 0.0|}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.182 + 0.000 = 0.182 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + 1.00 * \frac{|660.6| + |0.000 * 0.0|}{(0.897 * 1616.1 / 1.0) + 0.55 * (|0.0| + |0.000 * 4.3|) / (148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.456 + 0.000 = 0.456$$

controle: 0.456 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 616
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 \quad / (Ned' + 0.00001) = 5.62E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 2.18 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 2.18 / 20.67 = 0.11$$

controle: 0.11 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.16.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdk} = 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2$
 $= 1/8 * 0.90 * 2602 * 3.100^2 = 2813 \text{ Nm}$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 2813 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 6580 \text{ N}$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{6580 * 300}{(250 - 2*(55 + 10)) * 2} = 8225 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 6580 / (2 * 2) = 1645 \text{ N}$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(8225^2 + 2 * 1645^2)^{1/2}}{113} = 73.5 \text{ N/mm}^2$$

- controle : 73.5 N/mm² < 191 N/mm², dus: voldoet.
 bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = -7582	N (-4311 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 4743	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 3820	N (2546 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 6580	N

5.16.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' = -4311 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' = 570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' = 570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' = 1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund = 10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand = 8066 N
	----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp = 16884 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 4387 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 5264 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 5264 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 16884 * 0.5 * 0.709	= 5985 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -721 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 5264 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -721 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 16884 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 4387 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.7: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, wind zone G)

5.17 B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.17.1 Berekening van de belastingen per kopgevelkolom:

a) Berekening van de verticale belasting per kopgevelkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.00 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.00 * 70)	=	70 N/m ²
----- +		
Totaal :	370 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 370 * 3.10 * 4.00/2	=	2294 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 3.10	=	0 N
- Belasting servicerail = 1.00 * 0 / 2	=	0 N
----- +		
Totaal =	2294 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.35 * 300)=	405 N/m ²	
- Gewasbelasting (1.50 * 0)	=	0 N/m ²
- Installaties (1.35 * 70)	=	95 N/m ²
----- +		
Totaal :	500 N/m ²	
- Neerwaartse belasting per kolom = 500 * 3.10 * 4.00/2	=	3097 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.35 * 0 * 3.10	=	0 N
- Belasting servicerail = 1.50 * 0 / 2	=	0 N
----- +		
Totaal =	3097 N	

b) Berekening van de horizontale belastingen:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, \text{kgk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de kopgevels.
 - $F_{gd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de kopgevels.
 - $F_{sd}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de kopgevels.
 - $F_{rl}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de kopgevels.
 - $F_{ab}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, \text{kgk} = F_{hv}, \text{kgk} + F_{rl}, \text{kgk} + F_{ab}, \text{kgk} =$
 $= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, \text{kgk} = 0 \text{ N}$

- c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de kopgevels.

5.17.2 Berekening van de krachtsverdeling van de kopgevelgootkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad \text{N} \\
 \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 R_f' &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad \text{N} \\
 \text{- goot: } R_g &= Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad \text{N}
 \end{aligned}$$

5.17.3 Controle van de kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek
 op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 * 4.00/2 * (4.00-4.00) &= 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, gk} &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelgootkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3097|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.005$$

controle: $0.005 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3097|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 1.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 1.7 / 275.0 = 0.006$$

controle: $0.006 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ \text{Ky.3} &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40 \\ \text{Ky.b} &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * Ky.b = 0.24 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.008 + 0.000 = 0.008 \\ \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hy} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3097| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) \\ &= 0.015 + 0.000 = 0.015 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.008, 0.015) = 0.015$$

controle: $0.015 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelgootkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad \text{0.000} * \text{4000} \\
 - \text{Windstuwdruk} + \text{onderdruk: } & \frac{384}{5} * \frac{0.000 * 4000}{384 * 1.10 * 2.1E5 * 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-gk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-gk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 - u2\text{-gk}' &= \frac{nygk'}{nygk'-1} * u1\text{-gk}' \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & - nygk' = 774572 / |-2294| = 337.7 \\
 & - nygk'/nygk'-1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-gk}' = 1.00 * 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-gk} &= h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 4000/150 &= 26.67 \text{ mm, dus: } \text{utoel-gk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelgootkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

g) Controle van de stijfheid van de kopgevelgootkolom, als steun voor de goot:

Ter voorkoming van ontoelaatbare doorbuiging van de goot in de eindvakken, wordt voor Breedkapkassen een momentvaste kopgevelkolom-goot-verbinding geeist, alsmede een kopgevelgootkolom met voldoende stijfheid. De factoren C1, C2 en C3 maken het mogelijk om rekening te houden met een verzwaarde eindgoot en/of een verkort eindveld (zie afleiding van de formules TNO-rapport BI-92-0063*).

$$\text{In formule: } EI_{yg} > EI_m \cdot \frac{h}{v} \cdot \frac{z}{r} \cdot \frac{C3}{C2 / (C1 - dt, v / de1g) - 1}$$

met :

$$\text{- Doorbuiging eenzijdig ideaal eindveld : } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{EI_{eg}}$$

$$\text{- Minimale stijfheid van de middengoot : } EI_m > 1.2 \cdot \frac{Q_{max} \cdot v^4}{384 \cdot dt, v}$$

waarin:

- Qmax = maatgevende (gestelde) belasting voor de dimensionering van de middengoot (e.g. dek + sneeuw + goot) ervan uitgaande dat de hoh-afstand van de dekgordingen maximaal 2 m is:

$$Q_{max} = (300 + 0) \cdot [(1 - 2 \cdot \cos(\alpha)) \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot \cos(\alpha)] + Q_{goot}$$

$$= 1181 \text{ N/m}$$

- dt,v = toelaatbare doorbuiging van de middengoot

$$v / (650 - 100 \cdot n_{ruit}) < v / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / (650 - 100 \cdot 4) = 16.00 \text{ mm, dus: } dt, v = 16.00 \text{ mm}$$

- dt,ve = toelaatbare doorbuiging van de eindgoot:

$$ve / 150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$4000 / 150 = 26.67 \text{ mm, dus: } dt, ve = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{- } EI_m = \frac{1.2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{16.00} = 59.1 \text{ E9 Nmm}^2$$

$$\text{- } r = \text{reductiefactor eindvak-lengte} = ve / v = 4000 / 4000 = 1.00$$

$$\text{- } z = \text{verzwaring eindvak-stijfheid} = EI_{eg} / EI_m = 210.0 \text{ E9} / 59.1 \text{ E9} = 3.56$$

$$\text{- } de1g = \frac{2}{384} \cdot \frac{1181 \cdot 10^{-3} \cdot 4000^4}{210.0 \text{ E9}} = 7.50 \text{ mm}$$

$$\text{- } C1 = \frac{4r + 5W3z - 2W3z/r^2}{(4 + 2W3z/r)r} = \frac{4 \cdot 1.00 + 5W3 \cdot 3.56 - 2W3 \cdot 3.56 / 1.00^2}{(4 + 2W3 \cdot 3.56 / 1.00) \cdot 1.00} = 1.38$$

$$\begin{aligned}
 - C2 &= \frac{2 + 2W3z/r}{(4 + 2W3z/r)r} * \frac{3r + (3r^2 - 1)W3z/r^2}{3 + 2W3z/r} = \\
 &= \frac{2 + 2W3*3.56/1.00}{(4 + 2W3*3.56/1.00)*1.00} * \frac{3*1.00 + (3*1.00^2 - 1)W3*3.56/1.00^2}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 0.88 \\
 - C3 &= \frac{4 + 2W3z/r}{3 + 2W3z/r} = \frac{4 + 2W3*3.56/1.00}{3 + 2W3*3.56/1.00} = 1.07
 \end{aligned}$$

Met de verhouding tussen de "ideale" doorbuiging de_{lg} en de toelaatbare doorbuiging dt,ve van de eindgoot is het toepassingsgebied van de formule voor het berekenen van de veerstijfheid van de kopgevelkolom te bepalen:

- voor $dt,ve/de_{lg} > C1$; $26.67 / 7.50 = 3.56 > 1.38$

geldt: $EI_{ygk} = 0 \text{ Nmm}^2$

De eindgoot heeft voldoende stijfheid van zichzelf. Er is dus geen stijfheidseis voor de kopgevelkolom nodig. Er is ook geen momentvaste verbinding met de kopgevelgootkolom nodig.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid als gootsteun.

Conclusie:

- kopgevelgootkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.8 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.17.4 Controle van de kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{nk} + \frac{l_{nk} - h_{gd}}{l_{nk}} F_{gd} + \frac{l_{nk} - h_{or}}{l_{nk}} F_{or} + \frac{l_{nk} - h_{br}}{l_{nk}} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned}
 \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{nk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N
 \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

- fundering	: $Q_f = R_f$	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	$Q_{ogd} = Q_f - Q_w \cdot h_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bgd} = Q_{ogd} - F_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: $Q_{oor} = Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bor} = Q_{oor} - F_{or}$	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: $Q_{obr} = Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bbr} = Q_{obr} - F_{br}$	=	0 - 0	=	0 N
- dek	: $Q_d = Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{nk} - h_{br})$	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 6.891 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned}
 \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } & 0 \cdot 6.89/2 \cdot (6.89 - 6.89) = 0 \text{ Nm} \\
 \text{Totaal: } M_{\max, nk} &= 0 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgevelnokkolom volgens EC3:
 Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3097|}{1142391} + \frac{|0|}{55747} = 0.003$$

controle: $0.003 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3097|}{3603.3} + \frac{|0|}{206.383} = 0.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.9 / 275.0 = 0.003$$

controle: $0.003 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).
 Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,d,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.74 - 0.2) * (|-3097| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-3097| / (0.701 * 1142391 / 1.0))) = 0.90 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.90, 0.90) = 0.90 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3097| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.90 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ &= 0.004 + 0.000 = 0.004 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-3097| / (0.701 * 1142391 / 1.0) + 0.54 * |0.0| / (1.00 * 55746.8 / 1.0) \\ &= 0.004 + 0.000 = 0.004 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.004, 0.004) = 0.004$$

controle: $0.004 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgevelnokkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \quad \text{0.000} * \text{6891} \\
 - \text{Windstuwdruk} + \text{onderdruk: } & \text{---} * \text{-----} = \text{0.00 mm} \\
 & \text{384} \quad \text{1.00} * \text{2.1E5} * \text{1406.7E4} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.00; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-nk} = \text{0.00 mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-nk}' = \text{0.00 mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{nynk}' \\
 - u2\text{-nk}' &= \text{-----} * u1\text{-nk}' \\
 & \text{nynk}'^{-1} \\
 - \text{Vergrotingsfactor: } & - \text{nynk}' = 1822192 / |-2294| = 794.3 \\
 & - \text{nynk}'/\text{nynk}'^{-1} = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-nk}' = 1.00 * 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 - \text{utoel-nk} &= r_{lnk}/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 - 6891/150 &= 45.94 \text{ mm, dus: } \text{utoel-nk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgevelnokkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgevelnokkolom (RHBK160*160*6.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.8 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.17.5 Controle van de kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned} \text{- fundering: } R_f &= \frac{1}{2} Q_w \cdot l_{tk} + \frac{l_{tk} \cdot h_{gd}}{l_{tk}} \cdot F_{gd} + \frac{l_{tk} \cdot h_{or}}{l_{tk}} \cdot F_{or} + \frac{l_{tk} \cdot h_{br}}{l_{tk}} \cdot F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

analoog in gebruikstoestand: $R_f' = 0 \quad N$

$$\begin{aligned} \text{- dek: } R_d &= Q_w \cdot l_{tk} + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\ &= 0 + 0 + 0 + 0 - 0 = 0 \quad N \end{aligned}$$

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar het dek (boven=b)):

- fundering	: $Q_f = R_f$	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	$Q_{gd} = Q_f - Q_w \cdot h_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bgd} = Q_{gd} - F_{gd}$	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: $Q_{or} = Q_{bgd} - Q_w \cdot (h_{or} - h_{gd})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bor} = Q_{or} - F_{or}$	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: $Q_{br} = Q_{bor} - Q_w \cdot (h_{br} - h_{or})$	=	0 - 0	=	0 N
	$Q_{bbr} = Q_{br} - F_{br}$	=	0 - 0	=	0 N
- dek	: $Q_d = Q_{bbr} - Q_w \cdot (l_{tk} - h_{br})$	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt in het veld is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 5.446 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } & 0 \cdot 5.45/2 \cdot (5.45 - 5.45) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, tk} &= 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de kopgeveltussenkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-3097|}{566638} + \frac{|0|}{23337} = 0.005$$

controle: $0.005 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-3097|}{1814.8} + \frac{|0|}{92.905} = 1.7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 1.7 / 275.0 = 0.006$$

controle: $0.006 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{y,2} = C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + (0.80 - 0.2) * (|-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{y,3} = C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.8 * (|-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{y,b} = \min(K_{y,2}, K_{y,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{z,b} = 0.6 * K_{y,b} = 0.24$$

$$UC_{stab,1} = |N_{Ed}| / (C_{hiy} * N_{Rk} / 1.0) + K_{y,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-3097| / (0.660 * 566638 / 1.0) + 0.40 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.008 + 0.000 = 0.008$$

$$UC_{stab,2} = |N_{Ed}| / (C_{hiz} * N_{Rk} / 1.0) + K_{z,b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) = |-3097| / (0.359 * 566638 / 1.0) + 0.24 * |0.0| / (1.00 * 23337.3 / 1.0) = 0.015 + 0.000 = 0.015$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab,b} = \max(UC_{stab,1}, UC_{stab,2}) = \max(0.008, 0.015) = 0.015$$

controle: $0.015 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 5446}{1.04 \cdot 2.1E5 \cdot 597.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.04; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-tk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-tk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & - u2\text{-tk}' = \frac{nytk'}{nytk'-1} \cdot u1\text{-tk}' \\
 & - \text{Vergrotingsfactor: } - nytk' = 774572 / |-2294| = 337.7 \\
 & \quad - nytk'/nytk'-1 = 1.00
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$- u2\text{-tk}' = 1.00 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & - utoel\text{-tk} = rltk/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & - 5446/150 = 36.30 \text{ mm, dus: } utoel\text{-tk} = 30.00 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de kopgeveltussenkolom:

$$- \text{controle: } 0.0 \text{ mm} < 30.0 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- kopgeveltussenkolom (RHBK160*80*4.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.8 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

5.17.6 Controle van de kopgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 34	N,	Nsg = 46	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de kopgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 46 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 620 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 82.509$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 10008 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.4018 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 1.0698$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.6302$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 0.8963 \quad \chi_{iz} = 0.5006 \quad \chi_{iy} = 0.4711$$

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= 0 + \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(0.0 + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(0.0 + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)}$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0}$$

$$= 0 + \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(0.0 + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(0.0 + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)}$$

$$= 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 633
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 46 + 0.385 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 635
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U80*40*2.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 46 + 0.615 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{71099} + \frac{0}{1616} + \frac{0}{148} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{258.5} + \frac{0}{5.877} + \frac{0}{0.539} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 620 mm
 correctiefactor C = 82.509
 kipmoment Mcr = 10008 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.4018 lambdarel.z = 1.0698
 factor phiLT = 0.6302
 correctiefactor ChiLT = 0.8963 Chiz = 0.5006 Chiy = 0.4711

Doorgaand momentvast doorgekoppeld, dus maximale moment bij de steunpunten in het midden.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).
 M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.13 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.471 * 71099 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 1.07 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.501 * 71099 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.471 * 71099 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.501 * 71099 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(0.896 * 1616.1 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 4.3|)}{(148.3 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Kopgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 637
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(2945 / 150, 30) = 20.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 56176 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 20.67 = 0.00$$

controle: 0.00 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

5.17.7 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de kopgevel door eigen gewicht gevel:

- Hoogte kapdeel = $\text{hohkgk} * \tan(25^\circ) = 3.10 * \tan(25^\circ) = 1.45 \text{ m}$
- Oppervlak kapdeel = $\text{hohkgk} * \text{hoogte}/2 = 3.10 * 1.45/2 = 2.2 \text{ m}^2$
- Geveloppervlak = $\text{hohkgk} * (\text{lnk} - \text{hoogte kapdeel}) + \text{oppervlak kapdeel}$
 $= 3.10 * (6.89 - 1.45) + 2.2 = 19.1 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $\text{lrdk} = 3100 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * A_{gevel} / \text{hohkgk} + Q_{rand} = 130 * 19.1 / 3.100 + 1800 = 2602 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilatatie en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

$$\begin{aligned} \text{- Maatgevend moment: } M_{yrdk} &= 1/8 * \gamma * Q_{rd} * \text{lrdk}^2 \\ &= 1/8 * 1.35 * 2602 * 3.100^2 = 4219 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- controle : $22389 \text{ Nm} > 1.0 * 4219 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB220).

Voor de maatgevende kopgevelkolom van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

Wordt bepaald door de maximale oplegreactie (Rf) van één van de kolommen in de gevel.

$$F_{hrd} = R_f = 0 \quad N$$

Omgerekend naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld} : N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{0 * 300}{(250 - 2*(55 + 10)) * 2} = 0 \quad N \end{aligned}$$

$$\text{- Afschuifkracht per doorsnede: } V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 0 \quad / (2 * 2) = 0 \quad N$$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (As) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sps}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \quad mm^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(0^2 + 2 * 0^2)^{1/2}}{113} = 0.0 \quad N/mm^2$$

- controle : $0.0 \quad N/mm^2 < 191 \quad N/mm^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 3100 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 3100 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvk = 3097	N (2294	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2602	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 7	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 0	N	

5.17.8 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neerwaarts = +)	: Fvk' =	2294 N
- Eigen gewicht van de gevelkolom (1.00 * 570)	: Fegk' =	570 N
- Eigen gewicht van de tussenkolom (1.00 * 570)	: Fegtk' =	570 N
- Eigen gewicht van de nokkolom (1.00 * 1131)	: Fegnk' =	1131 N
- Eigen gewicht poer (1.00 * 10857)	: Gfund =	10857 N
- Gewicht fundering en gevel (1.00 * 3.100 * 2602)	: Grand =	8066 N
		----- +
- Vert. belasting per poer:	Fvp =	23488 N

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: Mhp = Rf' * (fh + D + H)	
= 0 * (0.000 + 0.300 + 0.900)	= 0 Nm
- Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal)	= 0 Nm
	----- +
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp + Mvp	Mp = 0 Nm

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : Mvp = Fvp * 0.5 * B	
= 23488 * 0.5 * 0.709	= 8326 Nm
- Kantelmoment per poer: Mp = Mhp - Mvp	Mp = -8326 Nm

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : 0 Nm < 13963 Nm, dus: voldoet. (maatgevend)
- Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : -8326 Nm < 10703 Nm, dus: voldoet.
- Verticaal evenwicht:
 - controle : | 23488 N | neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
- Horizontaal evenwicht:
 - controle : 0 N < 10787 N, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD800*900 mm voldoen
- bij B.C.8: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Bedrijf: PELECON, CK-210-5
 Project: NAUTIX
 Bestand: N23.02.04 casta PV panelen.ckd



6 Z I J G E V E L S

Note: \$

Kasgegevens:

- Kastype : Breedkap-kas
 - Overspanning (l) : 12.40 m
 - Aantal gekoppelde spanten : 1 (y-richting)
 - Vakmaat (v) : 4.00 m
 - Kolomhoogte (h) : 4.00 m
 - Randfundering : stortbeton 300 *250 mm
 - Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
 - Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast

De navolgende rapportage van de CASTA controleberekening van de zijgevels en de gevelfunderatie van een kas is in overeenstemming met de algemene Nederlandse norm voor bouwconstructies NEN-EN 1990 en de hierna volgende specifieke Nederlandse bouwnormen, waarmee is voldaan aan de van toepassing zijnde bepalingen van het Bouwbesluit (Hfdst. 2; art. 21 t/m 24):
 De belastingen en belastingscombinaties zijn bepaald volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
 - Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met Cprob 50 jaar: $V_b = 27.0$ m/s
 - Karakteristieke Sneeuwbelasting: $SK = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)
- De controle berekeningen zijn geheel of gedeeltelijk uitgevoerd volgens de volgende normen:
- NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
 - * NEN-EN 1992-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1992-1-3: Geprefabriceerde betonnen elementen en constructies
 - NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
 - * NEN-EN 1993-1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
 - * NEN-EN 1993-1-3: Koudgevormde dunwandige profielen en platen
 - * NEN-EN 1993-1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen
 - NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
 - * NEN 9997-1: Algemene regels
- (voor zover van toepassing voor de uitgevoerde controle berekening)
 Bij de genoemde Eurocodes zijn de Nederlandse nationale bijlagen van toepassing

Voor een toelichting op de berekening van de zijgevels wordt verwezen naar TNO rapport: BI-92-0063* "Rekenregels voor de draagconstructie van kop- en zijgevels van Venlowarenhuizen en Breedkapkassen", Delft/1992.

Voor een toelichting op de berekening van de poeren wordt verwezen naar TNO rapport: 93-CON-R0304 "Rekenregels voor de dimensionering en de controle van de poeren van de kolommen, schoorvakken en portaalspanten voor Venlo-warenhuizen en Breedkapkassen volgens NEN 3859", Delft/1993

CASTA/Kassenbouw is een hulpmiddel bij het ontwerp van de constructie en onderdelen van een kas. De gebruiker van CASTA/Kassenbouw is zelf verantwoordelijk voor het invoeren van de juiste gegevens. TNO aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid bij het toepassen van de resultaten van CASTA/Kassenbouw. Het programma CASTA/Kassenbouw is ontwikkeld door TNO in samenwerking met en onder begeleiding van de stichting Hortivation.
 Voor meer informatie over CASTA/Kassenbouw kunt u contact opnemen met TNO (088 8663460).

6.1 Samenvatting maatgevende berekeningsresultaten:

(Tussen haakjes is per item het nummer van de maatgevende B.C. gegeven.)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Sterkte (B.C.2) : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning (B.C.2) : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit (B.C.2) : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid (B.C.2) : 4.8 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gording 1 (B.C.2):
 - Sterkte : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.32 < 1.00, dus: voldoet.

Randfundering:

- Momentcap.vert (B.C.7) : 55226 Nm > 1.0 * 6264 Nm, dus: voldoet.
- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten (B.C.2) n : 20339 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal (B.C.2) : 13559 N < 20218 N, dus: voldoet.
- Haarspeld poeren:
 - Sterkte (B.C.2) : 210 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.1.1 Eindconclusie(s):

- De zijgevels voldoen qua sterkte/stabiliteit/stijfheid bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Spantkolom (RHBK160*160*5.0 mm, S275 (EN10219)) : voldoet
 - Gordingen:
 - 1 U100*50*3.00 1300 3 steunpunten : voldoet
 - 2 U100*50*3.00 2600 3 steunpunten : voldoet
 - 3 U100*50*3.00 3900 3 steunpunten : voldoet
- De zijgevelfundatie voldoet qua sterkte en kantelstabiliteit bij alle berekende belastingcombinaties.
 - Randfundering (RH300*250, C20/25 (B25)) : voldoet
 - Poeren (BPRD1000*120) : voldoen
 - Haarspeld (2*RD12-FeB500) : voldoet.

6.1.2 Mededelingen/opmerkingen:

De belastingen en belastingcombinaties zijn bepaald volgens:

- EN13031-1 Greenhouses: Design and Construction
 - Onderzochte belastingcombinaties:
 - B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
 - B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
 - B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
 - B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
 - B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
 - B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de TOG kopgevelkolom ook moet voldoen aan de controle van de "gewone" TOG kolom.
- De hoekkolommen zijn niet apart gecontroleerd. Lokale effecten zoals bijvoorbeeld het toepassen van gewasdraadbogen kunnen extra belastingen veroorzaken (zie TNO-rapport BI-92-0063*).
- Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.
- Als gevolg van uitzetting en krimp van de zijgevels door temperatuurswisselingen kan het bij relatief lange kassen (± 180 m) nodig zijn over een relatief grote lengte extra "smal" glas in de beide uiteinden van de zijgevels toe te passen. Het precieze aantal is afhankelijk van de kolomhoogte van de kas, de gordingafstand, de glasafmetingen, de speling en het toegepaste gootprofiel.
Het onderdeel CASTA/Tuinbouwglas geeft adviezen over de positie van de schoren over de precieze glasinulling van de gevels, berekend aan de hand van de Europese Kassenbouwnorm EN13031.

6.2 INVOERGEGEVENS

6.2.1 Type en afmetingen van de kas:

- Kastype : Breedkapkas
- Overspanning (l) : 12.40 m
- Vakmaat (v) : 4.00 m
- Kolomhoogte gevel : 4.00 m
- Kaslengte (L) : 20.0 m
- Minimum aantal aaneengesloten overspanningen (y-richting): 1

6.2.2 Overige gegevens van de kas:

- Dekhelling (alfa) : 25.0 graden
- Funderingshoogte (fh) : 0 mm
- Funderingstype : onderheide fundering (op palen)
- Spanthoogte (hspant) : 450 mm (vertikaal gemeten: 497 mm)
- Spantverlaging (vspant) : 10 mm
- Glasbreedte dek (bd) : 1000 mm
- Glasbreedte kopgevel (bkg): 775 mm
- Glasbreedte zijgevel (bzg): 800 mm

6.2.3 Kolommen:

- Profiel : RHBK160*160*5.0
- Staalsoort kolommen : S275 (EN10219)
- Lengte kolom : 4000 mm

6.3 Gegevens van de zijgevels:

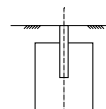
- Spanttkolom (sk) : RHBK160*160*5.0 (Staalsoort: S275 (EN10219))
- Tabel met gordingprofielen: 3x hoh max 1300 mm (afstand laatste tot goot 100 mm)

Profiel	positie	oplegging	steun	kip
1 U100*50*3.00, S275 (EN10219)	1300	3 steunpunten	nee	ja
2 U100*50*3.00, S275 (EN10219)	2600	3 steunpunten	nee	ja
3 U100*50*3.00, S275 (EN10219)	3900	3 steunpunten	nee	ja

- Controleberekening gording met normaalkrachten uit:
 - koppelprofiel schoorvak: nee
 - gewasdraadboog : niet aanwezig
 - regenleiding aan draad : niet aanwezig
 - belichting aan draad : niet aanwezig

6.4 Gegevens van de fundering van de zijgevels:

- Randfundering : RH300*250 (C20/25 (B25))
- Aantal staven boven : 2
 - Diameter bovenwapening: RD12 -FeB500
 - Randafstand bovenkant : 50 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
- Aantal staven onder : 2
 - Diameter onderwapening: RD12 -FeB500
 - Randafstand onderkant : 65 mm
 - Randafstand zijkant : 50 mm
- Staaftpositie verticaal : +/- 10 mm tolerantie
- Staaftpositie horizontaal: +/- 10 mm tolerantie
- Poeren : BPRD1000*1200 mm (942 liter beton)
 - Haarspeld poeren : 2*RD12-FeB500
 - Min.afstand tot randen : 50 mm
 - Tolerantie randafstand : 10 mm
 - H.o.h. afstand : 4000 mm (hele kolomafstand)
- Grondsoort : Klei zwak zandig matig vast



6.4.1 Eigen gewicht van diverse kasonderdelen:

- Dek (qdek) : 300 N/m² grondoppervlak
- Goot (Qgoot) : 70 N/m
- Fspantbeen 1e spant : 1198 N
- E.g.ligger : 2396 N

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 645
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

6.4.2 Gegevens van de verhoogde teeltlaag:

- Geen verhoogde teeltlaag toegepast.

6.4.3 Belastingen:

De belastingen zijn berekend volgens:

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL;
- Basic wind velocity : $V_{50} = 27.0$ m/s reference $V_{50} = 27.0$ m/s
- Basic snowload : $SK = 700.0$ N/m²
- Berekende afsmeltfactor : $C_t = 1.000$
 - Type kasdekhulling : Sandwich isolatiedak
 - Temperatuur onder kasdek: Minimaal 12 °C
 - Schermdoek op pakket bij sneeuwval: Ja
 - Afwatering smeltwater snel en ongehinderd: Ja
- Reference period : $R_f = 50$ year
- Seismische respons : Europe
- Seismische versnelling : $AgR = 0.022 \times g$ m/sec²
(Reference: TRC=475 years, n=50years, 10% exceedence)
- Seismische ontwerpfactor: $g_s = 1.30$
- Windstuwdruk (q_{wind}) : 745 N/m² dekkoppervlak
(N.B.: Nokhoogte: $H = 0.000 + 4.000 + 0.5 \times 12.40 \times \tan 25^\circ = 6.891$ m)
Gebouwhoogte: 6.891 m. Eff.hoogte: $z_e = 6.891$ m
- Sneeuwbelasting (q_{sneeuw}) : 694.4 N/m² grondoppervlak
(N.B.: Er is rekening gehouden met sneeuwaccumulatie)
- Installaties : 70 N/m² grondoppervlak
- Hangende teeltgoot : 0 N/m² grondoppervlak
- Installaties totaal : 70 N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting (q_{gewas}) : $0 = \text{Max}(0, 0)$ N/m² grondoppervlak
- Gewasbelasting winter : 0 N/m² grondoppervlak

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 646
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

6.5 Belastingen op de zijgevels:

- Gevel (qgevel) : 130 N/m² geveloppervlak
- Vert.belast. servicerail : 0 kg
- Er is bij de berekening van de zijgevels geen rekening gehouden met:
 - Leidingen opgehangen aan de zijgevels.
 - Gewasdraden.
 - Schermdraden.
 - Trekdraden voor de hijsverwarming.
 - Regenleidingdraden.
 - Spandraden voor het ophangen van de belichting.

6.6 UITANGSPUNTEN EN ONTWERPBELASTINGEN - NEDERLAND

6.6.1 GEGEVENS OVER DE TOEGEPASTE NORM

6.6.1.1 Gegevens over de Europese kassenbouwnorm

- NEN-EN 13031:2020: CC2 Garden Center NL; Onbebouwd gebied
- Basiswindsnelheid: $V_{b50} = 27.0$ m/s met $C_{prob} 50$ jaar: $V_b = 27.0$ m/s
- Karakteristieke Sneeuwbelasting: $S_K = 700.0$ N/m² op de grond (50 jaar)

6.6.1.2 Windbelasting:

- Reference wind velocity : $V_{ref.50} = 27.0$ m/s
- Return period : $ref = 50$
- Shape parameter : $K_1 = 0.234$; $n = 0.5$
- Terrain category greenhouses : $z_{0II} = 0.050$ m, $z_0 = 0.200$ m, $z_{min} = 4.000$ m
 $K_r = 0.19 \cdot (z_0/z_{0II})^{0.07} = 0.19 \cdot (0.200/0.050)^{0.07} = 0.209$
- Reference wind velocity (for $ref.min = 50$ years):

$$V_{ref} = V_{ref.50} \cdot \frac{1 - K_1 \cdot \ln(1/ref)^{+0.5}}{1 - K_1 \cdot \ln(0.02)^{+0.5}} = 27.000 \text{ m/s}$$
- Height ridge : $0.000 + 4.000 + 0.5 \cdot 12.40 \cdot \tan 25^\circ = 6.891$ m
- Reference height : $z_e = 6.891$ m ($z_e = \text{Height ridge} = \text{building height} = 6.891$ m)
- Roughness coefficient : $cr(z_e) = 0.741$
- Topography coefficient : $co(z_e) = 1.000$
- Turbulence coefficient : $kl = 1.000$
- Turbulence intensity : $I_v(z_e) = (K_r \cdot kl) / (ct(z_e) \cdot co(z_e)) = 0.283$
- Exposure coefficient : $ce(z_e) = cr(z_e)^2 \cdot co(z_e)^2 \cdot (1 + 7 \cdot I_v(z_e)) = 1.635$
- Reference wind pressure : $\rho = 1.250$ kg/m³; $q = \rho/2 \cdot (V_{ref})^2 = 455.625$ N/m²
- Peak velocity : $V_{peak} = ce(z_e)^{0.5} \cdot V_{ref} = 1.635^{0.5} \cdot 27.000 = 34.5$ m/s
- Mean wind pressure : $q_{ref} = ce(z_e) \cdot q = 745.063$ N/m²
- 1): geen reductie volgens Eurocode: $C_{dim}; \text{lloodrecht} = 1.00$, $C_{dim}; \text{parallel} = 1.00$

6.6.1.3 Sneeuwbelasting:

- Sneeuwbelasting (qsneeuw): 694.4 N/m² grondoppervlak (zonder afsmelten: qsi = 560.0 N/m²)
- Return period: ref = 50
- Basic snow load: SK = 700.0 N/m²
- Reduction with a return period n and V=0.800
 $EN\ 13031-1: R_f = (1 - 0.800 * 0.7797 * (\ln(1/50) + 0.577216)) / (1 + 2.6 * 0.800) = 1.000$
- Snow load shape coefficient (for sub_structure only): C1 = 0.80
- Thermal coefficient for non-heated greenhouses: Ct = 1.00
- Exposure coefficient Ce, usually 1.0 (no effect from wind): Ce = 1.00
- Snow load (load on the roof projected on the ground):
 $q_s = R_f * C_1 * C_e * C_t * S_k = 1.000 * 0.8 * 1.0 * 1.000 * 700.0 = 560.0\ N/m^2\ 1)$
- Snow load, taken into account the Snow drifting + sliding (open, expose, Cm=1.2 or 1.0)
 Factor: f.mu.acc = 1.0 + 0.2 * Ce.NH = 1.0 + 0.2 * 1.2 = 1.24
 $q_{sneeuw} = f.mu.acc * q_s = 1.24 * 560.0 = 694.4\ N/m^2$

6.6.1.31 Calculation of the thermal coefficient Ct

Calculation of the thermal coefficient with EN13031-1 and ISO 4355 'Snow control by heating'
 For heated greenhouses, equipped for the controlled melting of roof snow, see Table C.1
 category THSC, the thermal coefficient in accordance with ISO 4355:201.

Conditions during a snow event

- The characteristic snow load on the ground : Sk = 700.0 N/m²
- Roof angle : a = 25°
- Air temperature inside (at snow event) : Ti = Minimaal 12 °C
- Air temperature outside (at snow event) : Te > -8 °C
- Screen system is open : yes
- Water discharge is unhindered : yes
- Material roof cover : Sandwich isolatiedak

Derived data for the calculation of Ct according EN13031

- U in for heat protection : U = 6.9 W/m²K (see Table C2, EN13031-1)
- External surface resistance : Rse = 0.04 m²K/W
- Uo value of the roof cover : Uo.r = U1/[1/U-R.se] = 9.530 W/m²*K
- Heat transmittance (max value) : Uo = 4.177 W/m²K (min-max: 1 min 4.177 max W/m²K)
- Upper ground snow load limit : Lim.Skn = 1000*(20.2634/(Ti-5)*(sin(0.4*Uo-0.1))^0.75)^4
 $= 1000 * (20.2634 / (12-5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75})^4 = 70219\ N/m^2$
- Skmax in the Ct Calculation : Skmax = min(Skn, Lim.Skn) = min(700*1.000, 70219)

Basic melt factor Ct, see C.2.3 EN13031-1:

$C_t = [1 - 0.054 * (S_{kmax} / 3500)^{1/4} * (T_i - 5) * (\sin(0.4 * U_o - 0.1))^{3/4}] * \cos(a) = 1.000$ (incl. corrections)
 $= (1 - 0.054 * (\min(700 * 1.000; 70219) / 3500)^{0.25} * (12 - 5) * (\sin(0.4 * 4.177 - 0.1))^{0.75}) * \cos(25.00 * 3.14 / 180) = 1.000$

Corrections for Ct depending on parameters:

- Air temperature outside: for Te <= -8 °C factor = 1.2 so Ct = 1.0 * Ct
- Upper limit Ct <= 1.0
- Lower limit Ct > 0.2 * cos(a)
- Sneeuwbelasting, rekening houdend met sneeuwaccumulatie:
 $C_1 = 0.8, C_2 = 0.8 * (30 + 25.0) / 30 = 1.467$
 $q_{sneeuw} = q_s * 0.5 * (C_1 + C_2) / C_1 = 560.0 * 0.5 * (0.8 + 1.467) / 0.8 = 694.4\ N/m^2$

6.6.1.4 BELASTINGCOMBINATIES EN FACTOREN

6.6.1.41 Onderzochte belastingcombinaties:

- B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)
- B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)
- B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

6.6.1.42 Combinaties voor dekroeden:

- BC.R1 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.R2 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.R3 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)
- BC.R4 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

6.6.1.43 Combinaties voor de goot:

- BC.G1 : a0) Dead load + Snow (without snow removal)
- BC.G2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop
- BC.G3 : a12) Dead load + Services + Wind
- BC.G4 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop
- BC.G5 : d2) Dead Load + Services + Psi_Snow + Psi_Crop + Seismic
- BC.G6 : d1) Dead Load + Services + Psi_Snow + Seismic
- BC.G7 : d3) Dead Load + Services + Psi_Crop + Seismic

6.6.1.44 Settings for load combinations gamma/KFI/PSI/Zeta:

Consequence class: CC2 Gardencentre

	6.10b	6.10a
Gamma		
- Permant load G Unfavourable	1.350	1.350
- Permant load G Favourable	0.900	0.900
- Live load Q	1.500	1.500
Unfavourable load KFI		
- Permant load G	1.000	1.000
- Live load Q	1.000	1.000
Combinationfactor Psi.0		
- Snow load	0.000	0.000
- Wind load	0.000	0.000
- Permant load	1.000	1.000
Reduction factor permant load		
- Zeta	0.890	1.000

6.6.1.45 Tabel 1: Afgeleide belastingsfactoren in rekentoestand
 en tussen haakjes in gebruikstoestand:

ref	G1	G2	Q1	Q2	Q3	Q4	AK2
BC	Eigen gewicht dek a= 300 N/m ² b= 0 N	Instal- laties 70 N/m ² + 0 N/m ² = 70 N/m ²	Wind- belasting a= 745 N/m ² b= 745 N/m ² c= 745 N/m ²	Sneeuw- belasting a= 694 N/m ² b= 560 N/m ² c= 0 N/m ²	Gewas- Belasting a= 0 N/m ² b= 0 N/m ²	Transport belasting a= 0 N b= 0 N	Aardbeving AgR = 0.022 [Sd]
1	1.00(1.00)	1.00(1.00)	0.00(0.00)	b 1.00(0.00)	b 0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
2	1.20(1.00)	1.20(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
3	1.20(1.00)	1.20(1.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	b 1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
4	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
5	0.90(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
6	1.20(1.00)	0.00(0.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
7	1.35(1.00)	1.35(1.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	a 1.50(1.00)	1.50(1.00)	0.00(0.00)

G1 = Dead load: [a]roof; [b]permanent

G2 = Services : [a]load on truss; [b]permanent

Q1 = Wind Load: [a]excl.Cdim (gables); [b]gutter direction (crosses); [c]span direction (trellis, column)

Q2 = Snow load: [a]incl. Ct=1.000; [b]expectional Ct=1.0; [c]Accidental

Q3 = Crop Load: [a]max season; [b]max winter

Q4 = Transport incidental: [a]on roof; [b]inside

Horizontale windbelasting van het kasdek.

De som van horizontale windbelasting van het gehele kasdek loodrecht op de nokrichting (0 deg) mag worden berekend met de horizontale kracht van de eerste 2 kappen uit tabel B3 van EN13031-1, plus vanaf de derde kap elke kap een horizontale kracht bepaald met alleen de krachtcoëfficiënt Cfr,1 werkend op de kaphoogte (=verticale afstand goot tot nok).

De krachtcoëfficiënt is afgeleid van windtunneltesten voor kassen en is exclusief CsCd (zie publicatie "Equivalent static wind loads on large multi-span duo-pitch greenhouses").

Parameters for calculating the wind coefficients (See EN31031)

- Height from ground level to top	: He = 6891	mm	
- Height from ground level to gutter	: hs = 4000	mm	
- Max (0.75*He, h)	: h = 5168	mm	
- Roof angle	: alpha = 25.0	°	
- Greenhouse Width	: W = 12400	mm	Ratio h/W = 0.4168
- Greenhouse length	: L = 20000	mm	Ratio h/L = 0.2584
- Bay width gutter to gutter	: S = 12400	mm	Ratio h/S = 0.4168

6.7 OVERZICHT BEREKENINGSRISULTATEN PER BELASTINGGEVAL:

6.7.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Zijgevel:

- Spantkolom:

- Doorsn.klasse : 1

- Sterkte	: 0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Spanning	: 0.03	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stabiliteit	: 0.04	<	1.00,	dus: voldoet.
- Stijfheid	: 0.0 mm	<	26.7 mm,	dus: voldoet.

- Gordingen:

1 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

2 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

3 - klasse : 4

- sterkte	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- spanning	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stabiliteit	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.
- stijfheid	: 0.00	<	1.00,	dus: voldoet.

Randfundering:

- Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 4640 Nm, dus: voldoet.

- Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):

- Momenten NBM : 68 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.

- Momenten OBM : -19222 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.

- Horizontaal : 46 N < 20218 N, dus: voldoet.

- Haarspeld poeren:

- Sterkte : 1 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.28 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 4.8 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.32 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.74 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.32 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.42 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.42 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.42 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.19 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 5575 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 20339 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -2307 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 13559 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 210 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.04 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.05 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.06 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 5575 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 180 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -26761 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 120 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 2 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 2.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 4176 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 10724 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -3133 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 7150 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 111 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.12 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.11 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 2.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.31 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.14 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.18 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.08 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 4176 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 14232 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -3444 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 9488 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 147 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.24 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.23 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : op trek belast dus: voldoet
 - Stijfheid : 4.2 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.29 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.67 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.29 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.38 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.17 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 5575 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 10991 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -1136 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 7327 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 113 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

6.7.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Zijgevel:

- Spantkolom:
 - Doorsn.klasse : 1
 - Sterkte : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Spanning : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stabiliteit : 0.02 < 1.00, dus: voldoet.
 - Stijfheid : 0.0 mm < 26.7 mm, dus: voldoet.
- Gordingen:
 - 1 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 2 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - 3 - klasse : 4
 - sterkte : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - spanning : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stabiliteit : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
 - stijfheid : 0.00 < 1.00, dus: voldoet.
- Randfundering:
 - Moment rand vert: 55226 Nm > 1.0 * 6264 Nm, dus: voldoet.
 - Kantelstabiliteit fundatie (neerwaartse belasting opgenomen door heipalen):
 - Momenten NBM : 68 Nm < 30632 Nm, dus: voldoet.
 - Momenten OBM : -19665 Nm < 25160 Nm, dus: voldoet.
 - Horizontaal : 46 N < 20218 N, dus: voldoet.
 - Haarspeld poeren:
 - Sterkte : 1 N/mm² < 435 N/mm², dus: voldoet.

N.B. NBM = Kantelstabiliteit bij neerwaarts bezwijkmodel
 OBM = Kantelstabiliteit bij opwaarts bezwijkmodel
 (zie TNO-rapport 93-CON-R0304)

6.8 OVERZICHT BELASTINGEN OP DE FUNDERING:

Overzicht belastingen op de randfundering in rekentoestand, tussen haakjes in gebruikstoestand.

Belastingen op de betonnen randfundering:

- Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
- Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

6.8.1 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 24542 N (10654 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 106 N

6.8.2 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 29430 N (21740 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 11673 N (7782 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 20325 N

6.8.3 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 38633 N (27876 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 167 N

6.8.4 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -4247 N (736 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 4967 N (3312 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 10747 N

6.8.5 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 10798 N (10766 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 4967 N (3312 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 14255 N

6.8.6 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = -10627 N (-5310 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 10555 N (7037 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 10980 N

6.8.7 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

- Vert. puntlast goot-kolom tpv fundering Fvg = 15883 N (11654 N)
- Eigen gewicht van de zijgevelspantkolom Feg.zs = 953 N
- Vert. lijnbelasting eigen gewicht gevel (incl. beton) Qrd = 2320 N/m
- Hor. gevelbelasting per gevelkolom hoh= 4000 mm Rf = 0 N (0 N)
- Hor. belasting bij de poeraansluiting hoh= 4000 mm Fhrd = 61 N

6.8.8 Summary of loads at foundation:

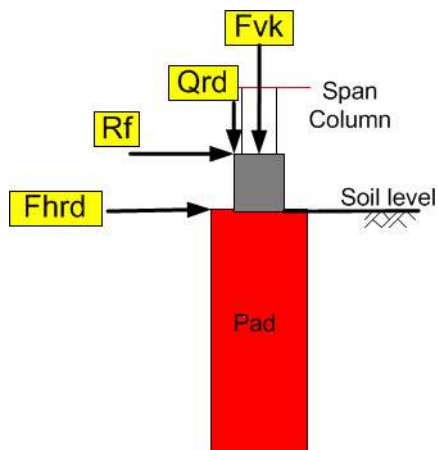


Table: Foundation forces side wall, type concrete beam:

Table	Load V	Load V [N]	Load H	Load H	Load H
Side wall	Fvk ULS	Fvk+Fpsk+	Fhk ULS	Rf ULS	Fhrd ULS
Combination	[N]	Fegk ULS	[N]	[N]	[N]
		-anchor-			
BC1	27639	28656	106	0	106
BC2	27853	23777	8652	11673	20325
BC3	42378	43624	167	0	167
BC4	-5005	-7636	5780	4967	10747
BC5	7922	3175	9287	4967	14255
BC6	-7238	-6349	424	10555	10980
BC7	20015	21338	61	0	61

6.9 PROFIEL-EIGENSCHAPPEN

In dit deel worden alle profiel-eigenschappen weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en de belastingcombinaties.
 (index "y" = "in gootrichting")

6.9.1 Zijgevelspankolommen (RHBK160*160*5.0 mm S275 (EN1021) (index "sk")):

- Oppervlakte : Ask = 3035.6 mm²
- Traagheidsmoment y-as: Iy.sk = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: Wy.sk = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal y-as: iy.sk = 63.0 mm
- Traagheidsmoment z-as: Iz.sk = 12029341.8 mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: Wz.sk = 150366.8 mm³
- Traagheidsstraal z-as: iz.sk = 63.0 mm
- Neutrale lijn z-as : ez.sk = 80.0 mm
- Versch.neutr lijn y : eNy = 0.0 mm
- z : eNz = 0.0 mm
- Lengte : Lsk = 4.000 m
- Gewicht : Gsk = 95.318 kg
- Rekenwaarde vloeigrens fy.sk = 275.0 N/mm²
- Elasticiteitsmodulus Esk = 210000 N/mm²
- Afschuivingsmodulus Gsk = 80769 N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as Wpy.sk = 150367 (Wply.sk = 175243) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as Wpz.sk = 150367 (Wplz.sk = 175243) mm³
- Torsietraagheidsmoment It.sk = 18534718 mm⁴
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht Nc.Rd.sk = 940559 N
 - NRk.sk = 940559 N
 - Moment plastisch My.c.Rd.sk = 46590 Nm Mz.c.Rd.sk = 46590 Nm
 - elastisch My.Rk.sk = 46590 Nm Mz.Rk.sk = 46590 Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 alfay = 0.49 alfaz = 0.49
- De ingevoerde staalsoort S275 (EN10219) is vastgesteld voor het basismateriaal van het kokerprofiel. Na het koudvervormen is er sprake van een verhoging van de vloeigrens. Deze verhoogde vloeigrens is als volgt berekend met de rekenformule uit NEN6770 (zie 12.1.1.4 Tabel 23, noot 2) en EN 1993-1-1:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) (fy = 275.0 N/mm², ft = 430.0 N/mm²)
 - fy-eq = fy+(7*nhoeksk*tsk/Lsk)*(ft-fy) < (fy+ft)/2: fy-eq = 309.8 N/mm²
- Ontwikkelde lengte : Lsk = 622.8 mm
- Omgez. hoeken : nhoek = 4
- Op druk belast : fy-dsk = fy-eq = 309.8 N/mm²
- Op trek belast : fy-tsk = fy-eq = 309.8 N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Slankheid : lambda-y.sk = 4000/63.0 = 64
 - Chixsk = min(0.705 , 1.0) = 0.705
 - Eulerse knikkracht:

$$FEysk = \frac{\pi^2 * E * Iysk}{lkysk^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1203E4}{4000^2} = 1558264 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Slankheid : lambda-z.sk = 4000/63.0 = 64
 - Chizsk = min(0.705 , 1.0) = 0.705
 - Eulerse knikkracht:

$$FEzsk = \frac{\pi^2 * E * Izsk}{lkzsk^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 1203E4}{4000^2} = 1558264 \text{ N}$$

6.9.2 Zijgevelgording (U100*50*3.00 mm S275 (EN1021) (index "gd1")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd1} = 3.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd1} = 50.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 50.00 / 3.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 0.968$
- Plooi factor : $\rho_{obr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.968) / 0.968 = 0.80$, dus: $\rho_{obr} = 0.80$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.80 * 50.0 = 39.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd1} = 512.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd1} = 749574.4$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd1} = 14991.5$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd1} = 38.2$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd1} = 75578.1$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd1} = 1896.3$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd1} = 12.1$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd1} = 39.9$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 3.7$ mm
- Lengte : $L_{gd1} = 4.000$ m
- Gewicht : $G_{gd1} = 16.094$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd1} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd1} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd1} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd1} = 14991$ ($W_{ply.gd1} = 14991$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd1} = 1896$ ($W_{plz.gd1} = 1896$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd1} = 1741$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd1} = 234.8E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.gd1} = 140949$ N
 - $N_{Rk.gd1} = 140949$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd1} = 4123$ Nm $M_{z.c.Rd.gd1} = 521$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd1} = 4123$ Nm $M_{z.Rk.gd1} = 521$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd1} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd1} = f_y = 313.1$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd1} = l_{gd1} = 4000$ mm (3 steunp. = 1x systeemlengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd1} = 4000/38.2 = 105$
 - $\chi_{ygd1} = \min(0.431, 1.0) = 0.431$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd1}}{l_{kygd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 75E4}{4000^2} = 97099 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd1} = l_{gd1} = 800$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd1} = 800/12.1 = 66$
 - $\chi_{zgd1} = \min(0.688, 1.0) = 0.688$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd1} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd1}}{l_{kzgd1}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 8E4}{800^2} = 244757 \text{ N}$$

6.9.3 Zijgevelgording (U100*50*3.00 mm S275 (EN1021) (index "gd2")):

Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.

Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:

- Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
- Wanddikte : $t_{gd2} = 3.00$ mm
- Flens/profielbreedte : $b_{gd2} = 50.00$ mm
- Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 50.00 / 3.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 0.968$
- Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.968) / 0.968 = 0.80$, dus: $\rho_{hbr} = 0.80$
- Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.80 * 50.0 = 39.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd2} = 512.5$ mm²
- Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd2} = 749574.4$ mm⁴
- Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd2} = 14991.5$ mm³
- Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd2} = 38.2$ mm
- Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd2} = 75578.1$ mm⁴
- Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd2} = 1896.3$ mm³
- Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd2} = 12.1$ mm
- Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd2} = 39.9$ mm
- Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
- z : $e_{Nz} = 3.7$ mm
- Lengte : $L_{gd2} = 4.000$ m
- Gewicht : $G_{gd2} = 16.094$ kg
- Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd2} = 275.0$ N/mm²
- Elasticiteitsmodulus $E_{gd2} = 210000$ N/mm²
- Afschuivingsmodulus $G_{gd2} = 80769$ N/mm²
- Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd2} = 14991$ ($W_{ply.gd2} = 14991$) mm³
- Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd2} = 1896$ ($W_{plz.gd2} = 1896$) mm³
- Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd2} = 1741$ mm⁴
- Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd2} = 234.8E6$ mm⁶
- Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normalkracht $N_{c.Rd.gd2} = 140949$ N
 - $N_{Rk.gd2} = 140949$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd2} = 4123$ Nm $M_{z.c.Rd.gd2} = 521$ Nm
 - elastisch $M_{y.Rk.gd2} = 4123$ Nm $M_{z.Rk.gd2} = 521$ Nm
- Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
- Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd2} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd2} = f_y = 313.1$ N/mm²
- Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd2} = l_{gd2} = 4000$ mm (3 steunp. = 1x systeemlengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd2} = 4000/38.2 = 105$
 - $\chi_{ygd2} = \min(0.431, 1.0) = 0.431$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd2} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd2}}{l_{kygd2}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 75E4}{4000^2} = 97099 \text{ N}$$
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd2} = l_{gd2} = 800$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd2} = 800/12.1 = 66$
 - $\chi_{zgd2} = \min(0.688, 1.0) = 0.688$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd2} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd2}}{l_{kzgd2}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 8E4}{800^2} = 244757 \text{ N}$$

6.9.4 Zijgevelgording (U100*50*3.00 mm S275 (EN1021) (index "gd3")):
 Bij een U- of Omega-profiel zijn de flenzen misschien niet volledig effectief.
 Berekening van de effectiviteit van de flenzen vlg. RKP-1990, artikel 7.2.1:
 - Plooicoëfficiënt ongesteund plaatveld op druk : $k_{\sigma} = 0.43$ (Tabel 7.2-2)
 - Wanddikte : $t_{gd3} = 3.00$ mm
 - Flens/profielbreedte : $b_{gd3} = 50.00$ mm
 - Slankheid : $\lambda = 1.052 * b/t * (\sigma_e / (E * k_{\sigma}))^{0.5} = 1.052 * 50.00 / 3.00 * (275 / (2.1E5 * 0.43))^{0.5} = 0.968$
 - Plooi factor : $\rho_{hbr} = (1 - 0.22/\lambda) / \lambda < 1.0$
 $(1 - 0.22/0.968) / 0.968 = 0.80$, dus: $\rho_{hbr} = 0.80$
 - Eff. profielbreedte : $b_{eff} = 0.80 * 50.0 = 39.9$ mm

Hieruit kunnen de volgende effectieve profieleigenschappen berekend worden:

- Oppervlakte : $A_{gd3} = 512.5$ mm²
 - Traagheidsmoment y-as: $I_{y.gd3} = 749574.4$ mm⁴
 - Weerstandsmoment y-as: $W_{y.gd3} = 14991.5$ mm³
 - Traagheidsstraal y-as: $i_{y.gd3} = 38.2$ mm
 - Traagheidsmoment z-as: $I_{z.gd3} = 75578.1$ mm⁴
 - Weerstandsmoment z-as: $W_{z.gd3} = 1896.3$ mm³
 - Traagheidsstraal z-as: $i_{z.gd3} = 12.1$ mm
 - Neutrale lijn z-as : $e_{z.gd3} = 39.9$ mm
 - Versch.neutr lijn y : $e_{Ny} = 0.0$ mm
 z : $e_{Nz} = 3.7$ mm
 - Lengte : $L_{gd3} = 4.000$ m
 - Gewicht : $G_{gd3} = 16.094$ kg
 - Rekenwaarde vloeigrens $f_{y.gd3} = 275.0$ N/mm²
 - Elasticiteitsmodulus $E_{gd3} = 210000$ N/mm²
 - Afschuivingsmodulus $G_{gd3} = 80769$ N/mm²
 - Weerstandsmom.pl.y-as $W_{py.gd3} = 14991$ ($W_{ply.gd3} = 14991$) mm³
 - Weerstandsmom.pl.z-as $W_{pz.gd3} = 1896$ ($W_{plz.gd3} = 1896$) mm³
 - Torsietraagheidsmoment $I_{t.gd3} = 1741$ mm⁴
 - Welvingstraagheidsmom. $I_{w.gd3} = 234.8E6$ mm⁶
 - Rekenwaarde van de sterkte:
 - Normaalkracht $N_{c.Rd.gd3} = 140949$ N
 $N_{Rk.gd3} = 140949$ N
 - Moment plastisch $M_{y.c.Rd.gd3} = 4123$ Nm $M_{z.c.Rd.gd3} = 521$ Nm
 elastisch $M_{y.Rk.gd3} = 4123$ Nm $M_{z.Rk.gd3} = 521$ Nm
 - Imperfectie factor volgens EC3, table 6.2 $\alpha_{fay} = 0.49$ $\alpha_{faz} = 0.49$
 - Vloeigrens:
 - Materiaalkwaliteit : S275 (EN10219) ($f_y = 275.0$ N/mm², $f_t = 430.0$ N/mm²)
 - Op druk belast : $f_{y-dgd3} = f_y = 275.0$ N/mm²
 - Op trek belast : $f_{y-tgd3} = f_y = 313.1$ N/mm²
 - Kniklengte, slankheid en knikcoëfficiënt:
 - In de y-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kygd3} = l_{gd3} = 4000$ mm (3 steunp. = 1x systeemlengte)
 - Slankheid : $\lambda_{ygd3} = 4000/38.2 = 105$
 - $\chi_{ygd3} = \min(0.431, 1.0) = 0.431$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Eygd3} = \frac{\pi^2 * E * I_{ygd3}}{l_{kygd3}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 75E4}{4000^2} = 97099$$
 N
 - In de z-richting:
 - Stel: Kniklengte $l_{kzgd3} = l_{gd3} = 800$ mm (ongesteunde kiplengte)
 - Slankheid : $\lambda_{zgd3} = 800/12.1 = 66$
 - $\chi_{zgd3} = \min(0.688, 1.0) = 0.688$
 - Eulerse knikkracht:

$$F_{Ezgd3} = \frac{\pi^2 * E * I_{zgd3}}{l_{kzgd3}^2} = \frac{\pi^2 * 2.1E5 * 8E4}{800^2} = 244757$$
 N

Oplegfactoren gordingen

nr.	positie	Frga	Frg	Flia	Fli	Fgda	Fgd	Fxsa	Fxs
1	1300	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2600	0.000	0.277	0.000	0.277	0.000	0.231	0.000	0.000
3	3900	0.723	0.723	0.723	0.723	0.769	0.769	0.000	0.000

6.9.5 Profieleigenschappen van de (rand)fundering.

6.9.5.1 Materiaalgegevens beton (EN 1992-1-1)

Sterkteklasse : C20/25 (B2)
Karakteristieke kubusdruksterkte: $f_{ck}' = 25.0 \text{ N/mm}^2$
Volumieke massa beton : $\rho_{beton} = 2400 \text{ kg/m}^3$
Soortelijk gewicht beton : $\rho_{sgbeton} = 24000 \text{ N/m}^3$

- Rekenwaarde voor de druksterkte (EN 1992-1-1 art. 6.1.1):

$$f_b' = 0.72 * f_{ck}' / 1.2 = 0.72 * 25.0 / 1.2 = 15.0 \text{ N/mm}^2$$

- Rekenwaarde voor de gemiddelde treksterkte (EN 1992-1-1):

$$f_{bm} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * f_{ck}'}{y_m} = 1.4 * \frac{1.05 + 0.05 * 25.0}{1.4} = 2.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.40$ voor beton)

- Bilineair spanning-rekdiagram (EN 1992-1-1):

- Betonstuk bij het begin van de plastische vervorming: $eb_{pl}' = 1.75E-3$
- Grenswaarde voor betonstuk (breuk): $eb_u' = 3.50E-3$

- Rekenwaarde elasticiteitsmodulus: $E_b = \frac{f_b'}{eb_{pl}'} = \frac{15.0}{1.75E-3} = 8571 \text{ N/mm}^2$
(lange duur effect t.g.v. krimp globaal in rekening gebracht)

6.9.5.2 Betonstaal randfundering

Betonstaalsoort randfundering: FeB500
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 1600.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{rds} = f_{srep} / y_m = 1600.0 / 1.15 = 1391.3 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

6.9.5.3 Betonstaal haarspeld

Betonstaalsoort haarspeld: FeB500
Karakteristieke waarde van de trek-/druksterkte: $f_{srep} = 500.0 \text{ N/mm}^2$

- Rekenwaarde van de trek-/druksterkte

$$f_{sps} = f_{srep} / y_m = 500.0 / 1.15 = 434.8 \text{ N/mm}^2$$

(met materiaalfactor $y_m = 1.15$ voor betonstaal)

6.9.5.4 Rekenwaarde van het scheurmoment

Het scheurmoment (M_r) is het buigend moment, waarbij aan de trekzijde van de fundering de treksterkte van het beton wordt overschreden. Aangezien het scheurmoment van invloed is op het minimum wapeningspercentage (zie 6.9.5) wordt gerekend met de karakteristieke bovengrens van de treksterkte ($1.4 * f_{bm}$):

Verticaal:

$$- M_{r,ver} = 1/6 * b_{rd} * h_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.250 * 0.300^2 * 1.4 * 2.3E6 = 12075 \text{ Nm}$$

Horizontaal:

$$- M_{r,hor} = 1/6 * h_{rd} * b_{rd}^2 * 1.4 * f_{bm} = 1/6 * 0.300 * 0.250^2 * 1.4 * 2.3E6 = 10062 \text{ Nm}$$

6.9.5.5 Rekenwaarde van het uiterst opneembare verticaal buigend moment van de gescheurde doorsnede

Bij de berekening van de capaciteit van de randfundering wordt uitgegaan van een verticaal belaste betonbalk (x-richting) waarbij conform EN 1992-1-1 wordt verondersteld dat het beton geen trek kan opnemen.

Het uiterst opneembare buigend moment van de gescheurde doorsnede (M_u) treedt op als de trekwapening vloeit en in de uiterste betonvezel de grenswaarde van de betonstuik ($\epsilon_{bu} = 3.5E-3$) optreedt. Voor de eenvoud en de veiligheid is de beperkte invloed van eventuele drukwapening in dit geval verwaarloosd.

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$- \text{Beton: } N_u = \left(- \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u + - \frac{1}{2} * - \frac{1}{2} * b_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * b_{rd} * x_u * f_{b'}$$

$$- \text{Staal: } N_s = A_{strek} * f_{rds} \\ \text{waarin } A_{strek} = a_{st} * \pi/4 * d_{st}^2 = 2 * \pi/4 * 12^2 = 226.19 \text{ mm}^2$$

$$\text{Gelijkstellen: } x_u = \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * b_{rd} * f_{b'}} = \frac{226.19 * 1391.3}{0.75 * 250 * 15.0} = 111.90 \text{ mm}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,ver} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \text{ waarin: } z_u = h_{rd} - a_{rd} - t_{rd} - 7/18 * x_u$$

$$\text{Invullen geeft:} \\ - \text{Normaalkracht: } N_s = A_{strek} * f_{rds} = 226.19 * 1391.3 = 3E+5 \text{ N} \\ - \text{Hefboomsarm: } z_u = h_{rd} - (a_{rd} + d_{st}/2) - t_{vrd} - 7/18 * x_u \\ = 300 - (65 + 12/2) - 10 - 7/18 * 111.90 = 175 \text{ mm} \\ - \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,ver} = N_s * z_u = 3E+5 \text{ N} * 0.175 \text{ m} = 55226 \text{ Nm}$$

6.9.5.6 Minimum wapeningspercentage (EN 1992-1-1)

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,ver} > M_{r,ver} \text{ of } M_{u,ver} > 1.5 * M_{d,ver}$$

waarbij:

$$M_{u,ver} = \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 6.9.5} \\ M_{r,ver} = \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 6.9.4} \\ M_{d,ver} = \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,ver}$).

$$M_{u,ver} = 55226 \text{ Nm} > M_{r,ver} = 12075 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,ver}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,ver} > 1.0 * M_{d,ver}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

6.9.5.7 Rekenwaarde van het uiterst opneembare horizontaal buigend moment van de gescheurde doorsnede (EN 1992-1-1)

Overeenkomstig hoofdstuk 6.95.5 kan de capaciteit van horizontaal belaste betonbalk (y-richting) berekend worden:

De hoogte van de betondrukzone (x_u) volgt uit krachtenevenwicht ($N_u = N_s$) waarbij het spanningsverloop in de gedrukte zone overeenkomt met het bilineaire spanning-rekdiagram voor beton.

$$\begin{aligned}
 - \text{Beton: } N_u' &= \left(\frac{1}{2} * h_{rd} * x_u + \frac{1}{2} * \frac{1}{2} * h_{rd} * x_u \right) * f_{b'} = 0.75 * h_{rd} * x_u * f_{b'} \\
 - \text{Staal: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} \\
 \text{waarin } A_{strek} &= \pi/4 * (d_{st}^2 + d_{sd}^2) = \pi/4 * (12^2 + 12^2) = 226.19 \text{ mm}^2 \\
 \text{Gelijkstellen: } x_u &= \frac{A_{strek} * f_{rds}}{0.75 * h_{rd} * f_{b'}} = \frac{226.19 * 1391.3}{0.75 * 300 * 15.0} = 93.25 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

De rekenwaarde van het uiterst opneembare buigend moment volgt uit vermenigvuldiging van de staalkracht (is gelijk aan de betondrukkracht) met de hefboomsarm:

$$M_{u,hor} = A_{strek} * f_{rds} * z_u, \quad \text{waarin: } z_u = 0.5 * b_{rd} - t_{rd} - 7/18 * x_u$$

Invullen geeft:

$$\begin{aligned}
 - \text{Normaalkracht: } N_s &= A_{strek} * f_{rds} = 226.19 * 1391.3 = 3E+5 \text{ N} \\
 - \text{Hefboomsarm: } z_u &= b_{rd} - (a_{t_{rd}} + (d_{st} + d_{sd})/4) - t_{rd} - 7/18 * x_u \\
 &= 250 - (50 + (12 + 12)/4) - 10 - 7/18 * 93.25 = 148 \text{ mm} \\
 - \text{Uiterst opneembaar moment: } M_{u,hor} &= N_s * z_u = 3E+5 \text{ N} * 0.148 \text{ m} = 46494 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

6.9.5.8 Minimum wapeningspercentage

Tenzij instorting ten gevolge van brosse breuk uitgesloten is, moet de hoeveelheid op trek belast betonstaal in de maatgevende doorsnede zo zijn, dat voldaan wordt aan de voorwaarde:

$$M_{u,hor} > M_{r,hor} \quad \text{of} \quad M_{u,hor} > 1.5 * M_{d,hor}$$

waarbij:

$$\begin{aligned}
 M_{u,hor} &= \text{het uiterst opneembare buigend moment volgens 6.9.5} \\
 M_{r,hor} &= \text{de rekenwaarde van het scheurmoment volgens 6.9.4} \\
 M_{d,hor} &= \text{de rekenwaarde van het optredende maximale moment.}
 \end{aligned}$$

Het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) is groter dan het moment waarbij scheurvorming optreedt ($M_{r,hor}$).

$$M_{u,hor} = 46494 \text{ Nm} > M_{r,hor} = 10062 \text{ Nm}$$

Kortom, de gescheurde betonddoorsnede zonder meenamen van de wapening is sterker dan de ongescheurde doorsnede zonder meenamen van de wapening. Dit betekent dat conform EN 1992-1-1, aan de minimum wapeningseis is voldaan. Bij de toetsing van de doorsnede behoeft derhalve "slechts" te worden voldaan aan de voorwaarde dat het uiterst opneembare buigend moment ($M_{u,hor}$) tenminste gelijk is aan het maximale buigend moment volgend uit de belastingen ($M_{u,hor} > 1.0 * M_{d,hor}$) (zie hoofdstukken van de diverse belastingcombinaties).

6.9.5.9 Profieleigenschappen van de fundatie

In dit deel worden alle profieleigenschappen van de fundatie weergegeven en uitgerekend, die onafhankelijk zijn van de belastingen en belastingcombinaties. Hierbij gaat het hoofdzakelijk om de kantelstabiliteit bij neerwaartse belasting (6.9.2), en de kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (6.9.3). De berekeningen zijn opgezet in gebruikstoestand, met dien verstande, dat de grondspanningen niet groter mogen worden dan de toelaatbare grondspanning.

6.9.5.91 Algemene eigenschappen:

a) Eigenschappen van de grond (zie ook TNO-rapport BI-87-02):

- Grondsoort : Klei zw zandig
- Volumiek gewicht grond : $\gamma_g = 18.0$ in kN/m³
- Inwendige wrijvingshoek : $\phi_i = 22.5$ in graden
- Cohesie : $c_0 = 5000$ in N/m²
- Toelaatbare spanning : $\sigma_{gr} = 0.100$ in N/mm²
- Prim. samendrukkingsindex : $C_{ceff} = 0.237$
- Sec. samendrukkingsindex : $C_{infe} = 0.005$
- Volumiek gewicht verzadigd : $\gamma_{gsat} = 18$ in kN/m³
- Poriëngetal (NEN 6744) : $e_{porie} = 1.1$
- Bedding : $k = 40$ in MN/m³ ($k=40000$ kN/m³)
- Neutrale gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{n-d} = 1 - \sin(22.5^\circ) = 0.62$
- Passieve gronddrukcoëfficiënt: $\lambda_{p-d} = [\tan(45^\circ + 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 2.24$
- Actieve gronddrukcoëfficiënt : $\lambda_{a-d} = [\tan(45^\circ - 0.5 \cdot 22.5^\circ)]^2 = 0.45$

b) Eigenschappen van de randfundering:

- Eigen gewicht van de poer ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 - $G_{fund} = \pi/4 \cdot d^2 \cdot \gamma_g = 22619$ N
- Liëniek gewicht van de randbalk ($\gamma_g = 24000$ N/m³):
 - $Q_{rand} = 0.300 \cdot 0.250 \cdot 24000 = 1800$ N/m

Daar het rekenen met een ronde poer tamelijk gecompliceerd is, wordt gerekend met een poer met een vierkant grondvlak. Hierbij wordt er voor gezorgd dat het oppervlak van de vierkante poer gelijk is aan die van de ronde poer (dus ook de inhoud van de poer is hetzelfde):

$$B = (\pi/4 \cdot d_{poer}^2)^{1/2} = (\pi/4 \cdot d^2)^{1/2} = 886.2 \text{ mm}$$

Voor de eenvoud in de formules wordt overgegaan op verkorte symbolen:

- Hoogte van de poer $H = h_{poer} = h_{bp} = 1200$ mm
- Diepte van de poer $D = D_{poer} = (h_{rd} - f_h) = 300 - 0 = 300$ mm

6.9.5.92 Kantelstabiliteit neerwaarts bezwijkmodel (NBM) (in gebruikstoestand):

Dit bezwijkmodel treedt uitsluitend op bij neerwaartse belasting op de poer. De poeren worden verondersteld te willen kantelen om het middenbenedenpunt A, uitgaande van een horizontale kracht ter plaatse van de kolomverankering Fhk', werkend van links naar rechts. Ten gevolge van dit kantelen ontstaat bij het rechterkopvlak opstuwung van grond, dus overwegend passieve gronddruk en bij het linkerkopvlak een overwegend actieve gronddruk. De verticale neerwaartse belasting wordt rechtstreeks opgenomen door de heipalen.

De kanteling van de poeren wordt tegengegaan door de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz; Fvz; Fhz), het verschil in gronddruk tegen het linker- (Fha; Mha), respectievelijk het rechterkopvlak (Fhp; Mhp) van de poer, de wrijving van de grond tegen het linker- (Fva) en rechterkopvlak (Fvp) en de gronddruk tegen de onderkant van de poer (Fvo; Mvo).

$$Mp\_neerw = Mwz + Mhp - Mha + Fvp \cdot B / 2 + Fva \cdot B / 2 + Mvo \quad (\text{linksom} = +)$$

$$Fv\_neerw = Fvz + Fva + Fvp + Fvo \quad (\text{opwaarts} = +)$$

$$Fh\_neerw = Fhz + Fhp - Fha \quad (\text{van rechts naar links} = +)$$

- a) Het berekenen van de wrijving van de grond tegen de zijwanden van de poer (Mwz, Fvz en Fhz) gaat als volgt.

Op een vlakje 0 op een afstand R van het draaipunt A werkt de neutrale gronddruk Sn. Bij draaiing van het vlakje om punt A ontstaat er een wrijvingskracht Fw, die loodrecht op de straal R is gericht en de draaiing tegenwerkt. Bij de berekening van de wrijvingskracht Fw wordt rekening gehouden met de afstand van vlakje 0 tot draaipunt A (R/Rmax). Met behulp van de cosinus en de sinus kan de verticale en de horizontale component bepaald worden. Vermenigvuldiging van Fw met de straal R geeft het tegenwerkend koppel Mw. Door nu het gehele oppervlak van beide zijwanden op deze manier af te tasten kunnen Mwz, Fvz en Fhz bepaald worden.

- Moment t.g.v. wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt A:

$$- R_{\max} = (0.25 \cdot B^2 + H^2)^{1/2} = (0.25 \cdot 886.2^2 + 1200^2)^{1/2} = 1279 \text{ mm}$$

Maximale schuifspanning ter hoogte van het draaipunt A:

$$\begin{aligned} - T_{nA} &= sg \cdot (D + H) \cdot \lambda_{n-1} \cdot \tan(\phi_i) + c_0 \\ &= 18 \text{ E-6} \cdot (300 + 1200) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{ E-3} = 11.90 \text{ E-3 N/mm}^2 \end{aligned}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned}
 - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{12} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) \cdot \left(\frac{H^2}{4} + \frac{B^2}{24} \right) \right] \\
 &= \frac{2 \cdot 1200 \cdot 886.2}{1279} \cdot \left[11.9 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{886.2^2}{12} + \frac{1200^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{1200^2}{4} + \frac{886.2^2}{24} \right) \right] = 7189 \text{E}3 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Maximale schuifspanning op halve hoogte van de poer (centrum C):

$$\begin{aligned}
 - T_{nC} &= s_g \cdot (D + H/2) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 1200/2) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 9.14 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Vanwege de symmetrische kanteling geldt: $F_{vz} = 0 \text{ N}$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale schuifspanning op 1/3-hoogte vanaf de bovenkant van de poer:

$$\begin{aligned}
 - T_{nD} &= s_g \cdot (D + H/3) \cdot \lambda \cdot n \cdot \tan(\phi) + C_0 \\
 &= 18 \text{E-}6 \cdot (300 + 1200/3) \cdot 0.62 \cdot \tan(23^\circ) + 5 \text{E-}3 = 8.22 \text{E-}3 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned}
 - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_{nD} \cdot 0.5 \cdot H / R_{max} \\
 &= 2 \cdot 1200 \cdot 886.2 \cdot 8.22 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 1200 / 1279 = 8202 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- b) Het bepalen van de horizontale normaal- en de verticale schuifkrachten op het linker- en rechterkopvlak (F_{ha} , F_{va} , F_{hp} en F_{vp}) gaat als volgt.

Als de poer in de richting van de horizontale kracht op het punt staat te gaan draaien, dan wordt de grond aan de rechterzijde opgestuikt en aan de andere zijde losgelaten. Aan de zijde waar de grond wordt opgestuikt ontwikkelt de passieve gronddruk zich het best aan de bovenzijde van de poer, die het meest zijdelings verplaatst. Het niveau van de poer ter hoogte van het draaipunt verplaatst zijdelings niet, derhalve ontwikkelt zich aldaar de neutrale gronddruk. Tussen de passieve gronddruk aan de bovenzijde van de poer en de neutrale gronddruk aan de onderzijde van de poer wordt rechtlijnig geïnterpoleerd.

In formules:

- Rechts = passieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van passieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{hp} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_p * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 18 \text{ E-6} * 886.2 * 1200^2 * [0.62 * (300 / 2 + 1200/4) \\
 &\quad + 2.24 * (300 + 1200/4)] = 1\text{E+4E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (opwaarts):

$$\begin{aligned}
 - F_{vp} &= B * H * [TnC + sg * (\lambda_p - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\
 &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\
 &= 886.2 * 1200 * [9.14\text{E-3} + 18\text{E-6} * (2.24 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\
 &\quad * (300 / 2 + 1200/6)] * (0.5 * 886.2) / 1279 = 4928 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{hp} &= sg * B * H * [\lambda_n * (D/2 + H/3) + \lambda_p * (D/2 + H/6)] \\
 &= 18\text{E-6} * 886.2 * 1200 * [0.62 * (300 / 2 + 1200/3) \\
 &\quad + 2.24 * (300 / 2 + 1200/6)] = 21506 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Aan de tegenovergelegen linkerzijde ontwikkelt zich iets dergelijks, nl. aan de bovenzijde komt de poer het meest vrij van de grond (actieve gronddruk), terwijl ook hier de poer ter hoogte van het draaipunt niet zijdelings verplaatst (neutrale gronddruk).

In formules:

- Links = actieve gronddruk:

Resultierend moment ten opzichte van draaipunt A (ten gevolge van actieve gronddruk):

$$\begin{aligned}
 - M_{ha} &= 1/3 * sg * B * H^2 * [\lambda_n * (D/2 + H/4) + \lambda_a * (D + H/4)] \\
 &= 1/3 * 18\text{E-6} * 886.2 * 1200^2 * [0.62 * (300 / 2 + 1200/4) \\
 &\quad + 0.45 * (300 + 1200/4)] = 4178 \text{ E3 Nmm}
 \end{aligned}$$

Verticale schuifkracht (neerwaarts):

$$\begin{aligned}
 - F_{va} &= B * H * [TnC + sg * (\lambda - a - \lambda - n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\
 &\quad * (0.5 * B) / R_{max} \\
 &= 886.2 * 1200 * [9.14E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\
 &\quad * (300 / 2 + 1200/6)] * (0.5 * 886.2) / 1279 = 3204 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Horizontale normaalkracht:

$$\begin{aligned}
 - F_{ha} &= sg * B * H * [\lambda - n * (D/2 + H/3) + \lambda - a * (D/2 + H/6)] \\
 &= 18E-6 * 886.2 * 1200 * [0.62 * (300 / 2 + 1200/3) \\
 &\quad + 0.45 * (300 / 2 + 1200/6)] = 9491 \text{ N}
 \end{aligned}$$

c) Het berekenen van de maximale toelaatbare gronddruk tegen de onderkant van de poer (F_{vo} ; M_{vo}) gaat als volgt.

Er wordt vanuit gegaan, dat een driehoekig grondspanningsverloop ontstaat tegen de rechterhelft van de onderkant van de poer:

- Verticale kracht ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Moment (rechtsom) ten gevolge van gronddruk tegen onderkant poer:

$$- M_{vo} = 1/6 * S_{gr} * B^3 = 1/6 * 0.100 * (886.2)^3 = 11601E3 \text{ Nmm}$$

d) Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende neerwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned}
 - M_{p\_neerw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + (F_{vp} + F_{va}) * B / 2 + M_{vo} \\
 &= 7189 + 1E+4 - 4178 + (4928 + 3204) * 0.8862 / 2 + 1E+4 = 3E+7 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie:

Bij onderheide poeren wordt de neerwaartse verticale belasting opgenomen door de heipalen.

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned}
 - F_{h\_neerw} &= F_{hz} + F_{hp} - F_{ha} \\
 &= 8202 + 21506 - 9491 = 20218 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Indien de poer op een juiste manier is verankerd aan de heipaal is in principe een veel grotere horizontale oplegreactie mogelijk.

6.9.5.93 Kantelstabiliteit bij opwaartse belasting (in gebruikstoestand):

Op analoge wijze kan de kantelstabiliteit van de poeren worden berekend bij opwaarts bezwijken. Dit treedt altijd op bij een resulterende opwaartse belasting maar kan ook optreden bij een geringe neerwaartse belasting. De poeren worden alleen nu verondersteld omhoog te willen en enigszins te kantelen om het rechterbenedenpunt B. Hierdoor veranderen de wrijvingskrachten tegen zij- en kopvlakken. Ten gevolge van de opwaartse belasting vervalt de gronddruk tegen de onderkant van de poer. Het verticale evenwicht speelt nu wel een rol. In feite is er bij opwaartse belasting geen onderscheid tussen een niet-onderheide poer en een poer op palen.

- Moment ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

Maximale hefboomsarm ten opzichte van het draaipunt B:

$$- R_{\max} = (B^2 + H^2)^{1/2} = (886.2^2 + 1200^2)^{1/2} = 1492 \text{ mm}$$

De totale momentcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de beide zijwanden van de poer kan door integratie bepaald worden. Uitschrijven resulteert in de volgende formule:

$$\begin{aligned} - M_{wz} &= \frac{2 \cdot H \cdot B}{R_{\max}} \cdot \left[T_n A \cdot \left(\frac{B^2}{3} + \frac{H^2}{3} \right) - s_g \cdot H \cdot \lambda_{\text{p}} - n \cdot \tan(\phi_i) \cdot \left(\frac{B^2}{6} + \frac{H^2}{4} \right) \right] \\ &= \frac{2 \cdot 1200 \cdot 886.2}{1492} \cdot \left[11.9 \text{E-}3 \cdot \left(\frac{886.2^2}{3} + \frac{1200^2}{3} \right) - 18 \text{E-}6 \cdot \tan(23^\circ) \cdot \left(\frac{886.2^2}{6} + \frac{1200^2}{4} \right) \right] = 8724 \text{E}3 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

- De verticale kracht ten gevolge van de wrijving tegen de zijvlakken van de poer kan op een soortgelijke manier bepaald worden.

Belastingcapaciteit ten gevolge van wrijving tegen de zijwand:

$$\begin{aligned} - F_{vz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n C \cdot 0.5 \cdot B / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 1200 \cdot 886.2 \cdot 9.14 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 886.2 / 1492 = 5776 \text{ N} \end{aligned}$$

- Horizontale kracht ten gevolge van wrijving tegen de zijvlakken:

$$\begin{aligned} - F_{hz} &= 2 \cdot H \cdot B \cdot T_n D \cdot 0.5 \cdot H / R_{\max} \\ &= 2 \cdot 1200 \cdot 886.2 \cdot 8.22 \text{E-}3 \cdot 0.5 \cdot 1200 / 1492 = 7034 \text{ N} \end{aligned}$$

- Wrijving tegen de kopvlakken van de poer:

Passief:

$$\begin{aligned} - F_{vp} &= B \cdot H \cdot [T_n C + s_g \cdot (\lambda_{\text{p}} - \lambda_{\text{n}}) \cdot \tan(\phi_i) \cdot (D/2 + H/6)] \\ &= 886.2 \cdot 1200 \cdot [9.14 \text{E-}3 + 18 \text{E-}6 \cdot (2.24 - 0.62) \cdot \tan(23^\circ) \\ &\quad \cdot (300 / 2 + 1200/6)] = 14225 \text{ N} \end{aligned}$$

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 673
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

Actief:

$$\begin{aligned} - Fva &= B * H * [TnC + sg * (\lambda_a - \lambda_n) * \tan(\phi) * (D/2 + H/6)] \\ &= 886.2 * 1200 * [9.14E-3 + 18E-6 * (0.45 - 0.62) * \tan(23^\circ) \\ &\quad * (300/2 + 1200/6)] = 9248 \text{ N} \end{aligned}$$

Met behulp van de afgeleide grootheden kan de kantelstabiliteit van de poeren bij een resulterende opwaartse belasting worden afgeleid:

- Maximaal reactie-moment (linksom = +):

$$\begin{aligned} - M_{p\_opw} &= M_{wz} + M_{hp} - M_{ha} + Fva * B \\ &= 8724 + 12417 - 4178 + 9248 * 0.8862 = 25160 \text{ Nm} \end{aligned}$$

- Maximale verticale oplegreactie (opwaarts = +):

$$\begin{aligned} - Fv_{opw} &= Fvz + Fva + Fvp \\ &= 5776 + 9248 + 14225 = 29250 \text{ N} \end{aligned}$$

- Maximale horizontale oplegreactie (van rechts naar links = +):

$$\begin{aligned} - Fh_{opw} &= Fhz + Fhp - Fha \\ &= 7034 + 21506 - 9491 = 19049 \text{ N} \end{aligned}$$

6.10 B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

6.10.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspankolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat
 (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (0.00 * 560) =	0 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	370 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 370 * 12.40 / 2 * 4.00	=	9176 N
- E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2396 / 2	=	1198 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.00	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	10654 N	
Fvg' = -N' =	10654 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 560) =	560 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(0.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	930 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 930 * 12.40 / 2 * 4.00	=	23064 N
- E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2396 / 2	=	1198 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.00	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	24542 N	
Fvg = -N =	24542 N	

6.10.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $370 * 12.40 * 4.00 = 18352 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 21028 N
 Fvk' = -N' = 21028 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $930 * 12.40 * 4.00 = 46129 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 48805 N
 Fvk = -N = 48805 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/231 * |48805| * 1 = 211 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/231 * |21028| * 1 = 91 \text{ N}$

$F_{hk}' = 91 / (1 + 1) = 46 \text{ N}$, $F_{hk} = 211 / (1 + 1) = 106 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 91 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = 27 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

- c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.10.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$\frac{h-h_{gd}}{h}$	$\frac{h-h_{or}}{h}$	$\frac{h-h_{br}}{h}$	$\frac{M_{wl}}{h}$	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	$= 0 \quad \quad \quad \text{N}$

6.10.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 4.00/2 * (4.00-4.00) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-24542|}{940559} + \frac{|0|}{46590} = 0.026$$

controle: $0.026 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma} = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-24542|}{3035.6} + \frac{|0|}{175.243} = 8.1 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 8.1 / 275.0 = 0.029$$

controle: $0.029 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= \text{Cmy} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-24542| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ \text{Ky.3} &= \text{Cmy} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-24542| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.93 \\ \text{Ky.b} &= \min(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \min(0.92, 0.93) = 0.92 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-24542| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.92 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.037 + 0.000 = 0.037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-24542| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.037 + 0.000 = 0.037 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.037, 0.037) = 0.037$$

controle: $0.037 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.01 \\
 & \text{Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$u2\text{-sk}' = 1.01 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } \text{utoel-sk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$0.00 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.1 : a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.10.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 108.79$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 40638 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3185 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5798$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25)) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 3.7}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 3.7}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 680
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 108.79
 kipmoment Mcr = 40638 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3185 lambdarel.z = 0.7589
 factor phiLT = 0.5798
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6880 Chiy = 0.4315

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 682
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 108.79
 kipmoment Mcr = 40638 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3185 lambdarel.z = 0.7589
 factor phiLT = 0.5798
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6880 Chiy = 0.4315

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 684
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.10.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.00 * 2320 * 4.000^2 = 4640 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 4640 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 106 = 106 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{106 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 122 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 106 / (2*2) = 26 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(122^2 + 2 * 26^2)^{1/2}}{113} = 1.1 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $1.1 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 24542	N (10654 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 106	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 106	N

6.10.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = 10681 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $F_{egk}' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $G_{fund} = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $G_{rand} = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 43534 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (0 + 46) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 68 \text{ Nm}$
 - Verticaal : M_{vp} (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} = 68 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |43534| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 19290 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} = -19222 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $68 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-19222 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|43534 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $46 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.1: a0) Dead load + Services + Snow (without snow removal)

6.11 B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

6.11.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

$$\begin{aligned} \text{- Windfactor 1e kaphelft: } (+0.2 - (-0.4)) &= 0.6 \\ &\text{-----} + \\ \text{Gemiddelde windfactor} &= 0.6 / 1 = 0.60 \end{aligned}$$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.00 * 300) &= 300 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Gewasbelasting } (1.00 * 0) &= 0 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Installaties } (1.00 * 70) &= 70 \text{ N/m}^2 \\ &\text{-----} + \\ \text{Totaal : } &370 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 370 * 12.40 / 2 * 4.00 = 9176 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.00 * 2396 / 2 = 1198 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 1.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ \text{- Transportlast} &= 0.00 * \max(0, 1000) + 1.00 * 0 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Totaal} &= 10654 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (+0.60) * (1.00 * 745) = 11087 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg' = -N'} &= 21740 \text{ N} \end{aligned}$$

In rekentoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.20 * 300) &= 360 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Gewasbelasting } (1.50 * 0) &= 0 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Installaties } (1.20 * 70) &= 84 \text{ N/m}^2 \\ &\text{-----} + \\ \text{Totaal : } &445 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 445 * 12.40 / 2 * 4.00 = 11025 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.20 * 70 * 4.00 = 336 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.20 * 2396 / 2 = 1439 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 1.20 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ \text{- Transportlast} &= 0.00 * \max(0, 1000) + 1.20 * 0 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Totaal} &= 12801 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (+0.60) * (1.50 * 745) = 16630 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg = -N} &= 29430 \text{ N} \end{aligned}$$

6.11.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $370 * 12.40 * 4.00 = 18352 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 21028 N

- Windbelasting:

= $12.40 * 4.00 * ((-0.40 - 0.50)/2 - (-0.40)) * (1.00 * 745) = -1848 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = 19180 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $445 * 12.40 * 4.00 = 22050 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.20 * 70 * 4.00 = 336 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.20 * 2396 = 2878 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 25265 N

- Windbelasting = $12.40 * 4.00 * (-0.2 - (-0.4)) * (1.50 * 745) = -2772 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = 22493 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $12.4/2 * \tan 25 = 2.89 \text{ m}$

- Wvdek(links) = wvfa = +0.200

- Wvdek(rechts) = wvff = -0.400

----- -
 Gemiddelde: Wvdek = +0.6

Fhw,dek = $0.6 * 1.50 * 745 * 2.89 * 4.00 = 7755 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.50 * 745 * 4.00 * 4.00 = 17684 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $7755 + 0.5 * 17684 * 4.0 / (4.0 - 0.01 - 0.50/2) = 17207 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/231 * |22493| * 1 = 97 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot = 17304 N

Fhk = $17304 / (1 + 1) = 8652 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $11471 + 1/231 * |19180| * 1 = 11554 \text{ N}$

Fhk' = $11554 / (1 + 1) = 5777 \text{ N}$, Fhk = $17304 / (1 + 1) = 8652 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

3.74
 - Fpsk' = $-11554 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = -3487 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over drie steunpunten te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.25
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * h_{o,zgk} * (0.6 - (-0.4)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.25 * 4.000 \text{ m} * (0.6 - (-0.4)) * 1.50 * 745 = 5836.5 \text{ N/m}$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N + 0 \quad \quad \quad N = 0 \quad \quad \quad N$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.11.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 11673 + 0 + 0 + 0 + 0 = 11673 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 7782 + 0 + 0 + 0 + 0 = 7782 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 23346 + 0 + 0 + 0 - 11673 = 11673 \quad N
 \end{aligned}$$

6.11.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	= 11673	= 11673 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	= 11673 - 23346	= -11673 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	= -11673 - 0	= -11673 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	= -11673 - -2956	= -8717 N
	Qbor = Qoor - For	= -8717 - 0	= -8717 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	= -8717 - 2898	= -11615 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	= -11615 - 0	= -11615 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	= -11615 - 58	= -11673 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:
 - Windstuwdruk + onderdruk: $5837 * 2.00/2 * (4.00-2.00) = 11673 \text{ Nm}$
 ----- +
 Totaal: Mmax,sk = 11673 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-29430|}{940559} + \frac{|11673|}{46590} = 0.282$$

controle: $0.282 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-29430|}{3035.6} + \frac{|11673|}{175.243} = 76.3 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 76.3 / 275.0 = 0.277$$

controle: $0.277 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= Cmy * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-29430| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ Ky.3 &= Cmy * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-29430| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.93 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.92, 0.93) = 0.92 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-29430| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.92 * |11673.1| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.044 + 0.231 = 0.275 \\ UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-29430| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.55 * |11673.1| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.044 + 0.138 = 0.183 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: } UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.275, 0.183) = 0.275$$

controle: $0.275 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{5.837 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 7.03 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 7.03 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 4.68 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = \frac{1558264}{|-21740|} = 71.68 \\
 & \text{- } nysk' / nysk' - 1 = 1.01
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-sk}' = 1.01 \cdot 4.68 = 4.75 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-sk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{- controle: } 4.8 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.2 : a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.11.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$\begin{aligned}
 & \text{- } Q_w, z_{gg} = z_{gghohmax} \cdot (0.6 - (-0.4)) \cdot \gamma \cdot q_{wind}(\text{ongereducerd}) \\
 & \quad = 1.600 \text{ m} \cdot (0.6 - (-0.4)) \cdot 1.50 \cdot 745 = 1868 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 0$	N,	$N_{sg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{3035}{4123} + \frac{0}{521} = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{3035}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 202.4 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 202.4 / 275.0 = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.6102 \quad C_2 = -0.011$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \text{ mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 96.207$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 35937 \text{ Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3387 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 3034.99$, $M_2 = 0.00$, $M_s = -1517.50$, $M_{kip} = 485.60$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.66$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|3035.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.294 + 0.000 = 0.294$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|3035.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.736 + 0.000 = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 695
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 8.57 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 8.57 / 26.67 = 0.32$$

controle: 0.32 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 8.57 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 8.57 / 26.67 = 0.32$$

controle: 0.32 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{3035}{4123} + \frac{0}{521} = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{3035}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 202.4 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 202.4 / 275.0 = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3387 \quad \text{lambda}rel.z = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 1.0000 \quad \text{Chiz} = 0.6880 \quad \text{Chiy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 3034.99$, $M2 = 0.00$, $Ms = -1517.50$, $Mkip = 485.60$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\text{Chi}y * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|3035.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.294 + 0.000 = 0.294 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\text{Chiz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|3035.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.736 + 0.000 = 0.736$$

controle: 0.736 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 697
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 8.57 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 8.57 / 26.67 = 0.32$$

controle: 0.32 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 8.57 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 8.57 / 26.67 = 0.32$$

controle: 0.32 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{1751}{4123} + \frac{0}{521} = 0.425$$

controle: 0.425 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{1751}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 116.8 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 116.8 / 275.0 = 0.425$$

controle: 0.425 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \text{ mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \text{ Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{brel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 1750.96$, $M2 = 0.00$, $Ms = -875.48$, $Mkip = 280.15$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1751.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.170 + 0.000 = 0.170 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1751.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.425 + 0.000 = 0.425$$

controle: 0.425 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 699
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.94 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.94 / 26.67 = 0.19$$

controle: 0.19 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.94 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.94 / 26.67 = 0.19$$

controle: 0.19 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.11.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * p_h = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * p_h + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilatatieën en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.20 * 2320 * 4.000^2 = 5575 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 5575 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 11673 + 8652 = 20325 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{20325 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 23452 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 20325 / (2 * 2) = 5081 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(23452^2 + 2 * 5081^2)^{1/2}}{113} = 209.8 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $209.8 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 29430	N (21740 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 8652	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 11673	N (7782 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 20325	N

6.11.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $Fvk' = Fvg' + Fpsk' = 18254 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $Gfund = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $Grand = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = 51106 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = (Rf' + Fhk') \cdot (fh + D + H)$
 $= (7782 + 5777) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 20339 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 20339 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |51106| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 22646 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -2307 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $20339 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-2307 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|51106 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $13559 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.2: a11) Dead load + Services + Wind + Crop

6.12 B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

6.12.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)=	300 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.00 * 694) =	694 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.00 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.00 * 70) =	70 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1064 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 1064 * 12.40 / 2 * 4.00	=	26398 N
- E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00	=	280 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2396 / 2	=	1198 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.00	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.00*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	27876 N	
Fvg' = -N' =	27876 N	

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.20 * 300)=	360 N/m ²	
- Sneeuwbelasting (1.50 * 694) =	1042 N/m ²	
- Gewasbel.(winter)(1.50 * 0) =	0 N/m ²	
- Installaties (1.20 * 70) =	84 N/m ²	
----- +		
Totaal :	1486 N/m ²	
- Neerwaartse belasting gevel = 1486 * 12.40 / 2 * 4.00	=	36858 N
- E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.20 * 70 * 4.00	=	336 N
- Eigen gewicht van het spant = 1.20 * 2396 / 2	=	1439 N
- E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.20 * 0 * 4.00	=	0 N
- Transportlast = 0.00 * max(0 , 1000) + 1.20*0	=	0 N
----- +		
Totaal =	38633 N	
Fvg = -N =	38633 N	

6.12.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom	= 1064 * 12.40 * 4.00	= 52796 N
- Eigen gewicht van de goot	= 1 * 1.00 * 70 * 4.00	= 280 N
- Eigen gewicht van het spant	= 1.00 * 2396	= 2396 N
	----- +	
	Totaal	= 55471 N
	Fvk' = -N'	= 55471 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom	= 1486 * 12.40 * 4.00	= 73715 N
- Eigen gewicht van de goot	= 1 * 1.20 * 70 * 4.00	= 336 N
- Eigen gewicht van het spant	= 1.20 * 2396	= 2878 N
	----- +	
	Totaal	= 76930 N
	Fvk = -N	= 76930 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/231 * |76930| * 1 = 333 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/231 * |55471| * 1 = 240 \text{ N}$

$F_{hk}' = 240 / (1 + 1) = 120 \text{ N}$, $F_{hk} = 333 / (1 + 1) = 167 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 240 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = 72 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
 - Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.12.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$h-h_{gd}$	$h-h_{or}$	$h-h_{br}$	M_{wl}	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	N

6.12.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 -	0 =	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 -	0 =	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 -	0 =	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 -	0 =	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 -	0 =	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 -	0 =	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 -	0 =	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 4.00/2 * (4.00-4.00) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-38633|}{940559} + \frac{|0|}{46590} = 0.041$$

controle: $0.041 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma: } \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-38633|}{3035.6} + \frac{|0|}{175.243} = 12.7 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 12.7 / 275.0 = 0.046$$

controle: $0.046 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= \text{Cmy} * (1.0 + (\lambda_{b,darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-38633| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.93 \\ \text{Ky.3} &= \text{Cmy} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-38633| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.94 \\ \text{Ky.b} &= \min(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \min(0.93, 0.94) = 0.93 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-38633| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.93 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.058 + 0.000 = 0.058 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * M_{y,Rk} / 1.0) \\ &= |-38633| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.56 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.058 + 0.000 = 0.058 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.058, 0.058) = 0.058$$

controle: $0.058 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk'-1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - nysk' = 1558264 / |-27876| = 55.90 \\
 & \text{- } nysk'/nysk'-1 = 1.02
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-sk}' = 1.02 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } utoel\text{-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } utoel\text{-sk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{- controle: } 0.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.3 : a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.12.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 108.79$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 40638 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3185 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5798$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.40$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 709
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8027 \quad C2 = 0.0000 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 108.79 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 40638 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.3185 \quad \lambda_{barel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5798 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 0.00$, $M2 = 0.00$, $Ms = 0.00$, $Mkip = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.40 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 711
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 108.79
 kipmoment Mcr = 40638 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3185 lambdarel.z = 0.7589
 factor phiLT = 0.5798
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6880 Chiy = 0.4315

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * lambdarel.y * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * lambdarel.z / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambdarel.z} < 0.4, \min(0.6 + \text{lambdarel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 713
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.12.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.20 * 2320 * 4.000^2 = 5575 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 5575 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspanthoek met de randfundering moet de helft van de totale lokale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspanthoek aansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rektoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 167 = 167 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} \cdot h_{rd}}{(b_{rd} - 2 \cdot (a_{hs} + t_{hs})) \cdot n_{hs}} \\ &= \frac{167 \cdot 300}{(250 - 2 \cdot (50 + 10)) \cdot 2} = 192 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 \cdot n_{hs}) = 167 / (2 \cdot 2) = 42 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 \cdot d_{sp}^2 = \pi/4 \cdot 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 \cdot V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(192^2 + 2 \cdot 42^2)^{1/2}}{113} = 1.7 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $1.7 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 38633	N (27876 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 167	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 167	N

6.12.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = 27948 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $F_{egk}' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $G_{fund} = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $G_{rand} = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 60801 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (0 + 120) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 180 \text{ Nm}$
 - Verticaal : M_{vp} (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} = 180 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |60801| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 26942 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} = -26761 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $180 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-26761 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|60801 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $120 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.3: a21) Dead Load + Services + Snow + Psi_Crop

6.13 B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

6.13.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

$$\begin{aligned} \text{- Windfactor 1e kaphelft: } (-0.2 - (+0.2)) &= -0.4 \\ &\text{-----} + \\ \text{Gemiddelde windfactor} &= -0.4 / 1 = -0.44 \end{aligned}$$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.00 * 300) &= 300 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 300 * 12.40 / 2 * 4.00 = 7440 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.00 * 2396 / 2 = 1198 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 8918 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (-0.44) * (1.00 * 745) = -8182 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg}' &= -N' = 736 \text{ N} \end{aligned}$$

In rekentoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (0.90 * 300) &= 270 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 270 * 12.40 / 2 * 4.00 = 6696 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 0.90 * 70 * 4.00 = 252 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 0.90 * 2396 / 2 = 1078 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 8026 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (-0.44) * (1.50 * 745) = -12273 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg} &= -N = -4247 \text{ N} \end{aligned}$$

6.13.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 12.40 * 4.00 = 14880 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 17556 N

- Windbelasting:

= $12.40 * 4.00 * ((-0.40 - 0.40)/2 - (+0.20)) * (1.00 * 745) = -22173 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = -4617 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $270 * 12.40 * 4.00 = 13392 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 0.90 * 70 * 4.00 = 252 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $0.90 * 2396 = 2156 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 15800 N

- Windbelasting = $12.40 * 4.00 * (-0.2 - (+0.2)) * (1.50 * 745) = -33260 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = -17460 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $12.4/2 * \tan 25 = 2.89 \text{ m}$

- Wvdek(links) = wvfa = -0.243

- Wvdek(rechts) = wvff = -0.400

----- -
 Gemiddelde: Wvdek = +0.2

Fhw,dek = $0.2 * 1.50 * 745 * 2.89 * 4.00 = 2032 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.50 * 745 * 4.00 * 4.00 = 17684 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $2032 + 0.5 * 17684 * 4.0 / (4.0 - 0.01 - 0.50/2) = 11484 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/231 * |-17460| * 1 = 76 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot = 11560 N

Fhk = $11560 / (1 + 1) = 5780 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $7656 + 1/231 * |-4617| * 1 = 7676 \text{ N}$

Fhk' = $7676 / (1 + 1) = 3838 \text{ N}$, Fhk = $11560 / (1 + 1) = 5780 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

3.74
 - Fpsk' = $-7676 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = -2316 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over drie steunpunten te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.25
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, z_{gk} = \text{oplegfactor} * \text{hohz}_{gk} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.25 * 4.000 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 2483.7 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.13.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 4967 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4967 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 3312 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3312 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 9935 + 0 + 0 + 0 - 4967 = 4967 \quad N
 \end{aligned}$$

6.13.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	4967	=	4967 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	4967 - 9935	=	-4967 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-4967 - 0	=	-4967 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-4967 - -1258	=	-3709 N
	Qbor = Qoor - For	=	-3709 - 0	=	-3709 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-3709 - 1233	=	-4943 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-4943 - 0	=	-4943 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-4943 - 25	=	-4967 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2484 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	4967 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	4967 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	4247	4967
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	940559	46590

UCsterkte = ----- + ----- = 0.111

controle: 0.111 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	4247	4967
-----	-----	-----	-----
A	Wpl.y	3035.6	175.243

Sigma: ----- + ----- = 29.7 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 29.7 / 275.0 = 0.108

controle: 0.108 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Blad 722
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAZABgA

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{2.484 \cdot 4000}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 2.99 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 2.99 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 1.99 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de spantkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-sk' = u1-sk' = 1.99 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: utoel-sk} = 26.67 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 2.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.4 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.13.5 Controle van de zijgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Q_w, zgg = zgg_{hohmax} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}(ongereducerd)$$

$$= 1.600 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 795 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{M_{z,c,Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{1292}{4123} + \frac{0}{521} = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} + \frac{|M_{z,Ed}|}{W_{pl,z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{1292}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 86.2 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 86.2 / 275.0 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.6102 \quad C_2 = -0.011$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 96.207$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 35937 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3387 \quad \lambda_{b,dareL,z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1291.55$, $M_2 = 0.00$, $M_s = -645.77$, $M_{kip} = 206.65$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy,2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL,y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy,b} = \min(K_{yy,2}, K_{yy,3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz,2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL,z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz,3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy,b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL,z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL,z}, K_{zz,2}), \max(K_{zz,2}, K_{zz,3}))$$

$$K_{zy,b} = 1.00$$

$$K_{yz,b} = K_{zz,b} = 0.66$$

$$UC_{stab,1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{yz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.125 + 0.000 = 0.125$$

$$UC_{stab,2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy,b} * \frac{|M_{y,Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y,Rk} / 1.0} + K_{zz,b} * \frac{|M_{z,Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z,Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.313 + 0.000 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 725
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{1292}{4123} + \frac{0}{521} = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{1292}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 86.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 86.2 / 275.0 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{barel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{iLT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{iLT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 1291.55$, $M2 = 0.00$, $Ms = -645.77$, $Mkip = 206.65$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{iLT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.125 + 0.000 = 0.125 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{iLT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.313 + 0.000 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 727
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{745}{4123} + \frac{0}{521} = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{745}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 49.7 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 49.7 / 275.0 = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{brel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 745.12$, $M2 = 0.00$, $Ms = -372.56$, $Mkip = 119.22$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi_{LT} * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.431 * 140949 / 1.0) + 0.40 * (|745.1| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.072 + 0.000 = 0.072 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi_{LT} * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.688 * 140949 / 1.0) + 1.00 * (|745.1| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.181 + 0.000 = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 729
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 2.10 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 2.10 / 26.67 = 0.08$$

controle: $0.08 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 2.10 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 2.10 / 26.67 = 0.08$$

controle: $0.08 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.13.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 0.90 * 2320 * 4.000^2 = 4176 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 4176 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanhoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 4967 + 5780 = 10747 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{10747 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 12401 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 10747 / (2 * 2) = 2687 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(12401^2 + 2 * 2687^2)^{1/2}}{113} = 110.9 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $110.9 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = -4247	N (736	N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m	
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 5780	N	
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 4967	N (3312	N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 10747	N	

6.13.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $F_{vk}' = F_{vg}' + F_{psk}' = -1580 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $F_{egk}' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $G_{fund} = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $G_{rand} = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $F_{vp} = 31272 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $M_{hp} = (R_f' + F_{hk}') \cdot (f_h + D + H)$
 $= (3312 + 3838) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 10724 \text{ Nm}$
 - Verticaal : M_{vp} (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} + M_{vp} = 10724 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $M_{vp} = |F_{vp}| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |31272| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 13857 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $M_p = M_{hp} - M_{vp} = -3133 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $10724 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-3133 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|31272 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $7150 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.4: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay up wind)

6.14 B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

6.14.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

$$\begin{aligned} \text{- Windfactor 1e kaphelft: } (+0.3 - (+0.2)) &= 0.1 \\ &\text{-----} + \\ \text{Gemiddelde windfactor} &= 0.1 / 1 = 0.10 \end{aligned}$$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.00 * 300) &= 300 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 300 * 12.40 / 2 * 4.00 = 7440 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.00 * 2396 / 2 = 1198 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 8918 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (+0.10) * (1.00 * 745) = 1848 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg}' = -N' &= 10766 \text{ N} \end{aligned}$$

In rekentoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (0.90 * 300) &= 270 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 270 * 12.40 / 2 * 4.00 = 6696 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 0.90 * 70 * 4.00 = 252 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 0.90 * 2396 / 2 = 1078 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 8026 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (+0.10) * (1.50 * 745) = 2772 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg} = -N &= 10798 \text{ N} \end{aligned}$$

6.14.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 12.40 * 4.00 = 14880 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 17556 N

- Windbelasting:

= $12.40 * 4.00 * ((-0.40 - 0.40)/2 - (+0.20)) * (1.00 * 745) = -22173 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = -4617 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $270 * 12.40 * 4.00 = 13392 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 0.90 * 70 * 4.00 = 252 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $0.90 * 2396 = 2156 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 15800 N

- Windbelasting = $12.40 * 4.00 * (-0.2 - (+0.2)) * (1.50 * 745) = -33260 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = -17460 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $12.4/2 * \tan 25 = 2.89 \text{ m}$

- Wvdek(links) = wvfa = +0.300

- Wvdek(rechts) = wvff = -0.400

----- -
 Gemiddelde: Wvdek = +0.7

Fhw,dek = $0.7 * 1.50 * 745 * 2.89 * 4.00 = 9047 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.50 * 745 * 4.00 * 4.00 = 17684 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $9047 + 0.5 * 17684 * 4.0 / (4.0 - 0.01 - 0.50/2) = 18499 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/231 * |-17460| * 1 = 76 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot = 18575 N

Fhk = $18575 / (1 + 1) = 9287 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = $12333 + 1/231 * |-4617| * 1 = 12353 \text{ N}$

Fhk' = $12353/(1 + 1) = 6176 \text{ N}$, Fhk = $18575/(1 + 1) = 9287 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

3.74
 - Fpsk' = $-12353 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = -3728 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over drie steunpunten te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.25
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_w, z_{gk} = \text{oplegfactor} * \text{hohzgk} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{\text{wind}}$
 $= 1.25 * 4.000 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 2483.7 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.14.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 4967 + 0 + 0 + 0 + 0 = 4967 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 3312 + 0 + 0 + 0 + 0 = 3312 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 9935 + 0 + 0 + 0 - 4967 = 4967 \quad N
 \end{aligned}$$

6.14.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	4967	=	4967 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	4967 - 9935	=	-4967 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	-4967 - 0	=	-4967 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	-4967 - 1258	=	-3709 N
	Qbor = Qoor - For	=	-3709 - 0	=	-3709 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	-3709 - 1233	=	-4943 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	-4943 - 0	=	-4943 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	-4943 - 25	=	-4967 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	2484 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	=	4967 Nm
			----- +
Totaal:	Mmax,sk	=	4967 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-10798|}{940559} + \frac{|4967|}{46590} = 0.118$$

controle: 0.118 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-10798|}{3035.6} + \frac{|4967|}{175.243} = 31.9 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 31.9 / 275.0 = 0.116$$

controle: 0.116 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} Ky.2 &= C_{my} * (1.0 + (\lambda_{b,rel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-10798| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.91 \\ Ky.3 &= C_{my} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-10798| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.91 \\ Ky.b &= \min(Ky.2, Ky.3) = \min(0.91, 0.91) = 0.91 \\ Kz.b &= 0.6 * Ky.b = 0.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.1} &= |N_{Ed}| / (Chiy * NRk / 1.0) + Ky.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10798| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.91 * |4967.5| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.016 + 0.097 = 0.113 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC_{stab.2} &= |N_{Ed}| / (Chiz * NRk / 1.0) + Kz.b * |M_{y,Ed}| / (1.00 * My.Rk / 1.0) \\ &= |-10798| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.54 * |4967.5| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.016 + 0.058 = 0.074 \end{aligned}$$

$$Maatgevend: UC_{stab.b} = \max(UC_{stab.1}, UC_{stab.2}) = \max(0.113, 0.074) = 0.113$$

controle: 0.113 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

Project : NAUTIX

Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO

Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -

Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 738

SP9 Versie: 3.10.P

Versie: 2.01

ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

(halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned} & \frac{5}{384} \cdot \frac{2.484 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 2.99 \text{ mm} \\ & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \end{aligned}$$

(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)

$$\begin{aligned} & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 2.99 \text{ mm} \\ & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 1.99 \text{ mm)} \end{aligned}$$

d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

Aangezien de spantkolommen, vanwege de grote windzuiging, op trek worden belast, is de vergrotingsfactor gelijk aan 1.0.
 Dus de 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$- u2-sk' = u1-sk' = 2.01 \text{ mm}$$

e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$- \text{utoel-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm}$$

$$- 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: utoel-sk} = 26.67 \text{ mm}$$

f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$- \text{controle: } 2.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid bij B.C.5 : b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.14.5 Controle van de zijgevelgordingen:

a) Berekening van de krachtsverdeling:

- Windstuwdruk + onderdruk:

Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:

De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.

$$- Qw, zgg = zgg_{hohmax} * (0.6 - (+0.2)) * \gamma * q_{wind}(ongereducerd)$$

$$= 1.600 \text{ m} * (0.6 - (+0.2)) * 1.50 * 745 = 795 \text{ N/m}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normaalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normaalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{1292}{4123} + \frac{0}{521} = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{1292}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 86.2 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 86.2 / 275.0 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.6102 \quad C_2 = -0.011$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 96.207$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 35937 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL} = 0.3387 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 1291.55$, $M_2 = 0.00$, $M_s = -645.77$, $M_{kip} = 206.65$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25)) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25)) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25)) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.66$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.125 + 0.000 = 0.125$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{(|1291.5| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.313 + 0.000 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 741
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{1292}{4123} + \frac{0}{521} = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{1292}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 86.2 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 86.2 / 275.0 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{brel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 1291.55$, $M2 = 0.00$, $Ms = -645.77$, $Mkip = 206.65$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0) + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi_{LT} * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.431 * 140949 / 1.0) + 0.40 * (|1291.5| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.125 + 0.000 = 0.125 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0) + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\chi_{LT} * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.688 * 140949 / 1.0) + 1.00 * (|1291.5| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.313 + 0.000 = 0.313$$

controle: 0.313 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 743
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 3.65 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 3.65 / 26.67 = 0.14$$

controle: 0.14 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{745}{4123} + \frac{0}{521} = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{745}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 49.7 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 49.7 / 275.0 = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \text{lambda}rel.LT = 0.3387 \quad \text{lambda}rel.z = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \text{phi}LT = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \text{Chi}LT = 1.0000 \quad \text{Chiz} = 0.6880 \quad \text{Chiy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 745.12$, $M2 = 0.00$, $Ms = -372.56$, $Mkip = 119.22$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \text{lambda}rel.y * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \text{Min}(Kyy.2, Kyy.3) = \text{Min}(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \text{lambda}rel.z / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (\text{CmLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\text{lambda}rel.z < 0.4, \text{Min}(0.6 + \text{lambda}rel.z, Kzz.2), \text{Max}(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = |Ned| / (\text{Chiy} * NRk / 1.0) \\ + Kyy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kyz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.431 * 140949 / 1.0) \\ + 0.40 * (|745.1| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.072 + 0.000 = 0.072 \\ UCstab.2 = |Ned| / (\text{Chiz} * NRk / 1.0) \\ + Kzy.b * (|My.Ed| + |Ned * eNy|) / (\text{Chi}LT * My.Rk / 1.0) + Kzz.b * (|Mz.Ed| + |Ned * eNz|) / (Mz.Rk / 1.0) \\ = |0| / (0.688 * 140949 / 1.0) \\ + 1.00 * (|745.1| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0) \\ = 0.000 + 0.181 + 0.000 = 0.181$$

controle: 0.181 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 745
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 2.10 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 2.10 / 26.67 = 0.08$$

controle: $0.08 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 2.10 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 2.10 / 26.67 = 0.08$$

controle: $0.08 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.14.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 0.90 * 2320 * 4.000^2 = 4176 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 4176 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanhoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 4967 + 9287 = 14255 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{14255 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 16448 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd} / (2 * n_{hs}) = 14255 / (2 * 2) = 3564 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(16448^2 + 2 * 3564^2)^{1/2}}{113} = 147.1 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $147.1 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 10798	N (10766 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 9287	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 4967	N (3312 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 14255	N

6.14.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $Fvk' = Fvg' + Fpsk' = 7038 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $Gfund = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $Grand = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = 39891 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = (Rf' + Fhk') \cdot (fh + D + H)$
 $= (3312 + 6176) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 14232 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 14232 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |39891| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 17676 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -3444 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $14232 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-3444 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|39891 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $9488 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.5: b1) Dead load + Wind (Cpi positive, Cpe 1st bay down wind)

6.15 B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

6.15.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de (gemiddelde) windfactor op het dek bij de zijgevel:

$$\begin{aligned} \text{- Windfactor 1e kaphelft: } (-1.1 - (-0.3)) &= -0.8 \\ &\text{-----} + \\ \text{Gemiddelde windfactor} &= -0.8 / 1 = -0.77 \end{aligned}$$

b) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.00 * 300) &= 300 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 300 * 12.40 / 2 * 4.00 = 7440 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.00 * 2396 / 2 = 1198 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 8918 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (-0.77) * (1.00 * 745) = -14228 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg}' &= -N' = -5310 \text{ N} \end{aligned}$$

In rekentoestand:

$$\begin{aligned} \text{- Eigen gewicht dek } (1.20 * 300) &= 360 \text{ N/m}^2 \\ \text{- Neerwaartse belasting gevel} &= 360 * 12.40 / 2 * 4.00 = 8939 \text{ N} \\ \text{- E.g. goot bij de gevel} &= (1+1)/2 * 1.20 * 70 * 4.00 = 336 \text{ N} \\ \text{- Eigen gewicht van het spant} &= 1.20 * 2396 / 2 = 1439 \text{ N} \\ \text{- E.g. leidingen (incl. inhoud)} &= 0.00 * 0 * 4.00 = 0 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ &\text{Totaal} = 10715 \text{ N} \\ \text{- Windbelasting} &= 12.40/2 * 4.00 * (-0.77) * (1.50 * 745) = -21342 \text{ N} \\ &\text{-----} + \\ \text{Fvg} &= -N = -10627 \text{ N} \end{aligned}$$

6.15.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $300 * 12.40 * 4.00 = 14880 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 17556 N

- Windbelasting:

= $12.40 * 4.00 * ((-0.40 - 0.50)/2 - (-0.30)) * (1.00 * 745) = -5543 \text{ N}$

----- +
 Fvk' = -N' = 12012 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $360 * 12.40 * 4.00 = 17878 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.20 * 70 * 4.00 = 336 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.20 * 2396 = 2878 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 21093 N

- Windbelasting = $12.40 * 4.00 * (-0.2 - (-0.3)) * (1.50 * 745) = -8315 \text{ N}$

----- +
 Fvk = -N = 12778 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Kaphoogte = $12.4/2 * \tan 25 = 2.89 \text{ m}$

- Wvdek(links) = wvfa = -1.070

- Wvdek(rechts) = wvff = -0.400

----- -
 Gemiddelde: Wvdek = -0.7

Fhw,dek = $-0.7 * 1.50 * 745 * 2.89 * 4.00 = -8659 \text{ N}$

Fhw,gevel = $(0.6 + 0.3) * 1.50 * 745 * 4.00 * 4.00 = 17684 \text{ N}$

De windbelasting op het dek wordt volledig door de spanten en de kolommen afgedragen naar de fundering. De windbelasting op de zijgevels gaat gedeeltelijk rechtstreeks naar de randfundering. Het restant wordt door de spanten opgevangen. Bovendien moet bij druk rekening worden gehouden met een initiële scheefstand van de kolommen:

- wind Fh = $-8659 + 0.5 * 17684 * 4.0 / (4.0 - 0.01 - 0.50/2) = 793 \text{ N}$

- initiële scheefstand: Fh = $1/231 * |12778| * 1 = 55 \text{ N}$

----- +
 Totale hor. kracht in spantrichting: Fh,tot = 848 N

Fhk = 848 / (1 + 1) = 424 N

- In gebruikstoestand:

Fh,tot' = 529 + $1/231 * |12012| * 1 = 581 \text{ N}$

Fhk' = 581 / (1 + 1) = 290 N, Fhk = 848 / (1 + 1) = 424 N (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale windbelasting op de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (trek) in de fundering van de linker zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

3.74
 - Fpsk' = $-581 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = -175 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Windstuwdruk + onderdruk:
Aangezien de gordingen als doorgaande liggers over drie steunpunten te benaderen zijn, wordt gerekend met een oplegfactor van 1.25
- Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnlast per kolom:
 - $Q_{w,zgk} = \text{oplegfactor} * \text{hohzgk} * (0.6 - (-0.3)) * \gamma * q_{wind}$
 $= 1.25 * 4.000 \text{ m} * (0.6 - (-0.3)) * 1.50 * 745 = 5277.7 \text{ N/m}$
- Er is bij deze belastingcombinatie geen gewasbelasting.
 - $F_{gd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl,zgk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab,zgk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or,zgk} = F_{or} + F_{hv,zgk} + F_{rl,zgk} + F_{ab,zgk} =$
 $= 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} + 0 \quad \quad \quad \text{N} = 0 \quad \quad \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br,zgk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:

- Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.15.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

$$\begin{aligned}
 & \text{- fundering: } R_f = \frac{1}{2} Q_w \cdot h + \frac{h-h_{gd}}{h} F_{gd} + \frac{h-h_{or}}{h} F_{or} + \frac{h-h_{br}}{h} F_{br} + \frac{M_{wl}}{h} \\
 & \quad = 10555 + 0 + 0 + 0 + 0 = 10555 \quad N \\
 & \text{analoog in gebruikstoestand:} \\
 & \quad R_f' = 7037 + 0 + 0 + 0 + 0 = 7037 \quad N \\
 & \text{- goot: } R_g = Q_w \cdot h + F_{gd} + F_{or} + F_{br} - R_f \\
 & \quad = 21111 + 0 + 0 + 0 - 10555 = 10555 \quad N
 \end{aligned}$$

6.15.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	= 10555	= 10555 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	= 10555 - 21111	= -10555 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	= -10555 - 0	= -10555 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	= -10555 - -2673	= -7882 N
	Qbor = Qoor - For	= -7882 - 0	= -7882 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	= -7882 - 2620	= -10503 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	= -10503 - 0	= -10503 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	= -10503 - 53	= -10555 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is
 gelegen tussen de gewasdraden en de onderrand van de vakwerkligger
 op een afstand van 2.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

- Windstuwdruk + onderdruk:	5278 * 2.00/2 * (4.00-2.00)	= 10555 Nm
		----- +
Totaal:	Mmax,sk	= 10555 Nm

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3: Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

NEd	My.Ed	10627	10555
-----	-----	-----	-----
Nc.Rd	My.C.Rd	940559	46590

UCsterkte = ----- + ----- = 0.238

controle: 0.238 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

NEd	My.Ed	10627	10555
-----	-----	-----	-----
A	wpl.y	3035.6	175.243

Sigma: ----- + ----- = 63.7 N/mm²

UCspanning = Sigma/fy = 63.7 / 275.0 = 0.232

controle: 0.232 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Profiel alleen op trek belast, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{5.278 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 6.35 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 6.35 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 4.24 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk' - 1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk' - 1} = 1.00 \\
 & \text{- } nysk' = 1558264 / |5310| = -293.
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-sk}' = 1.00 \cdot 4.24 = 4.24 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-sk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{- controle: } 4.2 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.6 : b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.15.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- a) Berekening van de krachtsverdeling:

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk:} \\
 & \text{Er wordt uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde lijnbelasting:} \\
 & \text{De windbelasting mag hier niet gereduceerd worden toegepast.} \\
 & \text{- } Q_w, z_{gg} = z_{gghohmax} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot \gamma \cdot q_{wind}(\text{ongereducerd}) \\
 & \quad = 1.600 \text{ m} \cdot (0.6 - (-0.3)) \cdot 1.50 \cdot 745 = 1689 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

- Normaalkracht tgv scheefstand:	$N_{sg}' = 0$	N,	$N_{sg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkraft op de gevel per draad:	$T_{gd}' = 0$	N,	$T_{gd} = 0$	N
Normaalkracht in de draadboog:	$T_{db}' = 0$	N,	$T_{db} = 0$	N
Normaalkracht in de gording:	$N_{db}' = 0$	N,	$N_{db} = 0$	N
- Normaalkracht tgv regenleiding:	$N_{rg}' = 0$	N,	$N_{rg} = 0$	N
- Normaalkracht tgv belichting aan draad:	$N_{li}' = 0$	N,	$N_{li} = 0$	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{2744}{4123} + \frac{0}{521} = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{2744}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 183.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 183.1 / 275.0 = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.6102 \quad C_2 = -0.011$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \text{ mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 96.207$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 35937 \text{ Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,darel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{b,darel.z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M_1 = 2744.42$, $M_2 = 0.00$, $M_s = -1372.21$, $M_{kip} = 439.11$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,darel.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)))$$

$$= 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,darel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))$$

$$= (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,darel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,darel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.66$$

$$UC_{stab.1} = |N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{yy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{yz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.431 * 140949 / 1.0)$$

$$+ 0.40 * (|2744.4| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.266 + 0.000 = 0.266$$

$$UC_{stab.2} = |N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)$$

$$+ K_{zy.b} * (|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|) / (\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0) + K_{zz.b} * (|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|) / (M_{z.Rk} / 1.0)$$

$$= 0 / (0.688 * 140949 / 1.0)$$

$$+ 1.00 * (|2744.4| + |0.000 * 0.0|) / (1.000 * 4122.7 / 1.0) + 0.66 * (|0.0| + |0.000 * 3.7|) / (521.5 / 1.0)$$

$$= 0.000 + 0.666 + 0.000 = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 756
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 7.75 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 7.75 / 26.67 = 0.29$$

controle: 0.29 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 7.75 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 7.75 / 26.67 = 0.29$$

controle: 0.29 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{2744}{4123} + \frac{0}{521} = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{2744}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 183.1 \text{ N/mm}^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 183.1 / 275.0 = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{brel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 2744.42$, $M2 = 0.00$, $M_s = -1372.21$, $M_{kip} = 439.11$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3})) \\ K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.66$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|2744.4| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.266 + 0.000 = 0.266 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|My.Ed| + |Ned * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|2744.4| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.666 + 0.000 = 0.666$$

controle: 0.666 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 758
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 7.75 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 7.75 / 26.67 = 0.29$$

controle: $0.29 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 7.75 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 7.75 / 26.67 = 0.29$$

controle: $0.29 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{1583}{4123} + \frac{0}{521} = 0.384$$

controle: 0.384 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{1583}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 105.6 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 105.6 / 275.0 = 0.384$$

controle: 0.384 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.6102 \quad C2 = -0.011 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 96.207 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 35937 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{brel.LT} = 0.3387 \quad \lambda_{brel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5913 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 1583.32$, $M2 = 0.00$, $Ms = -791.66$, $Mkip = 253.33$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{brel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{brel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.66 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{brel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{brel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.66$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|1583.3| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.154 + 0.000 = 0.154 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|1583.3| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.66 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.384 + 0.000 = 0.384$$

controle: 0.384 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 760
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 4.47 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 4.47 / 26.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 \quad / (Ned' + 0.00001) = 9.71E+9$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 4.47 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 4.47 / 26.67 = 0.17$$

controle: 0.17 < 1.00, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.15.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.20 * 2320 * 4.000^2 = 5575 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 5575 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantholom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantholomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 10555 + 424 = 10980 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{10980 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 12669 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 10980/(2*2) = 2745 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(12669^2 + 2 * 2745^2)^{1/2}}{113} = 113.3 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $113.3 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = -10627 N (-5310 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320 N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 424 N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 10555 N (7037 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 10980 N

6.15.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $Fvk' = Fvg' + Fpsk' = -5485 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $Gfund = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $Grand = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = 27368 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = (Rf' + Fhk') \cdot (fh + D + H)$
 $= (7037 + 290) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 10991 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 10991 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |27368| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 12127 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -1136 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $10991 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-1136 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|27368 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $7327 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.6: b1) Dead load + Wind (Cpi negative, Cpe 1st bay up wind)

6.16 B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

6.16.1 Berekening van de normaalkracht in de zijgevelspantkolommen (trek = +):

a) Berekening van de verticale belasting per zijgevel per vakmaat

(neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Eigen gewicht dek (1.00 * 300)= 300 N/m²
 - Gewasbelasting (1.00 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.00 * 70) = 70 N/m²
 ----- +
 Totaal : 370 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 370 * 12.40 / 2 * 4.00 = 9176 N
 - E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.00 * 2396 / 2 = 1198 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.00 * 0 * 4.00 = 0 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.00 * 0 * (2*1-1)/1) = 0 N
 - Transportlast = 1.00 * max(0 , 1000) + 1.00*0 = 1000 N
 ----- +
 Totaal = 11654 N
 Fvg' = -N' = 11654 N

In rekentoestand:

- Eigen gewicht dek (1.35 * 300)= 405 N/m²
 - Gewasbelasting (1.50 * 0) = 0 N/m²
 - Installaties (1.35 * 70) = 95 N/m²
 ----- +
 Totaal : 500 N/m²
 - Neerwaartse belasting gevel = 500 * 12.40 / 2 * 4.00 = 12388 N
 - E.g. goot bij de gevel = (1+1)/2 * 1.35 * 70 * 4.00 = 378 N
 - Eigen gewicht van het spant = 1.35 * 2396 / 2 = 1617 N
 - E.g. leidingen (incl. inhoud) = 1.35 * 0 * 4.00 = 0 N
 - Gewicht kasdekreiniger = (1.35 * 0 * (2*1-1)/1) = 0 N
 - Transportlast = 1.50 * max(0 , 1000) + 1.35*0 = 1500 N
 ----- +
 Totaal = 15883 N
 Fvg = -N = 15883 N

6.16.2 Berekening van de horizontale belastingen in de zijgevelspantkolommen:

a) Het horizontale moment ten gevolge van scheefstand:

Berekening van de verticale belasting per middenkolom (neerwaarts = +):

In gebruikstoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $370 * 12.40 * 4.00 = 18352 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.00 * 70 * 4.00 = 280 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.00 * 2396 = 2396 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 21028 N
 Fvk' = -N' = 21028 N

In rekentoestand:

- Neerwaartse belasting per kolom = $500 * 12.40 * 4.00 = 24775 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de goot = $1 * 1.35 * 70 * 4.00 = 378 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van het spant = $1.35 * 2396 = 3234 \text{ N}$

----- +
 Totaal = 28387 N
 Fvk = -N = 28387 N

Horizontale (wind)krachten op het dek en op de zijgevels:

Bij afwezigheid van wind speelt alleen de horizontale kracht ten gevolge van scheefstand een rol (rekentoestand):

- initiële scheefstand: $F_h = 1/231 * |28387| * 1 = 123 \text{ N}$

- In gebruikstoestand:

$F_{h,tot}' = 1/231 * |21028| * 1 = 91 \text{ N}$

$F_{hk}' = 91 / (1 + 1) = 46 \text{ N}$, $F_{hk} = 123 / (1 + 1) = 61 \text{ N}$ (rekentoestand)

Ten gevolge van de horizontale scheefstand van de kasconstructie ontstaat er een normaalkracht (druk) in de fundering van de rechter zijgevelkolommen waarvan de grootte afhankelijk is van de lengte van de aanpendelende constructie.

De normaalkracht in gebruikstoestand wordt bij benadering als volgt berekend:

- $F_{psk}' = 91 * \frac{3.74}{1 * 12.40} = 27 \text{ N}$

b) Berekening van de horizontale belastingen van de zijgevelspantkolom:

- Er is bij deze belastingcombinatie geen windbelasting.
 - $Q_w, z_{gk} = 0$
- Er is geen rekening gehouden met gewasdraden aan de zijgevels.
 - $F_{gd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met schermdraden aan de zijgevels.
 - $F_{sd}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met regenleidingdraden aan de zijgevels.
 - $F_{rl}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Er is geen rekening gehouden met belichtingsdraden aan de zijgevels.
 - $F_{ab}, z_{gk} = 0 \text{ N}$
- Totale belasting ter hoogte van de onderrand van de vakwerkligger:
 - $F_{or}, z_{gk} = F_{or} + F_{hv}, z_{gk} + F_{rl}, z_{gk} + F_{ab}, z_{gk} =$
 $= 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} + 0 \quad \text{N} = 0 \quad \text{N}$
- Geen belasting ter hoogte van de bovenrand van de vakwerkligger:
 - $F_{br}, z_{gk} = 0 \text{ N}$

c) Berekening van het uitwendig moment t.g.v. de leidingen + inhoud:
 - Er is geen rekening gehouden met waterleidingen aan de zijgevels.

6.16.3 Berekening van de krachtsverdeling van de zijgevelspantkolom:

Oplegreacties:

	$\frac{1}{2}$	$\frac{h-h_{gd}}{h}$	$\frac{h-h_{or}}{h}$	$\frac{h-h_{br}}{h}$	$\frac{M_{wl}}{h}$	
- fundering: $R_f =$	$-\frac{1}{2}Q_w \cdot h$	$+\frac{h-h_{gd}}{h} \cdot F_{gd}$	$+\frac{h-h_{or}}{h} \cdot F_{or}$	$+\frac{h-h_{br}}{h} \cdot F_{br}$	$+\frac{M_{wl}}{h}$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
analoog in gebruikstoestand:						
$R_f' =$	0	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$= 0$	N
- goot: $R_g =$	$Q_w \cdot h$	$+ F_{gd}$	$+ F_{or}$	$+ F_{br}$	$- R_f$	
	$= 0$	$+ 0$	$+ 0$	$+ 0$	$- 0$	N

6.16.4 Controle van de zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) (S275 (EN10219)):

a) Berekening van de krachtsverdeling:

Dwarskrachten (van de fundering (onder=o) naar de goot (boven=b)):

- fundering	: Qf = Rf	=	0	=	0 N
- gewasdraden:	Qogd = Qf - Qw*hgd	=	0 - 0	=	0 N
	Qbgd = Qogd - Fgd	=	0 - 0	=	0 N
- onderrand	: Qoor = Qbgd - Qw*(hor-hgd)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbor = Qoor - For	=	0 - 0	=	0 N
- bovenrand	: Qobr = Qbor - Qw*(hbr-hor)	=	0 - 0	=	0 N
	Qbbr = Qobr - Fbr	=	0 - 0	=	0 N
- goot	: Qg = Qbbr - Qw*(h-hbr)	=	0 - 0	=	0 N

Het maximale buigende moment treedt op t.p.v. het dwarskrachtennulpunt.
 Uit bovenstaande dwarskrachten blijkt dat het dwarskrachtennulpunt is gelegen tussen de bovenrand van de vakwerkligger en het dek op een afstand van 4.000 meter boven de voet.

Berekening van het maximale buigende moment in het veld:

$$\begin{aligned} \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } 0 & * 4.00/2 * (4.00-4.00) = 0 \text{ Nm} \\ \text{Totaal: } M_{\max, sk} & = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

b) Controle op sterkte en stabiliteit van de zijgevelspantkolom volgens EC3:

Hierbij komt de z-as overeen met de y-as (en y-as = x-as) bij NEN6770.

- Doorsnedeklasse: 1

- Sterkte:

$$\text{UCsterkte} = \frac{|N_{Ed}|}{N_{c,Rd}} + \frac{|M_{y,Ed}|}{M_{y,c,Rd}} = \frac{|-15883|}{940559} + \frac{|0|}{46590} = 0.017$$

controle: $0.017 < 1.00$, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\text{Sigma} = \frac{|N_{Ed}|}{A} + \frac{|M_{y,Ed}|}{W_{pl,y}} = \frac{|-15883|}{3035.6} + \frac{|0|}{175.243} = 5.2 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{UCspanning} = \text{Sigma}/f_y = 5.2 / 275.0 = 0.019$$

controle: $0.019 < 1.00$, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

Cmy2 hangt af van het soort moment dat op het profiel staat en geschoord en ongeschoord.
 Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.90 (het profiel is ongeschoord).

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$\begin{aligned} \text{Ky.2} &= \text{Cmy} * (1.0 + (\lambda_{darel,y} - 0.2) * (|N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + (0.73 - 0.2) * (|-15883| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.91 \\ \text{Ky.3} &= \text{Cmy} * (1.0 + 0.8 * (|N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0))) \\ &= 0.90 * (1.0 + 0.8 * (|-15883| / (0.705 * 940559 / 1.0))) = 0.92 \\ \text{Ky.b} &= \text{Min}(\text{Ky.2}, \text{Ky.3}) = \text{Min}(0.91, 0.92) = 0.91 \\ \text{Kz.b} &= 0.6 * \text{Ky.b} = 0.55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.1} &= |N_{Ed}| / (\text{Chiy} * \text{NRk} / 1.0) + \text{Ky.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * \text{My.Rk} / 1.0) \\ &= |-15883| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.91 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.000 = 0.024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{UCstab.2} &= |N_{Ed}| / (\text{Chiz} * \text{NRk} / 1.0) + \text{Kz.b} * |M_{y,Ed}| / (1.00 * \text{My.Rk} / 1.0) \\ &= |-15883| / (0.705 * 940559 / 1.0) + 0.55 * |0.0| / (1.00 * 46589.8 / 1.0) \\ &= 0.024 + 0.000 = 0.024 \end{aligned}$$

$$\text{Maatgevend: UCstab.b} = \max(\text{UCstab.1}, \text{UCstab.2}) = \max(0.024, 0.024) = 0.024$$

controle: $0.024 < 1.00$, dus de stabiliteit voldoet.

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua sterkte/stabiliteit

- c) Berekening van 1e-orde doorbuiging van de zijgevelspantkolom:
 (halverwege funderingsvoet en aangrijpingspunt schoor; in rekentoestand)

$$\begin{aligned}
 & \text{- Windstuwdruk + onderdruk: } \frac{5}{384} \cdot \frac{0.000 \cdot 4000^4}{1.10 \cdot 2.1E5 \cdot 1202.9E4} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(Voor de doorbuigingsreductiefactor 1.10; zie rapport BI-92-0063*)} \\
 & \text{Totaal: } u1\text{-sk} = 0.00 \text{ mm} \\
 & \text{(analoog in gebruikstoestand: } u1\text{-sk}' = 0.00 \text{ mm)}
 \end{aligned}$$

- d) 2e-orde doorbuiging in gebruikstoestand:

De 2e-orde horizontale verplaatsing in gebruikstoestand kan worden benaderd met de volgende (conservatieve) formule:

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u2\text{-sk}' = \frac{nysk'}{nysk'-1} \cdot u1\text{-sk}' \\
 & \text{- Vergrotingsfactor: } - \frac{nysk'}{nysk'-1} = 1.01 \\
 & \text{- } nysk' = 1558264 / |-11654| = 133.7
 \end{aligned}$$

Invullen van de bekende gegevens resulteert in een doorbuiging, groot:

$$\text{- } u2\text{-sk}' = 1.01 \cdot 0.00 = 0.00 \text{ mm}$$

- e) Berekening van de toelaatbare doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

Zonder belasting door gewasdraden geldt een limiet van 30.0 mm:
 (conform artikel 11.2.4.1.)

$$\begin{aligned}
 & \text{- } u_{toel}\text{-sk} = h/150 < 30.0 \text{ mm} \\
 & \text{- } 4000/150 = 26.67 \text{ mm, dus: } u_{toel}\text{-sk} = 26.67 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- f) Controle van de toegestane doorbuiging van de zijgevelspantkolom:

$$\text{- controle: } 0.0 \text{ mm} < 26.7 \text{ mm, dus: stijfheid voldoet.}$$

Conclusie:

- zijgevelspantkolom (RHBK160*160*5.0 mm) voldoet qua stijfheid
 bij B.C.7 : c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Met nadruk wordt erop gewezen, dat de zijgevelspantkolom óók moet voldoen aan de controle van de "gewone" spantkolommen.

6.16.5 Controle van de zijgevelgordingen:

- Normalkracht tgv scheefstand:	Nsg' = 0	N,	Nsg = 0	N
- Normalkracht tgv gewasdraadboog:				
Trekkracht op de gevel per draad:	Tgd' = 0	N,	Tgd = 0	N
Normalkracht in de draadboog:	Tdb' = 0	N,	Tdb = 0	N
Normalkracht in de gording:	Ndb' = 0	N,	Ndb = 0	N
- Normalkracht tgv regenleiding:	Nrg' = 0	N,	Nrg = 0	N
- Normalkracht tgv belichting aan draad:	Nli' = 0	N,	Nli = 0	N

b) Controle van de sterkte van de zijgevelgordingen volgens EC3:

Gording 1 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$N_{ed} = -(F_{xs} * N_{sg} + F_{gd} * N_{db} + F_{rg} * N_{rg} + F_{li} * N_{li})$$

$$N_{ed} = -(0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0 + 0.000 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UC_{sterkte} = \frac{|N_{ed}|}{N_{c.Rd}} + \frac{|M_{y.Ed}|}{M_{y.c.Rd}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{M_{z.c.Rd}} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$\sigma = \frac{|N_{ed}|}{A} + \frac{|M_{y.Ed}|}{W_{pl.y}} + \frac{|M_{z.Ed}|}{W_{pl.z}} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UC_{spanning} = \sigma / f_y = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:

Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C_1 = 1.8027 \quad C_2 = 0.0000$$

$$\text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm}$$

$$\text{correctiefactor} \quad C = 108.79$$

$$\text{kipmoment} \quad M_{cr} = 40638 \quad \text{Nm}$$

$$\text{slankheid} \quad \lambda_{b,dareL.T} = 0.3185 \quad \lambda_{b,dareL.z} = 0.7589$$

$$\text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5798$$

$$\text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $C_{my2} = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$$M_1 = 0.00, \quad M_2 = 0.00, \quad M_s = 0.00, \quad M_{kip} = 0.00, \quad \text{gelijkmatig verdeeld belast.}$$

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$K_{yy.2} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * \lambda_{b,dareL.y} * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.3} = C_{my2} * (1.0 + 0.6 * (|N_{ed}| / (\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0))) = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (0 / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40$$

$$K_{yy.b} = \min(K_{yy.2}, K_{yy.3}) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$K_{zz.2} = (1.0 - (0.1 * \lambda_{b,dareL.z} / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zz.3} = (1.0 - (0.1 / (C_{mLT} - 0.25))) * (|N_{ed}| / (\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0))) = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (0 / (0.688 * 140949 / 1.0))) = 1.00$$

$$K_{zy.b} = \text{if}(\lambda_{b,dareL.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{b,dareL.z}, K_{zz.2}), \max(K_{zz.2}, K_{zz.3}))$$

$$K_{zy.b} = 1.00$$

$$K_{yz.b} = K_{zz.b} = 0.40$$

$$UC_{stab.1} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iy} * N_{Rk} / 1.0} + K_{yy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{yz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 3.7}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

$$UC_{stab.2} = \frac{|N_{ed}|}{\chi_{iz} * N_{Rk} / 1.0} + K_{zy.b} * \frac{|M_{y.Ed}| + |N_{ed} * e_{Ny}|}{\chi_{LT} * M_{y.Rk} / 1.0} + K_{zz.b} * \frac{|M_{z.Ed}| + |N_{ed} * e_{Nz}|}{M_{z.Rk} / 1.0} = 0 + 1.00 * \frac{0 + 0.000 * 0.0}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{0 + 0.000 * 3.7}{(521.5 / 1.0)} = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 770
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 2 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frq * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.231 * 0 + 0.277 * 0 + 0.277 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

C1 = 1.8027 C2 = 0.0000
 kiplengte L = 640 mm
 correctiefactor C = 108.79
 kipmoment Mcr = 40638 Nm
 slankheid lambdarel.LT = 0.3185 lambdarel.z = 0.7589
 factor phiLT = 0.5798
 correctiefactor ChiLT = 1.0000 Chiz = 0.6880 Chiy = 0.4315

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat Cmy2 = 0.40 (het profiel is geschoord).

M1 = 0.00, M2 = 0.00, Ms = 0.00, Mkip = 0.00, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (Chiy * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (Chiz * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{(Chiy * NRk / 1.0)} + Kyy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kyz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{(Chiz * NRk / 1.0)} + Kzy.b * \frac{(|My.Ed| + |Ned * eNy|)}{(ChiLT * My.Rk / 1.0)} + Kzz.b * \frac{(|Mz.Ed| + |Ned * eNz|)}{(Mz.Rk / 1.0)} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 772
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAaAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

Gording 3 (U100*50*3.00, S275 (EN10219))

$$Ned = -(Fxs * Nsg + Fgd * Ndb + Frg * Nrg + Fli * Nli) \\ Ned = -(0.000 * 0 + 0.769 * 0 + 0.723 * 0 + 0.723 * 0) = 0 \quad N$$

- Doorsnedeklasse: 4

- Sterkte:

$$UCsterkte = \frac{|Ned|}{Nc.Rd} + \frac{|My.Ed|}{My.c.Rd} + \frac{|Mz.Ed|}{Mz.c.Rd} = \frac{0}{140949} + \frac{0}{4123} + \frac{0}{521} = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de sterkte voldoet.

- Maximale spanning:

$$Sigma = \frac{|Ned|}{A} + \frac{|My.Ed|}{Wpl.y} + \frac{|Mz.Ed|}{Wpl.z} = \frac{0}{512.5} + \frac{0}{14.991} + \frac{0}{1.896} = 0.0 \quad N/mm^2$$

$$UCspanning = Sigma/fy = 0.0 / 275.0 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de spanning voldoet.

- Stabiliteit volgens NEN-EN 1993-1-1:

- Voor I-profielen die om sterke as zijn belast moet rekening worden gehouden met kip:
 Belast om de zwakke as zijn I profielen niet gevoelig voor kip (factoren=0):

$$C1 = 1.8027 \quad C2 = 0.0000 \\ \text{kiplengte} \quad L = 640 \quad \text{mm} \\ \text{correctiefactor} \quad C = 108.79 \\ \text{kipmoment} \quad Mcr = 40638 \quad \text{Nm} \\ \text{slankheid} \quad \lambda_{barel.LT} = 0.3185 \quad \lambda_{barel.z} = 0.7589 \\ \text{factor} \quad \phi_{LT} = 0.5798 \\ \text{correctiefactor} \quad \chi_{LT} = 1.0000 \quad \chi_{iz} = 0.6880 \quad \chi_{iy} = 0.4315$$

Ligger op drie scharnierende steunpunten, dus maximale moment bij het middensteunpunt.

Uit tabel B.3 van Annex B van Eurocode 3 blijkt dat $Cmy2 = 0.40$ (het profiel is geschoord).

$M1 = 0.00$, $M2 = 0.00$, $Ms = 0.00$, $Mkip = 0.00$, gelijkmatig verdeeld belast.

Interactiefactoren volgens bijlage B:

$$Kyy.2 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * \lambda_{barel.y} * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * 1.20 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.3 = Cmy2 * (1.0 + 0.6 * (|Ned| / (\chi_{iy} * NRk / 1.0))) \\ = 0.40 * (1.0 + 0.6 * (|0| / (0.431 * 140949 / 1.0))) = 0.40 \\ Kyy.b = \min(Kyy.2, Kyy.3) = \min(0.40, 0.40) = 0.40$$

$$Kzz.2 = (1.0 - (0.1 * \lambda_{barel.z} / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 * 0.76 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00 \\ Kzz.3 = (1.0 - (0.1 / (CmLT - 0.25))) * (|Ned| / (\chi_{iz} * NRk / 1.0)) \\ = (1.0 - (0.1 / (0.40 - 0.25))) * (|0| / (0.688 * 140949 / 1.0)) = 1.00$$

$$Kzy.b = \text{if}(\lambda_{barel.z} < 0.4, \min(0.6 + \lambda_{barel.z}, Kzz.2), \max(Kzz.2, Kzz.3)) \\ Kzy.b = 1.00$$

$$Kyz.b = Kzz.b = 0.40$$

$$UCstab.1 = \frac{|Ned|}{\chi_{iy} * NRk / 1.0} + Kyy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kyz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.431 * 140949 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000 \\ UCstab.2 = \frac{|Ned|}{\chi_{iz} * NRk / 1.0} + Kzy.b * \frac{|My.Ed| + |Ned * eNy|}{\chi_{LT} * My.Rk / 1.0} + Kzz.b * \frac{|Mz.Ed| + |Ned * eNz|}{Mz.Rk / 1.0} \\ = \frac{0}{(0.688 * 140949 / 1.0)} + 1.00 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 0.0|)}{(1.000 * 4122.7 / 1.0)} + 0.40 * \frac{(|0.0| + |0.000 * 3.7|)}{(521.5 / 1.0)} \\ = 0.000 + 0.000 + 0.000 = 0.000$$

controle: 0.000 < 1.00, dus de stabiliteit voldoet.

Project : NAUTIX
Programma: CASTA Kassenbouw, van/door TNO
Onderdeel: Zijgevels - controleberekening -
Bedrijf : PELECON, CK-210-5

Blad 774
SP9 Versie: 3.10.P
Versie: 2.01
ID: BQDoBwgAAQAAAYAMAAzABgA

- Stijfheid:

$$\text{delta.st} = \frac{1}{384} * \frac{Q' * L^4}{E * I_y} = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{delta.max} = \min(4000 / 150, 30) = 26.67 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh} = \text{delta.st} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid voldoet.

$$\text{Vergrotingsfactor in gebruikstoestand: } nx1 = Ncr / (Ned' + 0.00001) = 97099 / (Ned' + 0.00001) = 0.000$$

$$\text{Totale verplaatsing is dan: } \text{delta.st2} = \text{delta.st} * nx1 / (nx1 - 1) = 0.00 \text{ mm}$$

$$\text{UCstfh 2e orde} = \text{delta.st2} / \text{delta.max} = 0.00 / 26.67 = 0.00$$

controle: $0.00 < 1.00$, dus de stijfheid 2e orde voldoet.

6.16.6 Controle van de randfundering (incl. wapening):

Bij de controle van de randfundering wordt de neerwaartse belasting t.g.v. van het eigen gewicht maatgevend beschouwd. Verondersteld wordt dat het grootste gedeelte van de horizontale belastingen direct via de haarspeld naar de poeren wordt afgedragen en dat de resterende horizontale belasting op de randfundering als niet maatgevend beschouwd hoeft te worden.

a) Controle van de dimensionering van de randfundering en van de (trek)staven:

Belasting op de randfundering van de zijgevel door eigen gewicht gevel:

- Geveloppervlak per vakmaat: $A_{gevel} = v * ph = 4.0 * 4.0 = 16.0 \text{ m}^2$

Overspanning van de randfundering $l_{rdz} = 4000 \text{ mm}$

De gelijkmatig verdeelde belasting op de gevelfundatie, t.g.v. het eigen gewicht is dan:

- Gevelbelasting randfundering:

$$Q_{rd} = q_{gevel} * ph + Q_{rand} = 130 * 4.000 + 1800 = 2320 \text{ N/m}$$

Bij de bepaling van het verticaal maatgevend moment wordt rekening gehouden met (toevallige) dilataties en uitsparingen. Het maatgevend moment op de randfundering wordt daarom berekend als een ligger op twee steunpunten, zonder rekening te houden met bedding van de ondergrond en uitgaande van een symmetrische doorsnede (belastingscombinatie onafhankelijk).

- Maatgevend moment: $M_{yrdz} = \frac{1}{8} * \gamma * Q_{rd} * l_{rdz}^2$
 $= \frac{1}{8} * 1.35 * 2320 * 4.000^2 = 6264 \text{ Nm}$

- controle : $55226 \text{ Nm} > 1.0 * 6264 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

b) Controle van de wapening van de poer (haarspeld: 2*RD12 -FeB500).

Voor het berekenen van de totale horizontale reactiekracht bij de aansluiting van de zijgevelspantkolom met de randfundering moet de helft van de totale locale windbelasting op de zijgevel plus een gedeelte van de totale horizontale kracht op spanthoogte (afhankelijk van het aantal overspanningen) opgeteld worden.

Voor de maatgevende zijgevelspantkolomaansluiting van de randfundering geldt:

- Totale horizontale funderingsbelasting (in rekentoestand):

$$F_{hrd} = R_f + F_{hk} = 0 + 61 = 61 \text{ N}$$

Omgekeerd naar een trekkracht in de haarspeld, waarbij uitgegaan wordt van een kantelpunt van de randfundering in het hart van de drukzijde van de haarspeld en een randafstand van de haarspeld van ahs, inclusief de tolerantie van de positie van de haarspeld (ths) in de poer:

$$\begin{aligned} \text{Trek in de haarspeld : } N_d &= \frac{F_{hrd} * h_{rd}}{(b_{rd} - 2*(a_{hs} + t_{hs})) * n_{hs}} \\ &= \frac{61 * 300}{(250 - 2*(50 + 10)) * 2} = 71 \text{ N} \end{aligned}$$

- Afschuifkracht per doorsnede: $V_d = F_{hrd}/(2*n_{hs}) = 61/(2*2) = 15 \text{ N}$

De oppervlakte spanningsdoorsnede (A_s) van de haarspeld moet voldoen aan de voorwaarde:

$$A_s > \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{f_{sp}} \quad \text{waarin } A_s = \pi/4 * d_{sp}^2 = \pi/4 * 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{tspz} = \frac{(N_d^2 + 2 * V_d^2)^{1/2}}{A_s} = \frac{(71^2 + 2 * 15^2)^{1/2}}{113} = 0.6 \text{ N/mm}^2$$

- controle : $0.6 \text{ N/mm}^2 < 435 \text{ N/mm}^2$, dus: voldoet.
 bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Overzicht belastingen op de randfundering:

B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Hart op Hart afstand gevelkolommen: 4000 mm
 Hart op Hart afstand poeren : 4000 mm (hele kolomafstand)

Vert. belasting hoofdkolom tpv fundering	Fvg = 15883	N (11654 N)
Vert. gevel belasting	Qrd = 2320	N/m
Hor. overige belastingen per hoofdkolom (hk)	Fhk = 61	N
Hor. gevelbelasting per kolom (wind)	Rf = 0	N (0 N)
Hor. belasting bij de poeraansluiting bij (hk)	Fhrd = 61	N

6.16.7 Controle van de poeren van de randfundering:

a) Berekening van de verticale belasting per poer (in gebruikstoestand):

- Verticale belasting per kolom (neer = +) $Fvk' = Fvg' + Fpsk' = 11681 \text{ N}$
 - Eigen gewicht van de gevelkolom ($1.00 \cdot 953$) : $Fegk' = 953 \text{ N}$
 - Eigen gewicht poer ($1.00 \cdot 22619$) : $Gfund = 22619 \text{ N}$
 - Gewicht fundering en gevel ($1.00 \cdot 4.000 \cdot 2320$) : $Grand = 9280 \text{ N}$
 ----- +
 - Vert. belasting per poer: $Fvp = 44534 \text{ N}$

Aangezien de totale verticale belasting per poer positief is, is sprake van een neerwaartse belasting op de ondergrond.

b) Berekening van het maatgevend kantelmoment ten gevolge van de belastingen:

- Horizontaal: $Mhp = (Rf' + Fhk') \cdot (fh + D + H)$
 $= (0 + 46) \cdot (0.000 + 0.300 + 1.200) = 68 \text{ Nm}$
 - Verticaal : Mvp (wordt opgenomen door de heipaal) = 0 Nm
 ----- +
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp + Mvp = 68 \text{ Nm}$

Bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM) geldt:

- Verticaal : $Mvp = |Fvp| \cdot 0.5 \cdot B$
 $= |44534| \cdot 0.5 \cdot 0.886 = 19734 \text{ Nm}$
 - Kantelmoment per poer: $Mp = Mhp - Mvp = -19665 \text{ Nm}$

c) Controle van de kantelstabiliteit (neerwaartse belasting):

- Momentenevenwicht bij een neerwaarts bezwijkmodel (NBM):
 - controle : $68 \text{ Nm} < 30632 \text{ Nm}$, dus: voldoet. (maatgevend)
 - Momentenevenwicht bij een opwaarts bezwijkmodel (OBM):
 - controle : $-19665 \text{ Nm} < 25160 \text{ Nm}$, dus: voldoet.
 - Verticaal evenwicht:
 - controle : $|44534 \text{ N}|$ neerwaartse belasting opgenomen door heipalen
 - Horizontaal evenwicht:
 - controle : $46 \text{ N} < 20218 \text{ N}$, dus: voldoet.

Conclusie:

- Poeren BPRD1000*1200 mm voldoen
 bij B.C.7: c1) Dead load + Services + Crop + repair/incident actions

Berekening nokkolom

RHS 160/160/6 CF

norm: EN 10219-1	f_{yd}	=	275 N/mm ²	β_w	=	0,85 -	E	=	210000 N/mm ²
staal: S275 J0H	f_u	=	430 N/mm ²	ϵ	=	0,92 -	v	=	0,3 -
	f_{ya}	=	318 N/mm ²	η	=	1,2 -	G	=	80769 N/mm ²
h, D = 160 mm	y_0	=	0,0 mm	I_y	=	1405,5 cm ⁴	I_z	=	1405,5 cm ⁴
b = 160 mm	z_0	=	0,0 mm	i_y	=	6,2 cm	i_z	=	6,2 cm
d, y = mm	A	=	36,03 cm ²	$W_{el,y}$	=	175,7 cm ³	$W_{el,z}$	=	175,7 cm ³
t_w = 6,0 mm	A_{ϕ}	=	0 mm ²	S_y	=	103,1 cm ³	S_z	=	103,1 cm ³
t_f = mm	O	=	61,9 cm	$W_{pl,y}$	=	206,2 cm ³	$W_{pl,z}$	=	206,2 cm ³
r = 12,0 mm	M	=	28,3 kg/m'	$A_{v,z}$	=	18,0 cm ²	$A_{v,y}$	=	18,0 cm ²
r_1 = 6,0 mm	I_p	=	0,0 cm ³	I_t	=	2238,9 cm ⁴	C_w	=	264,2 cm ⁶

Krachten, unity checks (u.c)

N_{Ed}^+ = 35,1 kN	$M_{Ed,y}$ = 24,9 kNm	$T_{Ed,x}$ = 0,0 kNm	$V_{Ed,y}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^+ = 1147 kN	$M_{Rd,y}$ = 65,7 kNm	$T_{Rd,x}$ = 52,3 kNm	$V_{Rd,y}$ = 331,2 kN
u.c. = 0,0 -	u.c. = 0,4 -	u.c. = 0,0 -	u.c. = 0,0 -
N_{Ed}^- = -35,1 kN	$M_{Ed,z}$ = 0,0 kNm		$V_{Ed,z}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^- = -413,9 kN	$M_{Rd,z}$ = 65,7 kNm		$V_{Rd,z}$ = 331,2 kN
u.c. = 0,1 -	u.c. = 0,0 -		u.c. = 0,0 -

art. 6.2.8 - 6.2.10

EN-1993-1-5 (4.15)

art. 6.2.9

$$n_y = 1,00 - \quad n_z = 1,00 -$$

$$N_{Ed} / N_{C,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = \mathbf{0,5}$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^{\alpha} + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^{\beta} = \mathbf{0,2}$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^{\alpha} + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^{\beta} = \mathbf{0,2}$$

art. 6.3.1

art. 6.3.2

art. 6.3.3

$$N_{b,Rd,y} = 413,9 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,z} = 413,9 \text{ kN} \quad N_{cr,TF} = 297148 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \text{\#VERW! kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \mathbf{0,45} -$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \mathbf{0,08} -$$

art. 6.3.3 & Bijlage B

y - as

q-last

ongeschoord

situatie 2

Tabel 6.6

$$M_{A,y} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{S,y} = \mathbf{24,909} \text{ kNm}$$

$$M_{C,y} = \psi_y M_{A,y} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \mathbf{0} -$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,91} -$$

z - as

puntlast

geschoord

situatie 2

Tabel 6.6

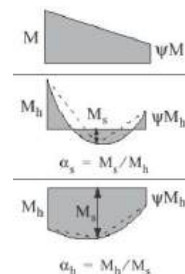
$$M_{A,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{S,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \mathbf{0} -$$

$$k_{c,z} = \mathbf{1,00} -$$



Kniklengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 6,90 \text{ m} \\ L_x &= 6,90 \text{ m} \\ L_z &= 6,90 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

Kiplengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 6,90 \text{ m} \\ L_x &= 6,90 \text{ m} \\ L_z &= 6,90 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (lijf)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 142 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = -132 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 152 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	-0,87
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq 108$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > 108$
klasse 1	klasse 1	klasse 1	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0,92 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= h - 2 (t_f + r) \\ &= 124 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 22,4 - \\ z_N &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned} \psi &= -1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 23,9 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,16 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 62 \text{ mm} \quad b_c = 62 \text{ mm} \quad b_{eff} = 62 \text{ mm} \\ b_1 &= 24,8 \text{ mm} \quad b_2 = 37,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned} \psi &= 1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,39 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} \quad b_c = 124 \text{ mm} \quad b_{eff} = 124,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 62,0 \text{ mm} \quad b_2 = 62,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned} \psi &= -0,9 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 20,7 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,17 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 58 \text{ mm} \quad b_c = 66 \text{ mm} \quad b_{eff} = 66 \text{ mm} \\ b_1 &= 27 \text{ mm} \quad b_2 = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (flens)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 10 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = 10 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 10 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	1,00
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq \#GETAL!$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > \#GETAL!$
klasse 1	klasse 1	klasse 1	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0,92 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= b - 2 (t_f + r) \\ &= 124 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 22,4 - \\ y_N &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned}\psi &= -1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 23,9 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,16 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 62 \text{ mm} & b_c &= 62 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 62 \text{ mm} \\ b_1 &= 24,8 \text{ mm} & b_2 &= 37,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned}\psi &= 1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,39 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 124 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 124,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 62 \text{ mm} & b_2 &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned}\psi &= 1,0 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,39 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 124 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 124 \text{ mm} \\ b_1 &= 62 \text{ mm} & b_2 &= 62 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

	buiging	druk	druk & buiging
klasse 1	$c / (t \varepsilon) \leq 72$	$c / (t \varepsilon) \leq 33$	$c / (t \varepsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \varepsilon) \leq 83$	$c / (t \varepsilon) \leq 38$	$c / (t \varepsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \varepsilon) \leq 124$	$c / (t \varepsilon) \leq 42$	$c / (t \varepsilon) \leq 124$
klasse 4	$c / (t \varepsilon) > 124$	$c / (t \varepsilon) > 42$	$c / (t \varepsilon) > 62$

$$\begin{aligned}\text{zwakke as} \quad c / t &= [b - 2(t + r_i)] / t = 23 - \rightarrow c / (t \varepsilon) = 26 - \\ \text{sterke as} \quad c / t &= [h - 2(t + r_i)] / t = 23 - \rightarrow c / (t \varepsilon) = 26 -\end{aligned}$$

	buiging	druk	druk & buiging
zwakke as	klasse 1	klasse 1	klasse 1
sterke as	klasse 1	klasse 1	klasse 1

→ klasse 1

Roarks formula's for stress and strain tabel 10.1, case 16

$$\begin{aligned}\tau_{\text{av.}} &= \frac{T_{\text{Ed,x}}}{2 t (b - t) (h - t)} \leq \frac{f_{ya}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \rightarrow T_{\text{Rd,x}} \leq \frac{2 f_y t (b - t) (h - t)}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \leq 52,3 \text{ kNm} \\ K &= \frac{2 t^2 (b - t)^2 (h - t)^2}{b t + h t - 2 t^2} = 2191,4 \text{ cm}^4 \approx I_t\end{aligned}$$

Berekening

art. 6.2.3 Trek

$N_{Ed} / N_{t,Rd} \leq 1,0$		1147,1 kN	art. 6.2.3	(6.5)
$N_{pl,Rd} = A f_{ya} / \gamma_{M0}$	vloeien brutodoorsnede	-1147,1 kN	art. 6.2.4	(6.6)
$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$	lokaal bezwijken doorsnede met gaten			(6.7)
$N_{net,Rd} = A_{net} f_{ya} / \gamma_{M0}$	verbindingen cat. C (glijvast) volgens art. 3.4.1 EN 1993-1-8			(6.8)
$N_{pl,Rd} = 1147,1 \text{ kN}$	(6.6)	$N_{u,Rd} = 1115,6 \text{ kN}$	(6.7)	$N_{net,Rd} = 1147,1 \text{ kN}$ (6.8)

art. 6.2.4 Druk

$N_{Ed} / N_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.9)
$N_{c,Rd} = A f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 1, 2 of 3			(6.10)
$N_{c,Rd} = A_{eff} f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 4			(6.11)
$N_{c,Rd} = 1147,1 \text{ kN}$	(6.10)	$N_{c,Rd} = 1147,1 \text{ kN}$	(6.11)	

art. 6.2.5 Buiging

$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.12)
$M_{c,Rd} = n W_{pl} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{pl,Rd}$	doorsnedeklasse 1 of 2			(6.13)
$M_{c,Rd} = n W_{el,min} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{el,Rd}$	doorsnedeklasse 3			(6.14)
$M_{c,Rd} = n W_{eff,min} f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 4			(6.15)
verwaarlozing gataftrek flenzen	$A_{f,net} 0,9 f_u / \gamma_{M2} \geq A_f f_y / \gamma_{M0}$			(6.16)
n volgens art. 6.2.8 - 6.2.10	$V_{Ed,y} \rightarrow n_y M_{c,z,Rd}$ $n_y = 1,00 - n_z = 1,00 -$	$V_{Ed,z} \rightarrow n_z M_{c,y,Rd}$		
$M_{c,y,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	(6.13)	$M_{c,y,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	(6.14)	$M_{c,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$ (6.15)
$M_{c,z,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	(6.13)	$M_{c,z,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	(6.14)	$M_{c,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$ (6.15)

art. 6.2.6 Afschuiving

$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.17)
$V_{pl,Rd} = (A_v f_y) / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$				(6.18)
$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1,0$	met: $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I t} \rightarrow V_{Ed} \leq \frac{2 f_y I_{y,z} t}{\sqrt{3} S_{y,z} \gamma_{M0}}$			(6.19), (6.20)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2}$				(6.26)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2} - \tau_{w,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y$				(6.27)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y)$				(6.28)
$V_{pl,y,Rd} = 331 \text{ kN}$	(6.18)	$V_{pl,y,T,Rd} = 331 \text{ kN}$		(6.18)
$V_{pl,z,Rd} = 331 \text{ kN}$	(6.18)	$V_{pl,z,T,Rd} = 331 \text{ kN}$		(6.18)

Torsie en dwarskracht

plastisch, klasse 1, 2	$V_{pl,y,Rd} = 331,2 \text{ kN}$	$V_{pl,z,Rd} = 331,2 \text{ kN}$	(6.18)
elastisch klasse 3, 4	$V_{Ed,y} = 300,6 \text{ kN}$	$V_{Ed,z} = 300,6 \text{ kN}$	(6.20)

art. 6.2.7 Torsie

$T_{Ed} / T_{Rd} \leq 1,0$			(6.23)
$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$			(6.24)

Torsie & dwarskracht

$V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} \leq 1,0$			(6.25)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y) = V_{pl,Rd} (1 - T_{Ed,x} / T_{Rd,x})$			(6.28)
$T_{Ed,x} / T_{Rd,x} = 0,00 -$			(6.23)

art. 6.2.8 Buiging en afschuiving

art. 6.2.10 Buiging, afschuiving en normaalkracht

$$\begin{aligned} V_{Ed} / V_{pl,Rd} &\leq 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} &\leq 0,5 &\rightarrow \rho &= 0 \\ V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 &\rightarrow n &= (1 - \rho) \end{aligned} \quad (6.29)$$

$$\begin{aligned} \text{dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 & \rho_y &= 0,0 - \rightarrow n_y = 1,0 - \\ \text{torsie \& dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} - 1)^2 & \rho_z &= 0,0 - \rightarrow n_z = 1,0 - \end{aligned}$$

interactie van belasting haaks op de staafas volgens art. 7.2 EN 1993-1-5

$$\eta_1 = N_{Ed} / N_{c,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0,5 \leq 1,0 \quad (4.14) \quad (4.15)$$

$$\eta_2 = V_{z,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0 \quad (6.14)$$

$$\eta_3 = V_{y,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0$$

$$\text{art. 6.2.8} \quad \eta_1 + (2 \eta_3 - 1)^2 = 0,0 \leq 1,0 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.1)$$

$$\text{art. 6.2.10} \quad \eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,0 \leq 1,4 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.2)$$

art. 6.2.9 Buiging en normaalkracht

$$M_{Ed} / M_{N,Rd} \leq 1,0 \quad \text{art. 6.2.9.1 Doorsnedeklasse 1 of 2} \quad (6.31)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.2 Doorsnedeklasse 3} \quad (6.42)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.3 Doorsnedeklasse 4} \quad (6.43)$$

$\sigma_{x,Ed}$ normaalspanning volgens art. 6.2.3, 6.2.4 en 6.2.5

$$\text{alternatief klasse 4:} \quad \frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1 \quad (6.44)$$

$$n_{y,6.2.10} = 1,0 - n_{z,6.2.10} = 1,0 - \text{art.6.2.10}$$

$$n_{y,z,6.2.9} = n_{y,z,6.2.10} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w)$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 1,00 M_{pl,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} = 66 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 1,00 M_{pl,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} = 66 \text{ kNm} \quad (6.40)$$

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A \leq 0,5 = 0,5 -$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A \leq 0,5 = 0,5 -$$

$$N_{pl,Rd} = 1147 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.3} = 1147,1 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.4}$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,0 -$$

twee-assige buiging

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0,20 \leq 1 \quad (6.41)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,1 -$$

$$\alpha = \beta = 1,66 / (1 - 1,13 n^2) = 1,7 \leq 6$$

art. 6.3 Nikweerstand van staven

art. 6.3.1.1 - 6.3.1.2 Op druk belaste staven

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1,0 \quad (6.46)$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.47)$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A_{eff} f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.48)$$

$$\chi_{y,z} = (\phi_{y,z} + (\phi_{y,z}^2 - \lambda_{y,z}^2)^{1/2})^{-1} \leq 1 \quad (6.49)$$

$$\phi_{y,z} = \frac{1}{2} (1 + \alpha (\lambda_{y,z} - 0,2) + \lambda_{y,z}^2) \quad (6.50)$$

$$\lambda_{y,z} = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.51)$$

$$\lambda_{y,z} = (A_{eff} f_o / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.52)$$

$$\lambda_{y,z} \leq 0,2 \quad N_{Ed} / N_{cr,z} \leq 0,04 \quad \text{Nik mag worden verwaarloosd}$$

$$\underline{y - as} \quad \lambda_y = 1,37 - \quad \underline{z - as} \quad \lambda_z = 1,37 -$$

$$L_{cr,y} = 6,9 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 - \quad L_{cr,z} = 6,9 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 -$$

$$N_{cr,y} = 612 \text{ kN} \quad \phi_y = 1,72 - \quad N_{cr,z} = 612 \text{ kN} \quad \phi_z = 1,72 -$$

$$N_{b,Rd,y} = 413,9 \text{ kN} \quad \chi_y = 0,36 - \quad N_{b,Rd,z} = 413,9 \text{ kN} \quad \chi_z = 0,36 -$$

art. 6.3.1.4 Torsie of torsieknik

Algemene vergelijking

$$y = (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) (N_{cr,TF} - N_{cr,z}) (N_{cr,TF} - N_{cr,T}) - N_{cr,TF}^2 (z_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) - N_{cr,TF}^2 (y_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,z})$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2 \quad N_{cr,y} = 611,9 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 611,9 \text{ kN} \quad (6.47) \quad (6.48)$$

$$N_{cr,T} = [G I_t + \pi^2 E C_w / \ell_t^2] i_0^{-2} = 297148,0 \text{ kN} \quad (6.33a)$$

$$i_{y,g} = 6 \text{ mm} \quad y_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (y_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_{z,g} = 6 \text{ mm} \quad z_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (z_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_0^2 = i_{y,g}^2 + i_{z,g}^2 + y_{o,g}^2 + z_{o,g}^2 = 78 \text{ mm}^2$$

$$\text{substitutie: } N_{cr,TF} = F_e \quad N_{cr,y} = F_{ex} \quad N_{cr,z} = F_{ey} \quad N_{cr,T} = F_{ez} \quad (\text{AISC})$$

$$y = (F_e - F_{ex}) (F_e - F_{ey}) (F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey}) (y_0 / i_0)^2 - F_e^2 (F_e - F_{ex}) (z_0 / i_0)^2 = 0$$

$$\rightarrow y = F_e^3 [1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2] - F_e^2 [(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2] - F_{ex} (z_0 / i_0)^2 + F_{ex} (F_{ex} F_{ey} + F_{ex} F_{ez} + F_{ey} F_{ez}) - F_{ex} F_{ey} F_{ez} = 0$$

$$\rightarrow y = A F_e^3 - B F_e^2 + C F_e - D = 0$$

$$\rightarrow y = F_e^3 - (B / A) F_e^2 + (C / A) F_e - D / A = a F_e^3 - b F_e^2 + c F_e - d = 0$$

$$A = 1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2 = 1,0E+00 -$$

$$-B = -[(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2] - F_{ex} (z_0 / i_0)^2 = -3,0E+05 \text{ kN}$$

$$C = F_{ex} F_{ey} + F_{ex} F_{ez} + F_{ey} F_{ez} = 3,6E+08 \text{ (kN)}^2$$

$$-D = -F_{ex} F_{ey} F_{ez} = -1,1E+11 \text{ (kN)}^3$$

$$f(x) = x^3 + -3,0E+05 x^2 + 3,6E+08 x + -1,1E+11 \quad -\frac{1}{3} b / a = 9,9E+04$$

$$p = \frac{1}{3} (3c - b^2) = -3E+10 \quad q = f(-\frac{1}{3}b/a) = -2E+15 \quad q^2 / 4 + p^3 / 27 > 0$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 > 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q - (q^2 / 4 + p^3 / 27)^{\frac{1}{2}}]^{\frac{1}{3}} = 98845,4$$

$$v = \frac{1}{3} p / u = 98845,4$$

$$F_{e1} = u + v + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = 297148,0 \text{ kN} \quad y = -2,020$$

$$F_{e2} = -\frac{1}{2} [(1 - 3^{\frac{1}{2}} i) u + (1 + 3^{\frac{1}{2}} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2} = 612 + 0 \text{ i kN}$$

$$F_{e3} = -\frac{1}{2} [(1 + 3^{\frac{1}{2}} i) u + (1 - 3^{\frac{1}{2}} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e3} = 612 + 0 \text{ i kN}$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 = 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q]^{\frac{1}{3}} = -$$

$$F_{e1} = 2u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2,3} = -u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2,3} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 < 0$$

$$A = \arccos [(1/2 q / p) (-3 / p)^{\frac{1}{2}}] = -$$

$$F_{e1} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos [\frac{1}{3} (A + 2\pi)] \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos [\frac{1}{3} (A + 4\pi)] \rightarrow F_{e2} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e3} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{\frac{1}{2}} \cos (\frac{1}{3} A) \rightarrow F_{e3} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e1} = 297148 \text{ kN} \quad F_{e2} = - \text{ kN} \quad F_{e3} = - \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = 297148 \text{ kN} \quad N_{cr,y} = 612 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 611,9 \text{ kN}$$

$$M_{A,y} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,y} = 24,909 \text{ kNm} \quad M_{C,y} = \psi_z M_{A,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{A,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = 0,00 - \quad \alpha_{s,y} = 0,00 - \quad \alpha_{h,y} = 0 -$$

$$\psi_z = 0,00 - \quad \alpha_{s,z} = 0,00 - \quad \alpha_{h,z} = 0 -$$

Bijlage B: Methode 2: Interactiefactoren bij art. 6.3.3 (4)

Tabel B2: Interactiefactoren voor staven die gevoelig zijn voor vervorming door torsie

			C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}			
			y-as		z-as	
	$-1 \leq \psi \leq 1$					
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$			v	
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$			v	
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$			v	
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$				
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$				
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$				

Tabel B1: Interactiefactoren voor staven die niet gevoelig zijn voor vervorming door torsie

klasse 3 en 4			0	klasse 1 en 2			1
k_{yy}	$C_{my} [1 + 0,6 \lambda_y A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,6 A]$			$C_{my} [1 + (\lambda_y - 0,2) A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,8 A]$	$0,99$ $\leq 0,96$		$0,96$
k_{yz}	k_{zz}			$0,6 k_{zz}$			$0,00$
k_{zy}	$0,8 k_{yy}$			$0,6 k_{yy}$			$0,58$
k_{zz}	$C_{mz} [1 + 0,6 \lambda_z B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,6 B]$			$C_{mz} [1 + (\lambda_z - 0,2) B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,8 B]$	$0,00$ $\leq 0,00$		$0,00$

$N_{Rk} = A f_{ya} / \gamma_{M0} = 1147,1 \text{ kN}$	art. 6.2.4	$\lambda_y = 1,37$	$\lambda_z = 1,37$	art.6.3.1.3
$N_{Ed} = 35,1 \text{ kN}$		$\chi_y = 0,36$	$\chi_z = 0,36$	art.6.3.1.3
$A = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_y N_{Rk} = 0,08$		$\chi_{LT,y} = 1,00$	$\chi_{LT,z} = 1,00$	art.6.3.2
$B = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_z N_{Rk} = 0,08$		$C_{my} = 0,90$	$C_{mz} = 0,00$	
$e_{NY} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{y,Ed} = e_{N,z} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yy} = 0,96$		
$e_{NZ} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{z,Ed} = e_{N,y} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yz} = 0,00$		
$M_{y,Ed} = 25 \text{ kNm}$	$M_{y,Rk} = M_{cy,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	$k_{zy} = 0,58$		
$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$	$M_{z,Rk} = M_{cz,Rd} = 65,7 \text{ kNm}$	$k_{zz} = 0,00$		

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.61)$$

$$0,08 + 0,3646 + 0 = 0,45 \leq 1 \text{ voldoet}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.62)$$

$$0,08 + 0 + 0 = 0,08 \leq 1 \text{ voldoet}$$

Berekening tussenkolom

RHS 160/80/4 CF

norm: EN 10219-1	f_{yd}	=	275 N/mm ²	β_w	=	0,85 -	E	=	210000 N/mm ²
staal: S275 J0H	f_u	=	430 N/mm ²	ϵ	=	0,92 -	v	=	0,3 -
	f_{ya}	=	313 N/mm ²	η	=	1,2 -	G	=	80769 N/mm ²
h, D = 160 mm	y_0	=	0,0 mm	I_y	=	597,7 cm ⁴	I_z	=	203,5 cm ⁴
b = 80 mm	z_0	=	0,0 mm	i_y	=	5,7 cm	i_z	=	3,3 cm
d, y = mm	A	=	18,15 cm ²	$W_{el,y}$	=	74,7 cm ³	$W_{el,z}$	=	50,9 cm ³
t_w = 4,0 mm	A_{ϕ}	=	0 mm ²	S_y	=	46,4 cm ³	S_z	=	28,7 cm ³
t_f = mm	O	=	46,6 cm	$W_{pl,y}$	=	92,9 cm ³	$W_{pl,z}$	=	57,4 cm ³
r = 8,0 mm	M	=	14,2 kg/m'	$A_{v,z}$	=	12,1 cm ²	$A_{v,y}$	=	6,0 cm ²
r_1 = 4,0 mm	I_p	=	0,0 cm ³	I_t	=	494,1 cm ⁴	C_w	=	88,0 cm ⁶

Krachten, unity checks (u.c)

N_{Ed}^+ = 35,1 kN	$M_{Ed,y}$ = 15,6 kNm	$T_{Ed,x}$ = 0,0 kNm	$V_{Ed,y}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^+ = 569 kN	$M_{Rd,y}$ = 29,1 kNm	$T_{Rd,x}$ = 17,2 kNm	$V_{Rd,y}$ = 218,8 kN
u.c. = 0,1 -	u.c. = 0,5 -	u.c. = 0,0 -	u.c. = 0,0 -
N_{Ed}^- = -35,1 kN	$M_{Ed,z}$ = 0,0 kNm		$V_{Ed,z}$ = 0,0 kN
N_{Rd}^- = -109,7 kN	$M_{Rd,z}$ = 18,0 kNm		$V_{Rd,z}$ = 109,4 kN
u.c. = 0,3 -	u.c. = 0,0 -		u.c. = 0,0 -

art. 6.2.8 - 6.2.10

EN-1993-1-5 (4.15)

art. 6.2.9

$$n_y = 1,00 - \quad n_z = 1,00 -$$

$$N_{Ed} / N_{C,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = \mathbf{0,9}$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^{\alpha} + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^{\beta} = \mathbf{0,3}$$

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^{\alpha} + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^{\beta} = \mathbf{0,3}$$

art. 6.3.1

art. 6.3.2

art. 6.3.3

$$N_{b,Rd,y} = 252,6 \text{ kN} \quad N_{b,Rd,z} = 109,7 \text{ kN} \quad N_{cr,TF} = 139 \text{ kN}$$

$$M_{b,Rd} = \text{\#VERW! kNm}$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \mathbf{0,67} -$$

$$\frac{N_{Ed}^-}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} = \mathbf{0,32} -$$

art. 6.3.3 & Bijlage B

y - as

q-last

ongeschoord

situatie 2

Tabel 6.6

$$M_{A,y} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{S,y} = \mathbf{15,6} \text{ kNm}$$

$$M_{C,y} = \psi_y M_{A,y} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$\psi_y = \mathbf{0} -$$

$$k_{c,y} = \mathbf{0,91} -$$

z - as

puntlast

geschoord

situatie 2

Tabel 6.6

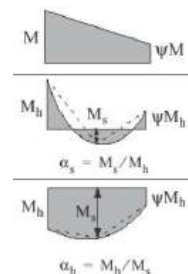
$$M_{A,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{S,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = \mathbf{0} \text{ kNm}$$

$$\psi_z = \mathbf{0} -$$

$$k_{c,z} = \mathbf{1,00} -$$



Kniklengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 5,50 \text{ m} \\ L_x &= 5,50 \text{ m} \\ L_z &= 5,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

Kiplengtes

$$\begin{aligned} L_y &= 5,50 \text{ m} \\ L_x &= 5,50 \text{ m} \\ L_z &= 5,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_y &= 1 - \\ K_x &= 1 - \\ K_z &= 1 - \end{aligned}$$

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (lijf)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 19 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 208 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = -189 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 228 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	-0,83
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq 103$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > 103$
klasse 2	klasse 1	klasse 2	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0,92 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= h - 2(t_f + r) \\ &= 136 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 36,8 - \\ z_N &= 80 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned} \psi &= -1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 23,9 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,26 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 68 \text{ mm} \quad b_c = 68 \text{ mm} \quad b_{eff} = 68 \text{ mm} \\ b_1 &= 27,2 \text{ mm} \quad b_2 = 40,8 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned} \psi &= 1 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,65 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} \quad b_c = 136 \text{ mm} \quad b_{eff} = 136,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 68,0 \text{ mm} \quad b_2 = 68,0 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned} \psi &= -0,8 \quad \sigma_1 = -\sigma_2 \quad k_\sigma = 19,8 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \epsilon k_\sigma^{1/2}) = 0,29 - \leq 0,748 \rightarrow \rho = 1,00 \\ b_t &= 62 \text{ mm} \quad b_c = 74 \text{ mm} \quad b_{eff} = 74 \text{ mm} \\ b_1 &= 30 \text{ mm} \quad b_2 = 45 \text{ mm} \end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

art. 5.6 tabel 5.2 Maximale breedte dikte ratio op druk belaste onderdelen (flens)

Elastische spanningsverdeling

$$\sigma_{NEd} = 19 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{My,Ed} = \pm 0 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{min} = 19 \text{ N/mm}^2 \quad \sigma_{max} = 19 \text{ N/mm}^2$$

	buiging	druk	druk & buiging
ψ	-1	1	1,00
klasse 1	$c / (t \epsilon) \leq 72$	$c / (t \epsilon) \leq 33$	$c / (t \epsilon) \leq 72$
klasse 2	$c / (t \epsilon) \leq 83$	$c / (t \epsilon) \leq 38$	$c / (t \epsilon) \leq 83$
klasse 3	$c / (t \epsilon) \leq 124$	$c / (t \epsilon) \leq 42$	$c / (t \epsilon) \leq \#GETAL!$
klasse 4	$c / (t \epsilon) > 124$	$c / (t \epsilon) > 42$	$c / (t \epsilon) > \#GETAL!$
klasse 1	klasse 1	klasse 1	klasse 1

$$\begin{aligned} \epsilon &= 0,92 - \\ \alpha &= 0,5 - \\ c &= b - 2(t_f + r) \\ &= 56 \text{ mm} \\ c / (t_w \epsilon) &= 15,1 - \\ y_N &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

Klasse 4: volgens NEN-EN1993-1-5 art. 4.4 Tabel 4.1 inwendig op druk belaste elementen (lijf)

buiging

$$\begin{aligned}\psi &= -1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 23,9 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,11 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 28 \text{ mm} & b_c &= 28 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 28 \text{ mm} \\ b_1 &= 11,2 \text{ mm} & b_2 &= 16,8 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk

$$\begin{aligned}\psi &= 1 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,27 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 56 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 56,0 \text{ mm} \\ b_1 &= 28 \text{ mm} & b_2 &= 28 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

druk & buiging

$$\begin{aligned}\psi &= 1,0 & \sigma_1 &= -\sigma_2 & k_\sigma &= 4,0 - \\ \lambda_p &= (c / t_f) / (28,4 \varepsilon k_\sigma^{1/2}) & &= 0,27 - \leq 0,748 & \rightarrow \rho &= 1,00 \\ b_t &= 0 \text{ mm} & b_c &= 56 \text{ mm} & b_{\text{eff}} &= 56 \text{ mm} \\ b_1 &= 28 \text{ mm} & b_2 &= 28 \text{ mm}\end{aligned}$$

geen gereduceerde doorsnede

	buiging	druk	druk & buiging	$\varepsilon = (235 / f_{ya})^{1/2}$
klasse 1	$c / (t \varepsilon) \leq 72$	$c / (t \varepsilon) \leq 33$	$c / (t \varepsilon) \leq 72$	$= 0,87 -$
klasse 2	$c / (t \varepsilon) \leq 83$	$c / (t \varepsilon) \leq 38$	$c / (t \varepsilon) \leq 83$	$\alpha = 0,5 -$
klasse 3	$c / (t \varepsilon) \leq 124$	$c / (t \varepsilon) \leq 42$	$c / (t \varepsilon) \leq 124$	$\psi = -1 -$
klasse 4	$c / (t \varepsilon) > 124$	$c / (t \varepsilon) > 42$	$c / (t \varepsilon) > 62$	
zwakke as	$c / t = [b - 2(t + r_i)] / t = 16 -$	$\rightarrow c / (t \varepsilon) = 18 -$		
sterke as	$c / t = [h - 2(t + r_i)] / t = 36 -$	$\rightarrow c / (t \varepsilon) = 42 -$		

	buiging	druk	druk & buiging	
zwakke as	klasse 1	klasse 1	klasse 1	$\rightarrow$ klasse 1
sterke as	klasse 1	klasse 3	klasse 1	

Roarks formula's for stress and strain tabel 10.1, case 16

$$\begin{aligned}\tau_{av.} &= \frac{T_{Ed,x}}{2 t (b - t) (h - t)} \leq \frac{f_{ya}}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \rightarrow T_{Rd,x} \leq \frac{2 f_y t (b - t) (h - t)}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} \leq 17,2 \text{ kNm} \\ K &= \frac{2 t^2 (b - t)^2 (h - t)^2}{b t + h t - 2 t^2} = 484,7 \text{ cm}^4 \approx I_t\end{aligned}$$

Berekening

art. 6.2.3 Trek

$N_{Ed} / N_{t,Rd} \leq 1,0$		568,5 kN	art. 6.2.3	(6.5)
$N_{pl,Rd} = A f_{ya} / \gamma_{M0}$	vloeiën brutodoorsnede	-568,5 kN	art. 6.2.4	(6.6)
$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} f_u / \gamma_{M2}$	lokaal bezwijken doorsnede met gaten			(6.7)
$N_{net,Rd} = A_{net} f_{ya} / \gamma_{M0}$	verbindingen cat. C (glijvast) volgens art. 3.4.1 EN 1993-1-8			(6.8)
$N_{pl,Rd} = 568,5 \text{ kN}$	(6.6)	$N_{u,Rd} = 561,9 \text{ kN}$	(6.7)	$N_{net,Rd} = 568,5 \text{ kN}$ (6.8)

art. 6.2.4 Druk

$N_{Ed} / N_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.9)
$N_{c,Rd} = A f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 1, 2 of 3			(6.10)
$N_{c,Rd} = A_{eff} f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 4			(6.11)
$N_{c,Rd} = 568,5 \text{ kN}$	(6.10)	$N_{c,Rd} = 568,5 \text{ kN}$	(6.11)	

art. 6.2.5 Buiging

$M_{Ed} / M_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.12)
$M_{c,Rd} = n W_{pl} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{pl,Rd}$	doorsnedeklasse 1 of 2			(6.13)
$M_{c,Rd} = n W_{el,min} f_{ya} / \gamma_{M0} = M_{el,Rd}$	doorsnedeklasse 3			(6.14)
$M_{c,Rd} = n W_{eff,min} f_{ya} / \gamma_{M0}$	doorsnedeklasse 4			(6.15)
verwaarlozing gataftrek flenzen	$A_{f,net} 0,9 f_u / \gamma_{M2} \geq A_f f_y / \gamma_{M0}$			(6.16)
n volgens art. 6.2.8 - 6.2.10	$V_{Ed,y} \rightarrow n_y M_{c,z,Rd}$ $n_y = 1,00 - n_z = 1,00 -$	$V_{Ed,z} \rightarrow n_z M_{c,y,Rd}$		
$M_{c,y,Rd} = 29,1 \text{ kNm}$	(6.13)	$M_{c,y,Rd} = 29,1 \text{ kNm}$	(6.14)	$M_{c,Rd} = 29,1 \text{ kNm}$ (6.15)
$M_{c,z,Rd} = 18,0 \text{ kNm}$	(6.13)	$M_{c,z,Rd} = 18,0 \text{ kNm}$	(6.14)	$M_{c,Rd} = 18,0 \text{ kNm}$ (6.15)

art. 6.2.6 Afschuiving

$V_{Ed} / V_{c,Rd} \leq 1,0$				(6.17)
$V_{pl,Rd} = (A_v f_y) / (\sqrt{3} \gamma_{M0})$				(6.18)
$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} \leq 1,0$	met: $\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I t} \rightarrow V_{Ed} \leq \frac{2 f_y I_{y,z} t}{\sqrt{3} S_{y,z} \gamma_{M0}}$			(6.19), (6.20)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2}$				(6.26)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} [1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / (1,25 f_y)]^{1/2} - \tau_{w,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y$				(6.27)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y)$				(6.28)
$V_{pl,y,Rd} = 219 \text{ kN}$	(6.18)	$V_{pl,y,T,Rd} = 219 \text{ kN}$		(6.18)
$V_{pl,z,Rd} = 109 \text{ kN}$	(6.18)	$V_{pl,z,T,Rd} = 109 \text{ kN}$		(6.18)

Torsie en dwarskracht

plastisch, klasse 1, 2	$V_{pl,y,Rd} = 218,8 \text{ kN}$	$V_{pl,z,Rd} = 109,4 \text{ kN}$	(6.18)
elastisch klasse 3, 4	$V_{Ed,y} = 186,3 \text{ kN}$	$V_{Ed,z} = 102,6 \text{ kN}$	(6.20)

art. 6.2.7 Torsie

$T_{Ed} / T_{Rd} \leq 1,0$			(6.23)
$T_{Ed} = T_{t,Ed} + T_{w,Ed}$			(6.24)

Torsie & dwarskracht

$V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} \leq 1,0$			(6.25)
$V_{pl,T,Rd} = V_{pl,Rd} (1 - \tau_{t,Ed} \sqrt{3} \gamma_{M0} / f_y) = V_{pl,Rd} (1 - T_{Ed,x} / T_{Rd,x})$			(6.28)
$T_{Ed,x} / T_{Rd,x} = 0,00 -$			(6.23)

art. 6.2.8 Buiging en afschuiving

art. 6.2.10 Buiging, afschuiving en normaalkracht

$$\begin{aligned} V_{Ed} / V_{pl,Rd} &\leq 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} &\leq 0,5 &\rightarrow \rho &= 0 \\ V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 & V_{Ed} / V_{pl,Rd} &> 0,5 &\rightarrow n &= (1 - \rho) \end{aligned} \quad (6.29)$$

$$\begin{aligned} \text{dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,Rd} - 1)^2 & \rho_y &= 0,0 - \rightarrow n_y = 1,0 - \\ \text{torsie \& dwarskracht} &\quad \rho = (2 V_{Ed} / V_{pl,T,Rd} - 1)^2 & \rho_z &= 0,0 - \rightarrow n_z = 1,0 - \end{aligned}$$

interactie van belasting haaks op de staafas volgens art. 7.2 EN 1993-1-5

$$\eta_1 = N_{Ed} / N_{c,t,Rd} + M_{y,Ed} / M_{y,Rd} + M_{z,Ed} / M_{z,Rd} = 0,9 \leq 1,0 \quad (4.14) \quad (4.15)$$

$$\eta_2 = V_{z,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0 \quad (6.14)$$

$$\eta_3 = V_{y,Rd} V_{M1} / V_{M0} = 0,0 \leq 1,0$$

$$\text{art. 6.2.8} \quad \eta_1 + (2 \eta_3 - 1)^2 = 0,0 \leq 1,0 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.1)$$

$$\text{art. 6.2.10} \quad \eta_2 + 0,8 \eta_1 = 0,0 \leq 1,4 \quad \eta_3 \leq 0,5 \quad (7.2)$$

art. 6.2.9 Buiging en normaalkracht

$$M_{Ed} / M_{N,Rd} \leq 1,0 \quad \text{art. 6.2.9.1 Doorsnedeklasse 1 of 2} \quad (6.31)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.2 Doorsnedeklasse 3} \quad (6.42)$$

$$\sigma_{x,Ed} \leq f_y / \gamma_{M0} \quad \text{art. 6.2.9.3 Doorsnedeklasse 4} \quad (6.43)$$

$\sigma_{x,Ed}$ normaalspanning volgens art. 6.2.3, 6.2.4 en 6.2.5

$$\text{alternatief klasse 4:} \quad \frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y,min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z,min} f_y / \gamma_{M0}} \leq 1 \quad (6.44)$$

$$n_{y,6.2.10} = 1,0 - n_{z,6.2.10} = 1,0 - \text{art.6.2.10}$$

$$n_{y,z,6.2.9} = n_{y,z,6.2.10} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w)$$

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_w) = 1,00 M_{pl,y,Rd} \leq M_{pl,y,Rd} = 29 \text{ kNm} \quad (6.39)$$

$$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} (1 - n) / (1 - 0,5 a_f) = 1,00 M_{pl,z,Rd} \leq M_{pl,z,Rd} = 18 \text{ kNm} \quad (6.40)$$

$$a_w = (A - 2 b t_f) / A \leq 0,5 = 0,6 -$$

$$a_f = (A - 2 h t_w) / A \leq 0,5 = 0,3 -$$

$$N_{pl,Rd} = 569 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.3} = 568,5 \text{ kN} \quad \text{art. 6.2.4}$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,1 -$$

twee-assige buiging

$$(M_{y,Ed} / M_{N,y,Rd})^\alpha + (M_{z,Ed} / M_{N,z,Rd})^\beta = 0,31 \leq 1 \quad (6.41)$$

$$n = N_{Ed} / N_{pl,Rd} = 0,3 -$$

$$\alpha = \beta = 1,66 / (1 - 1,13 n^2) = 1,9 \leq 6$$

art. 6.3 Nikweerstand van staven

art. 6.3.1.1 - 6.3.1.2 Op druk belaste staven

$$N_{Ed} / N_{b,Rd} \leq 1,0 \quad (6.46)$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.47)$$

$$N_{b,Rd,y,z} = \chi_{y,z} A_{eff} f_y / \gamma_{M1} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.48)$$

$$\chi_{y,z} = (\phi_{y,z} + (\phi_{y,z}^2 - \lambda_{y,z}^2)^{1/2})^{-1} \leq 1 \quad (6.49)$$

$$\phi_{y,z} = \frac{1}{2} (1 + \alpha (\lambda_{y,z} - 0,2) + \lambda_{y,z}^2) \quad (6.50)$$

$$\lambda_{y,z} = (A f_y / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 1, 2, 3} \quad (6.51)$$

$$\lambda_{y,z} = (A_{eff} f_o / N_{cr,z})^{1/2} \quad \text{Doorsnedeklasse 4} \quad (6.52)$$

$$\lambda_{y,z} \leq 0,2 \quad N_{Ed} / N_{cr,z} \leq 0,04 \quad \text{Nik mag worden verwaarloosd}$$

$$\text{y - as} \quad \lambda_y = 1,18 - \text{z - as} \quad \lambda_z = 2,02 -$$

$$L_{cr,y} = 5,5 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 - L_{cr,z} = 5,5 \text{ m} \quad \alpha = 0,49 -$$

$$N_{cr,y} = 410 \text{ kN} \quad \phi_y = 1,43 - N_{cr,z} = 139 \text{ kN} \quad \phi_z = 2,98 -$$

$$N_{b,Rd,y} = 252,6 \text{ kN} \quad \chi_y = 0,44 - N_{b,Rd,z} = 109,7 \text{ kN} \quad \chi_z = 0,19 -$$

art. 6.3.1.4 Torsie of torsieknik

Algemene vergelijking

$$y = (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) (N_{cr,TF} - N_{cr,z}) (N_{cr,TF} - N_{cr,T}) - N_{cr,TF}^2 (z_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,y}) - N_{cr,TF}^2 (y_0^2 / i_0^2) (N_{cr,TF} - N_{cr,z})$$

$$N_{cr,y,z} = \pi^2 E I_{y,z} / L_{cr,y,z}^2 \quad N_{cr,y} = 409,5 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 139,5 \text{ kN} \quad (6.47) \quad (6.48)$$

$$N_{cr,T} = [G I_t + \pi^2 E C_w / \ell_t^2] i_0^{-2} = 204729,0 \text{ kN} \quad (6.33a)$$

$$i_{y,g} = 6 \text{ mm} \quad y_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (y_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_{z,g} = 3 \text{ mm} \quad z_{o,g} = 0 \text{ mm} \quad (z_0 / i_0)^2 = 0 -$$

$$i_0^2 = i_{y,g}^2 + i_{z,g}^2 + y_{o,g}^2 + z_{o,g}^2 = 44 \text{ mm}^2$$

$$\text{substitutie: } N_{cr,TF} = F_e \quad N_{cr,y} = F_{ex} \quad N_{cr,z} = F_{ey} \quad N_{cr,T} = F_{ez} \quad (\text{AISC})$$

$$y = (F_e - F_{ex}) (F_e - F_{ey}) (F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey}) (y_0 / i_0)^2 - F_e^2 (F_e - F_{ex}) (z_0 / i_0)^2 = 0$$

$$\rightarrow y = F_e^3 [1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2] - F_e^2 [(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2] - F_{ex} (z_0 / i_0)^2 + F_{ex} (F_{ex} F_{ey} + F_{ex} F_{ez} + F_{ey} F_{ez}) - F_{ex} F_{ey} F_{ez} = 0$$

$$\rightarrow y = A F_e^3 - B F_e^2 + C F_e - D = 0$$

$$\rightarrow y = F_e^3 - (B / A) F_e^2 + (C / A) F_e - D / A = a F_e^3 - b F_e^2 + c F_e - d = 0$$

$$A = 1 - (y_0 / i_0)^2 - (z_0 / i_0)^2 = 1,0E+00 -$$

$$-B = -[(F_{ex} + F_{ey} + F_{ez}) - F_{ey} (y_0 / i_0)^2 - F_{ex} (z_0 / i_0)^2] = -2,1E+05 \text{ kN}$$

$$C = F_{ex} F_{ey} + F_{ex} F_{ez} + F_{ey} F_{ez} = 1,1E+08 \text{ (kN)}^2$$

$$-D = -F_{ex} F_{ey} F_{ez} = -1,2E+10 \text{ (kN)}^3$$

$$f(x) = x^3 + -2,1E+05 x^2 + 1,1E+08 x + -1,2E+10 \quad -\frac{1}{3} b / a = 6,8E+04$$

$$p = \frac{1}{3} (3c - b^2) = -1E+10 \quad q = f(-\frac{1}{3}b/a) = -6E+14 \quad q^2 / 4 + p^3 / 27 < 0$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 > 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q - (q^2 / 4 + p^3 / 27)^{1/2}]^{1/3} = -$$

$$v = \frac{1}{3} p / u = -$$

$$F_{e1} = u + v + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2} = -\frac{1}{2} [(1 - 3^{1/2} i) u + (1 + 3^{1/2} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2} = - + \text{ kN}$$

$$F_{e3} = -\frac{1}{2} [(1 + 3^{1/2} i) u + (1 - 3^{1/2} i) v] + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e3} = - + \text{ kN}$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 = 0$$

$$u = [-\frac{1}{2} q]^{1/3} = - -$$

$$F_{e1} = 2u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e1} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$F_{e2,3} = -u + (-\frac{1}{3} b / a) \rightarrow F_{e2,3} = - \text{ kN} \quad y = -$$

$$q^2 / 4 + p^3 / 27 < 0$$

$$A = \arccos [(1/2 q / p) (-3 / p)^{1/2}] = 0 -$$

$$F_{e1} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{1/2} \cos [1/3 (A + 2\pi)] \rightarrow F_{e1} = 139 \text{ kN} \quad y = -0,144$$

$$F_{e2} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{1/2} \cos [1/3 (A + 4\pi)] \rightarrow F_{e2} = 410 \text{ kN} \quad y = -0,143$$

$$F_{e3} = 2 (-\frac{1}{3} p)^{1/2} \cos (1/3 A) \rightarrow F_{e3} = 204729 \text{ kN} \quad y = -0,425$$

$$F_{e1} = 139 \text{ kN} \quad F_{e2} = 410 \text{ kN} \quad F_{e3} = 204729 \text{ kN}$$

$$N_{cr,TF} = 139 \text{ kN} \quad N_{cr,y} = 410 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = 139,5 \text{ kN}$$

$$M_{A,y} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,y} = 15,555 \text{ kNm} \quad M_{C,y} = \psi_z M_{A,y} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{A,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{s,z} = 0 \text{ kNm} \quad M_{C,z} = \psi_z M_{A,z} = 0 \text{ kNm}$$

$$\psi_y = 0,00 - \quad \alpha_{s,y} = ##### - \quad \alpha_{h,y} = 0 -$$

$$\psi_z = 0,00 - \quad \alpha_{s,z} = 0,00 - \quad \alpha_{h,z} = 0 -$$

Bijlage B: Methode 2: Interactiefactoren bij art. 6.3.3 (4)

Tabel B2: Interactiefactoren voor staven die gevoelig zijn voor vervorming door torsie

			C_{my}, C_{mz}, C_{mLT}			
			y-as		z-as	
		$-1 \leq \psi \leq 1$				
	$0 \leq \alpha_s \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$	####	#####	v	
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$	####	#####	v	
	$-1 \leq \alpha_s \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$	####	#####	v	
	$0 \leq \alpha_h \leq 1$	$-1 \leq \psi \leq 1$				
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$0 \leq \psi \leq 1$				
	$-1 \leq \alpha_h \leq 0$	$-1 \leq \psi \leq 0$				

Tabel B1: Interactiefactoren voor staven die niet gevoelig zijn voor vervorming door torsie

klasse 3 en 4			0	klasse 1 en 2			1
k_{yy}	$C_{my} [1 + 0,6 \lambda_y A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,6 A]$			$C_{my} [1 + (\lambda_y - 0,2) A]$ $\leq C_{my} [1 + 0,8 A]$	$1,02$ $\leq 1,00$		$1,00$
k_{yz}	k_{zz}			$0,6 k_{zz}$			$0,00$
k_{zy}	$0,8 k_{yy}$			$0,6 k_{yy}$			$0,60$
k_{zz}	$C_{mz} [1 + 0,6 \lambda_z B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,6 B]$			$C_{mz} [1 + (\lambda_z - 0,2) B]$ $\leq C_{mz} [1 + 0,8 B]$	$0,00$ $\leq 0,00$		$0,00$

$N_{Rk} = A f_{ya} / \gamma_{M0} = 568,5 \text{ kN}$	art. 6.2.4	$\lambda_y = 1,18$	$\lambda_z = 2,02$	art.6.3.1.3
$N_{Ed} = 35,1 \text{ kN}$		$\chi_y = 0,44$	$\chi_z = 0,19$	art.6.3.1.3
$A = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_y N_{Rk} = 0,14$		$\chi_{LT,y} = 1,00$	$\chi_{LT,z} = 1,00$	art.6.3.2
$B = N_{Ed} \gamma_{M1} / \chi_z N_{Rk} = 0,32$		$C_{my} = 0,90$	$C_{mz} = 0,00$	
$e_{Ny} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{y,Ed} = e_{N,z} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yy} = 1,00$		
$e_{Nz} = 0 \text{ mm}$	$\Delta M_{z,Ed} = e_{N,y} N_{Ed} = 0 \text{ kNm}$	$k_{yz} = 0,00$		
$M_{y,Ed} = 16 \text{ kNm}$	$M_{y,Rk} = M_{cy,Rd} = 29,1 \text{ kNm}$	$k_{zy} = 0,60$		
$M_{z,Ed} = 0 \text{ kNm}$	$M_{z,Rk} = M_{cz,Rd} = 18,0 \text{ kNm}$	$k_{zz} = 0,00$		

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.61)$$

$$0,14 + 0,5348 + 0 = 0,67 \leq 1 \text{ voldoet}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yz} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk} / \gamma_{M1}} \quad (6.62)$$

$$0,32 + 0 + 0 = 0,32 \leq 1 \text{ voldoet}$$

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'
Dimensies.....: kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
Datum.....: 10/09/2025
Bestand.....: G:\Projecten\2024.236\Berekeningen\24-236 overstk as A'.rww

Belastingbreedte.: 2.000
Rekenmodel.....: 1e-orde-elastisch.
Theorie voor de bepaling van de krachtsverdeling:
 Geometrisch lineair.
 Fysisch lineair.

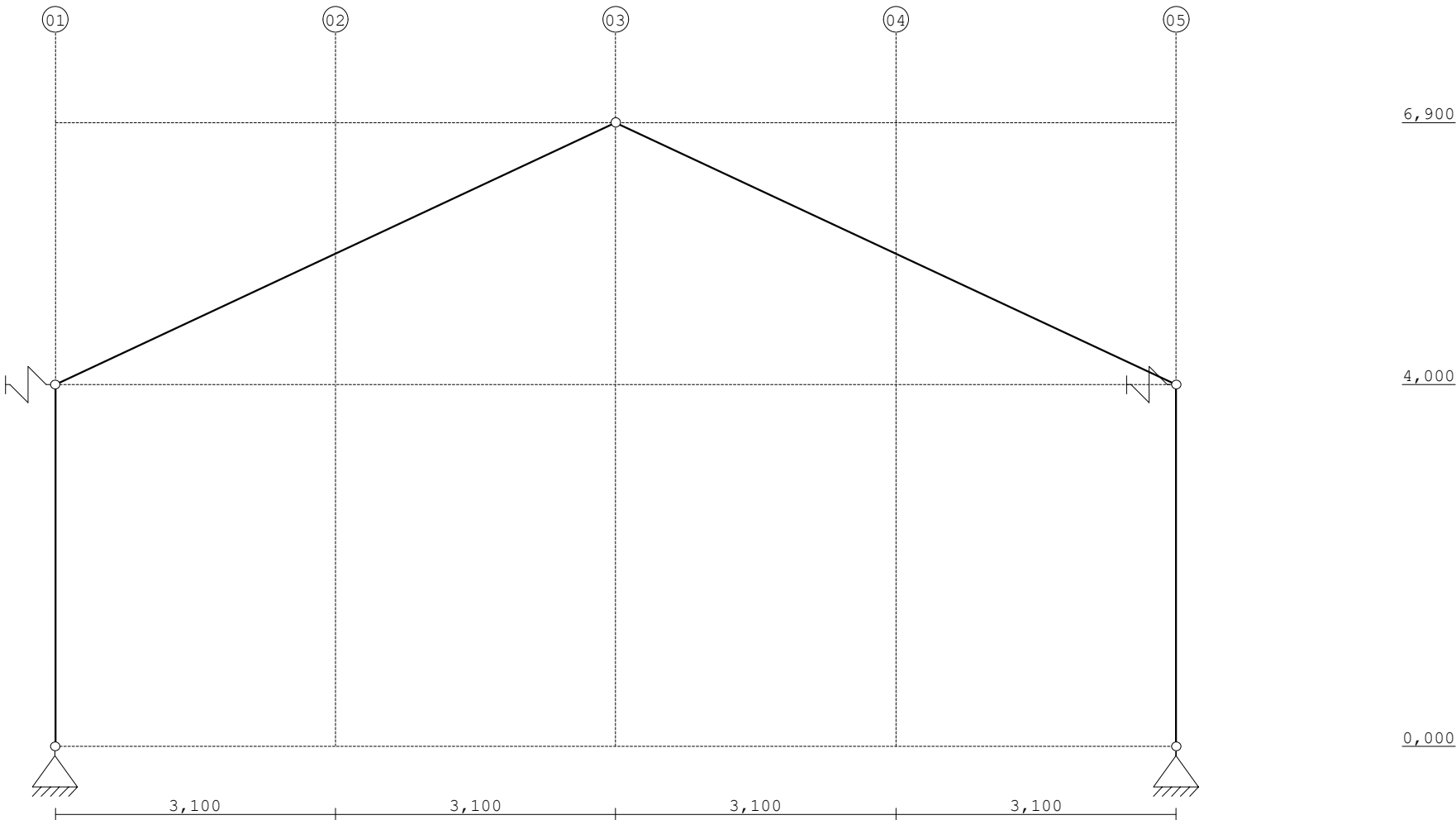
Gunstige werking van de permanente belasting wordt automatisch verwerkt.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-3:2003	A1:2019	NB:2019 (nl)
	NEN-EN 1991-1-4:2005	C2:2023	NB:2019 (nl)
Staal	NEN-EN 1993-1-1:2006	C2:2011,A1:2016	NB:2016 (nl)


K82509

GEOMETRIE



STRAMIENLIJNEN

Nr.	Naam	X	Z-min	Z-max
1	01	0.000	0.000	6.900
2	02	3.100	0.000	6.900
3	03	6.200	0.000	6.900
4	04	9.300	0.000	6.900
5	05	12.400	0.000	6.900

NIVEAUS

Nr.	Z	X-min	X-max
1	0.000	0.000	12.400
2	4.000	0.000	12.400
3	6.900	0.000	12.400

MATERIALEN

Mt	Kwaliteit	E-modulus[N/mm2]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	S235	210000	78.5	0.30	1.2000e-05
2	S275	210000	78.5	0.30	1.2000e-05
3	S355	210000	78.5	0.30	1.2000e-05

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1	HEA160	1:S235	3.8800e+03	1.6730e+07	0.00
2	HEA160	1:S235	3.8800e+03	1.6730e+07	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	160	152	76.0					
2	0:Normaal	160	152	76.0					

PROFIELLENGTES EN -GEWICHTEN

Prof.	Omschrijving	S.M. [kg/m³]	Som lengte [m]	Som gewicht [kg]
1	HEA160	7850	13.689	417
2	HEA160	7850	8.000	244
Totaal			21.689	661

PROFIELVORMEN [mm]

1	HEA160	
2	HEA160	

KNOPEN

Knoop	X	Z
1	0.000	0.000
2	12.400	0.000
3	0.000	4.000
4	12.400	4.000
5	6.200	6.900

STAVEN

St.	ki	kj	Profiel	Aansl.i	Aansl.j	Lengte	Opm.
1	1	3	2:HEA160	NDM	NDM	4.000	
2	4	2	2:HEA160	NDM	NDM	4.000	
3	3	5	1:HEA160	NDM	NDM	6.845	
4	5	4	1:HEA160	NDM	NDM	6.845	

VASTE STEUNPUNTEN

Nr.	knoop	Kode	XZR 1=vast 0=vrij	Hoek
1	1	110		0.00
2	2	110		0.00

VEREN

Veer	Knoop	Richting	Hoek	Veerwaarde	Type	Ondergrens	Bovengrens
1	3	1:X-transl.	0.00	1.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10
2	4	1:X-transl.	0.00	1.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10

BELASTINGGEVALLEN

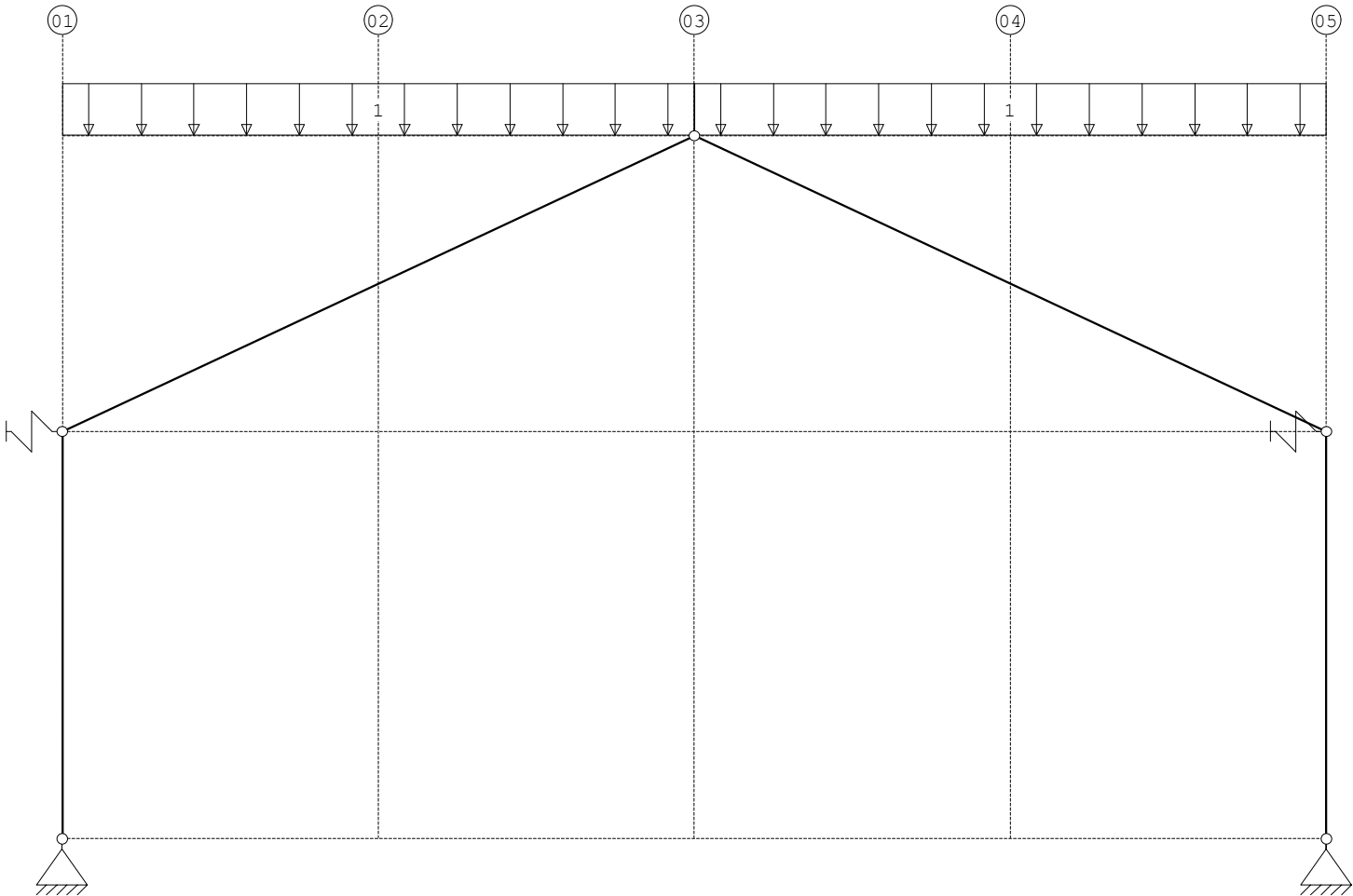
B.G.	Omschrijving	Type
g	1 Permanente belasting EGZ=-1.00	1
	2 Wind op overkapping opwaarts	17
	3 Wind op overkapping neerwaarts	18
	4 Wind op overkapping links	19
	5 Wind op overkapping rechts	20
g	6 Wind op overkapping links B	35
g	7 Wind op overkapping rechts B	36
g	8 Sneeuw A	22
g	9 Sneeuw B	23
g	10 Sneeuw C	33
	11 Knik	0 Onbekend
g	= gegenereerd belastinggeval	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

BELASTINGEN

B.G:1 Permanente belasting

Eigen gewicht van alle staven is meegenomen in berekening. Richting:↓



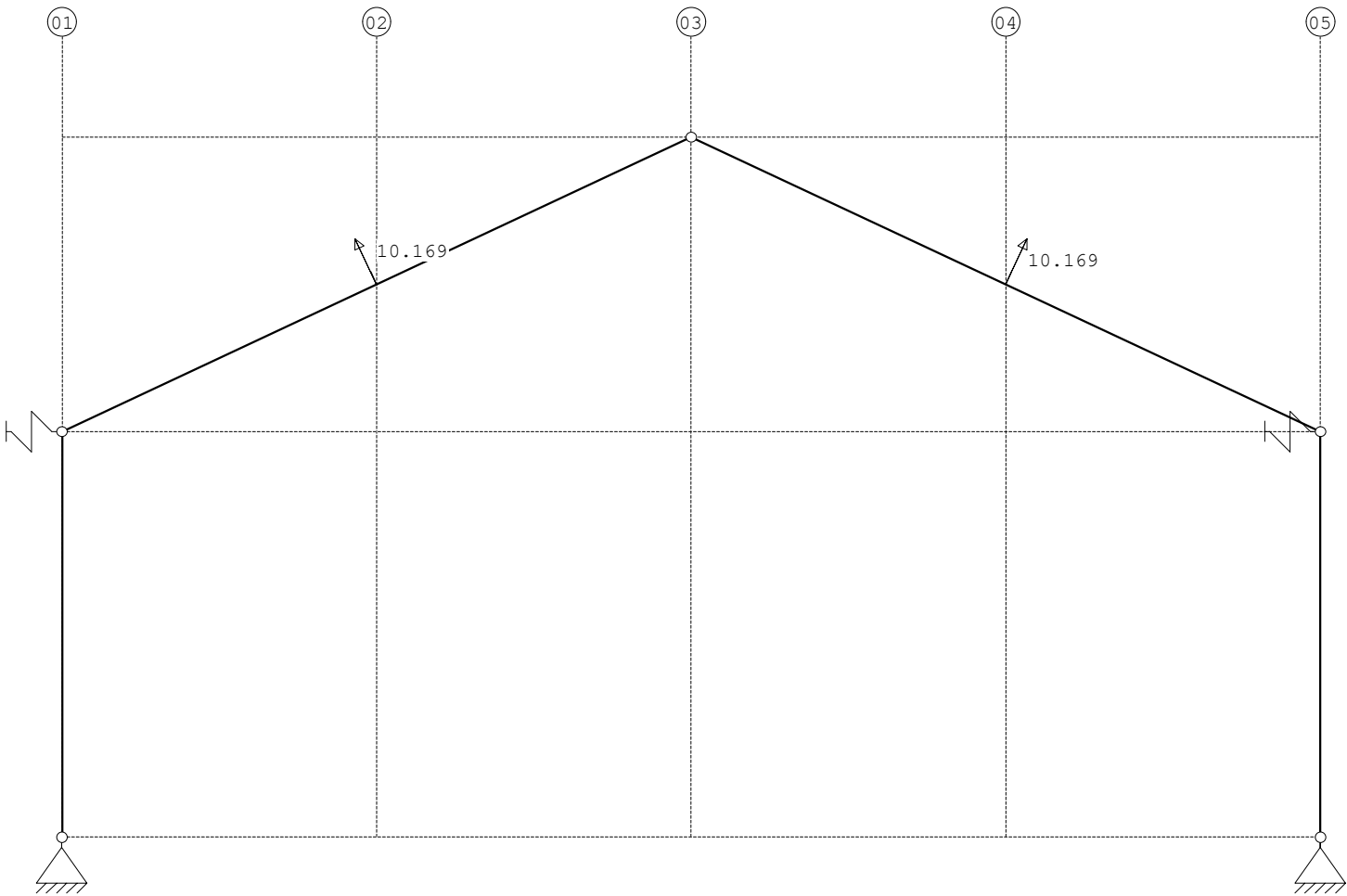
STAAFBELASTINGEN

B.G:1 Permanente belasting

Staat	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	3:QZgeProj.	-1.00	-1.00	0.000	0.000			
4	3:QZgeProj.	-1.00	-1.00	0.000	0.000			

BELASTINGEN

B.G:2 Wind op overkapping opwaarts



STAAFBELASTINGEN

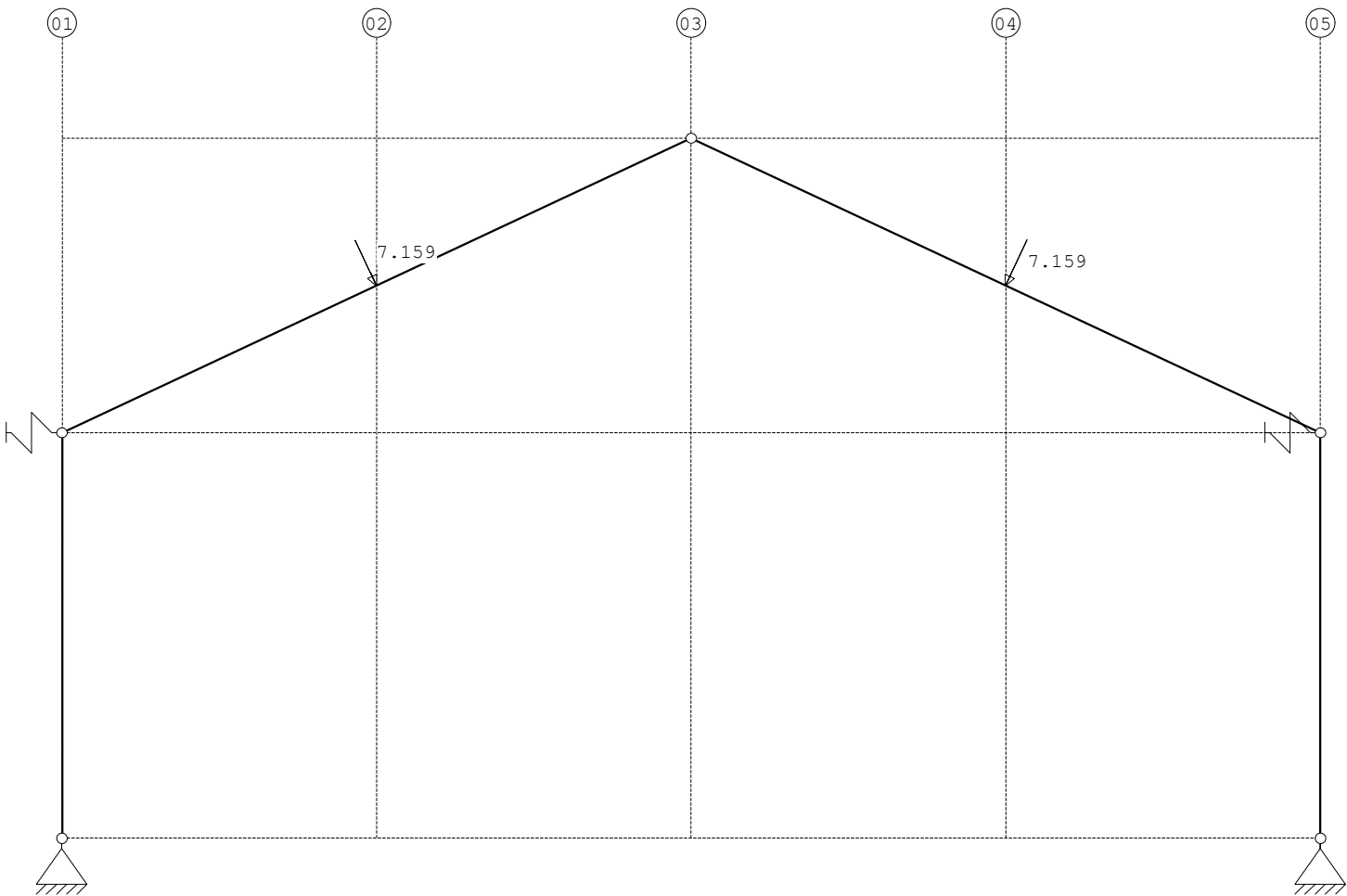
B.G:2 Wind op overkapping opwaarts

Staat	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	8:PZLokaal	10.17		3.422		0.00	0.20	0.00
4	8:PZLokaal	10.17		3.422		0.00	0.20	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

BELASTINGEN

B.G:3 Wind op overkapping neerwaarts



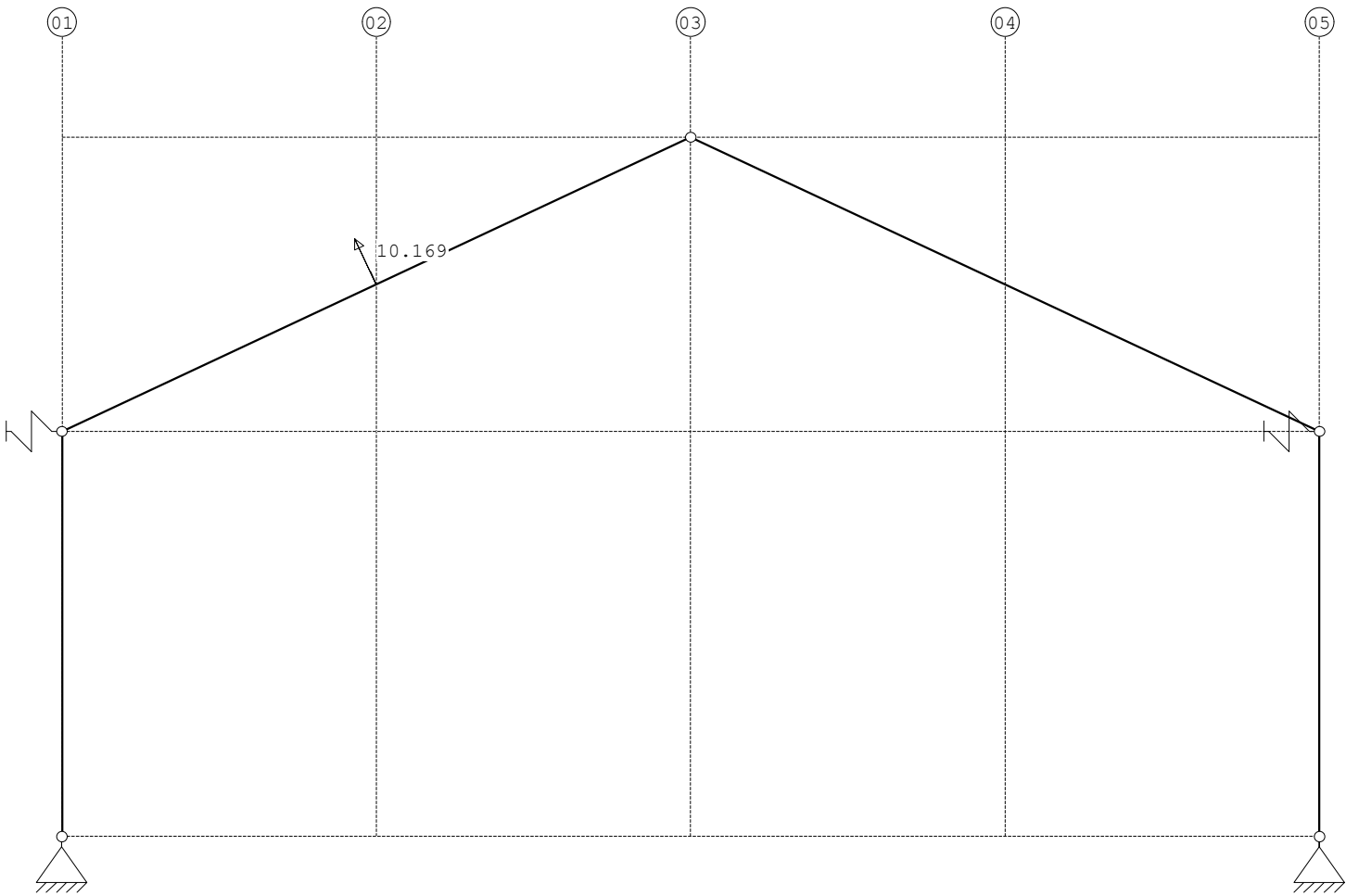
STAAFBELASTINGEN

B.G:3 Wind op overkapping neerwaarts

Staaf	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	8:PZLokaal	-7.16		3.422		0.00	0.20	0.00
4	8:PZLokaal	-7.16		3.422		0.00	0.20	0.00

BELASTINGEN

B.G:4 Wind op overkapping links



STAAFBELASTINGEN

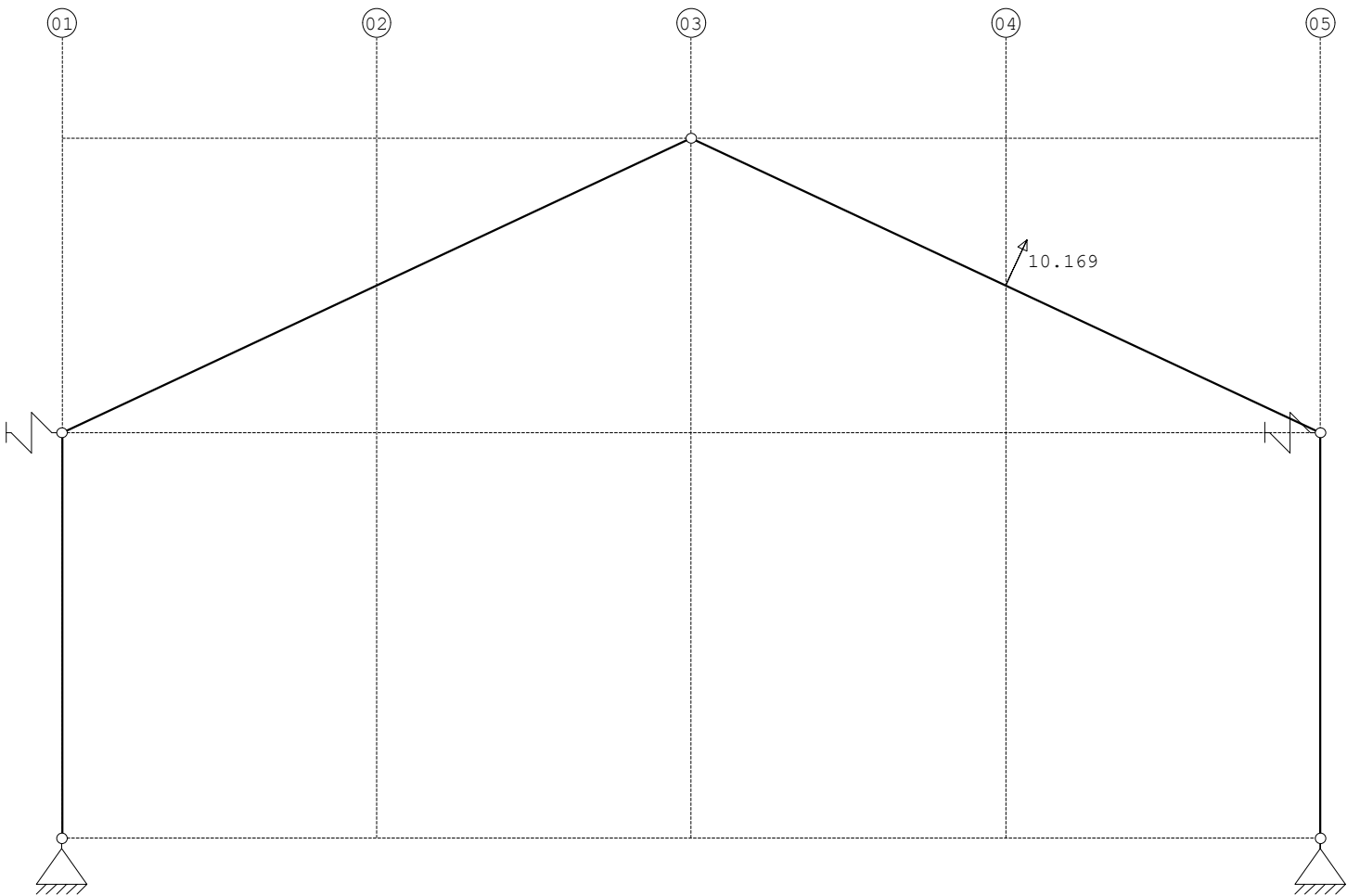
B.G:4 Wind op overkapping links

Staaf	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	8:PZLokaal	10.17		3.422		0.00	0.20	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

BELASTINGEN

B.G:5 Wind op overkapping rechts



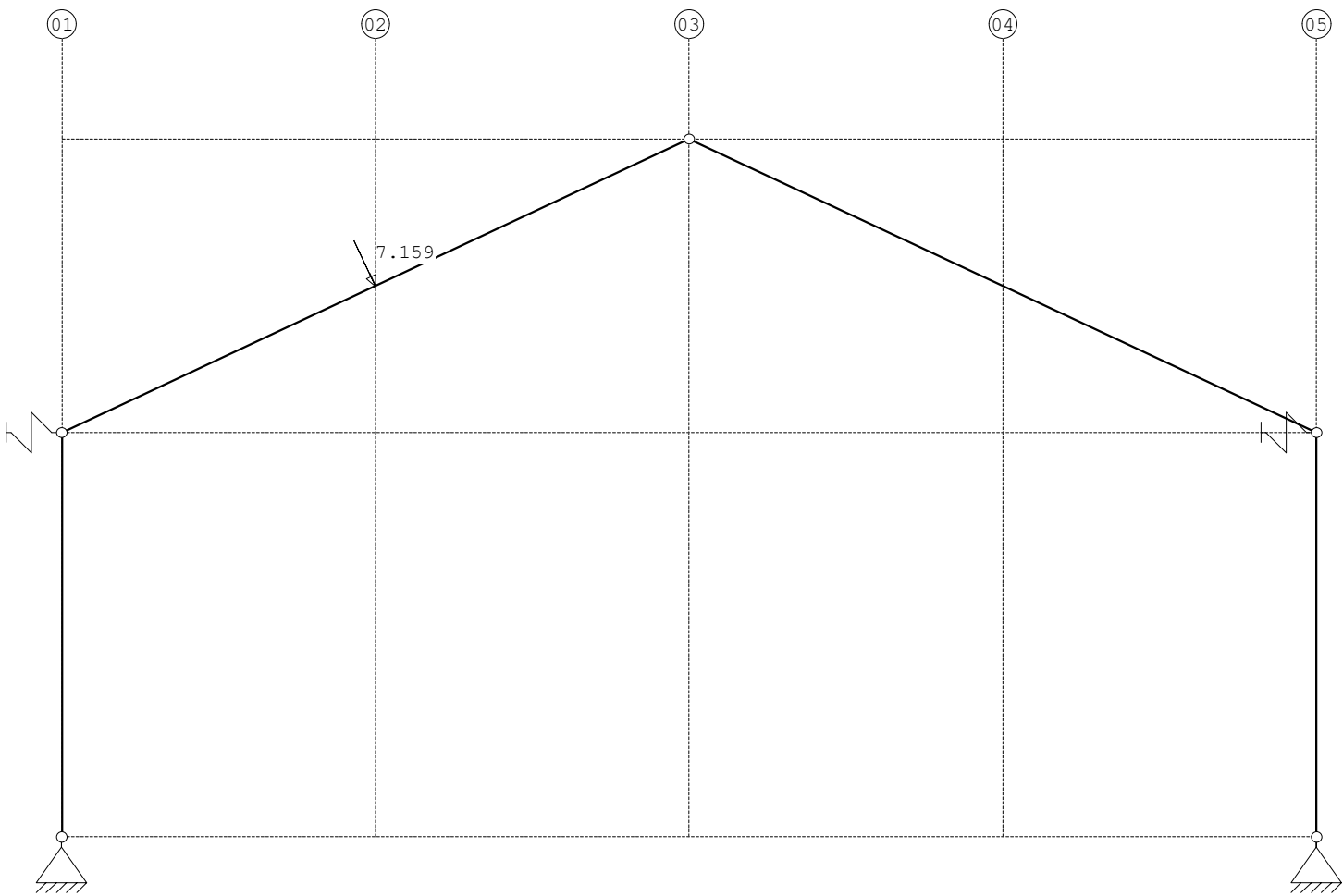
STAAFBELASTINGEN

B.G:5 Wind op overkapping rechts

Staaf	Type	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
4	8:PZLokaal	10.17		3.422		0.00	0.20	0.00

BELASTINGEN

B.G:6 Wind op overkapping links B



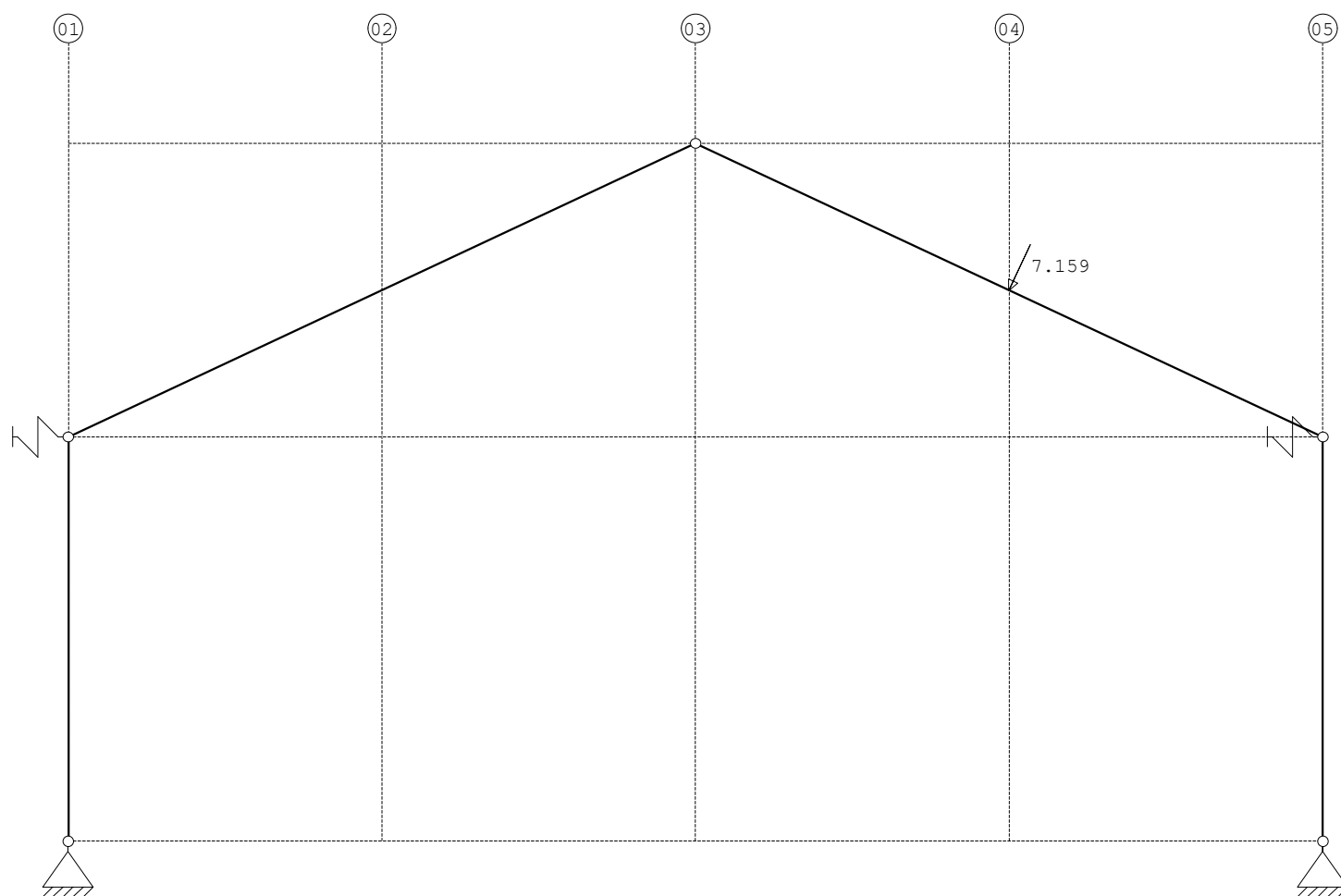
STAAFBELASTINGEN

B.G:6 Wind op overkapping links B

Staaf	Type	q1/p/m	q2	A	B	ψ_0	ψ_1	ψ_2
3	8:PZLokaal	-7.16		3.422		0.00	0.20	0.00

Onderdeel....: Spant as A'

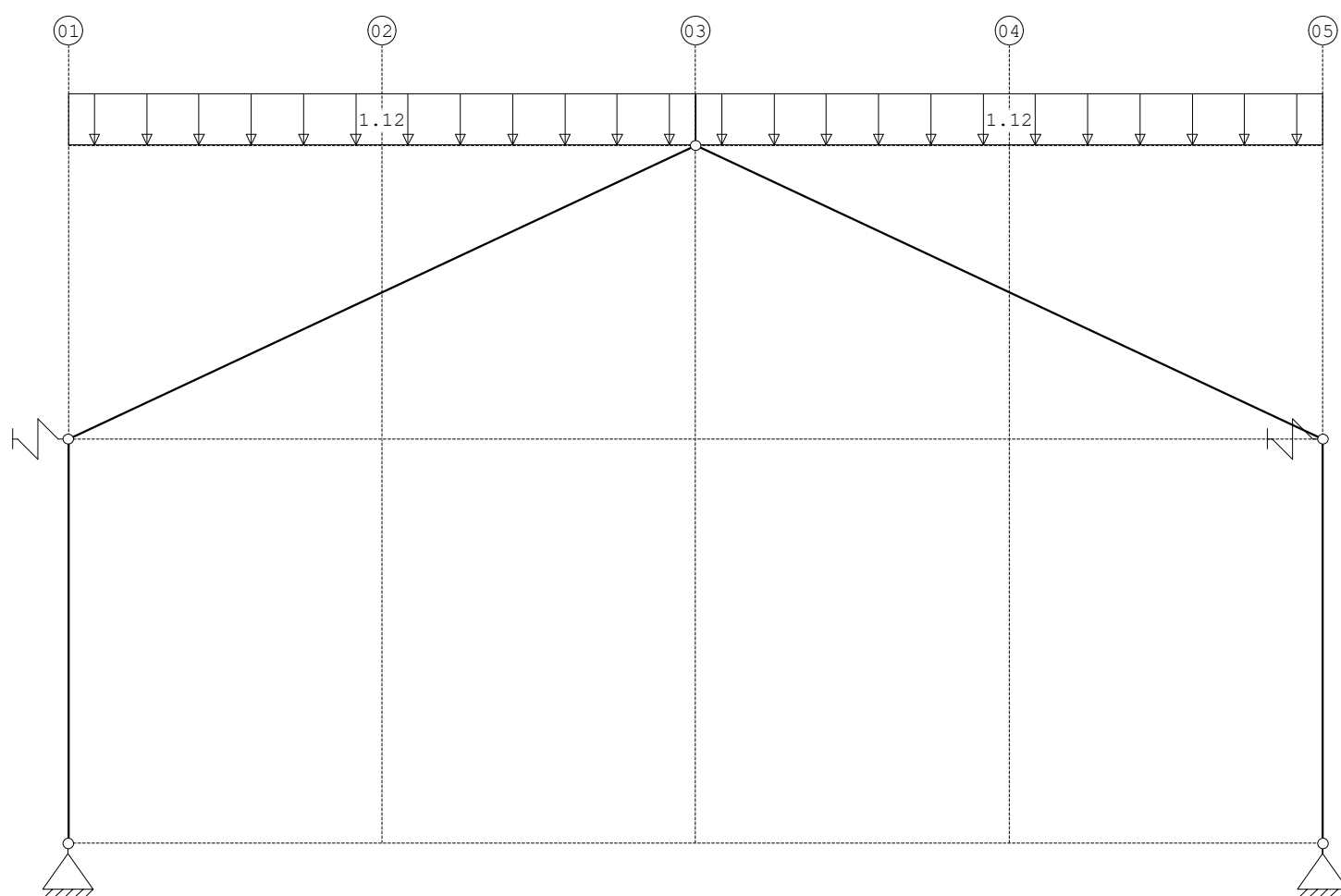
B.G:7 Wind op overkapping rechts B



B.G:7 Wind op overkapping rechts B

Staaftype	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
4 8:PZLokaal	-7.16		3.422		0.00	0.20	0.00

B.G:8 Sneeuw A



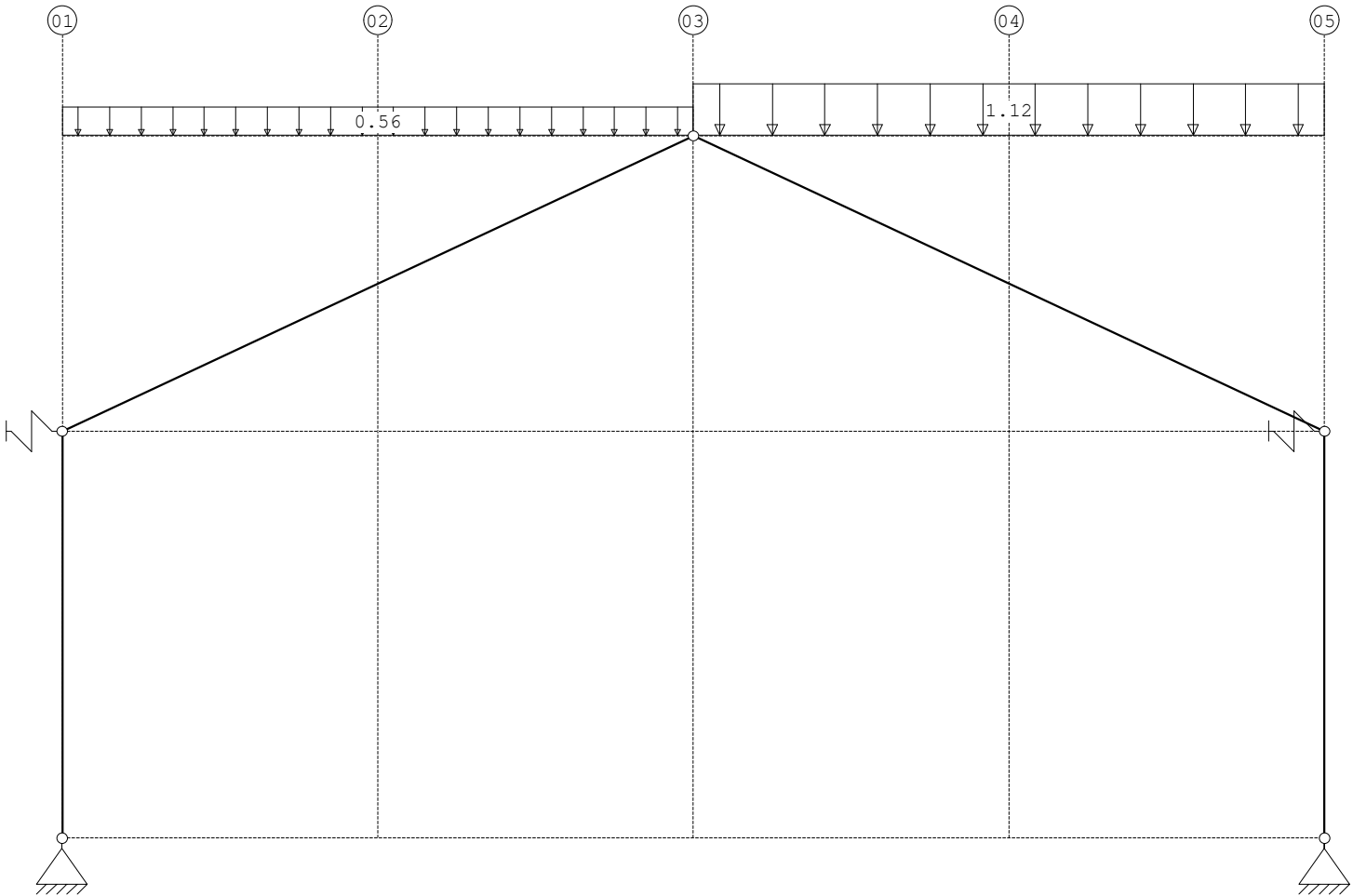
B.G:8 Sneeuw A

Staaf	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	3:QZgeProj.	-1.12	-1.12	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	-1.12	-1.12	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

BELASTINGEN

B.G:9 Sneeuw B



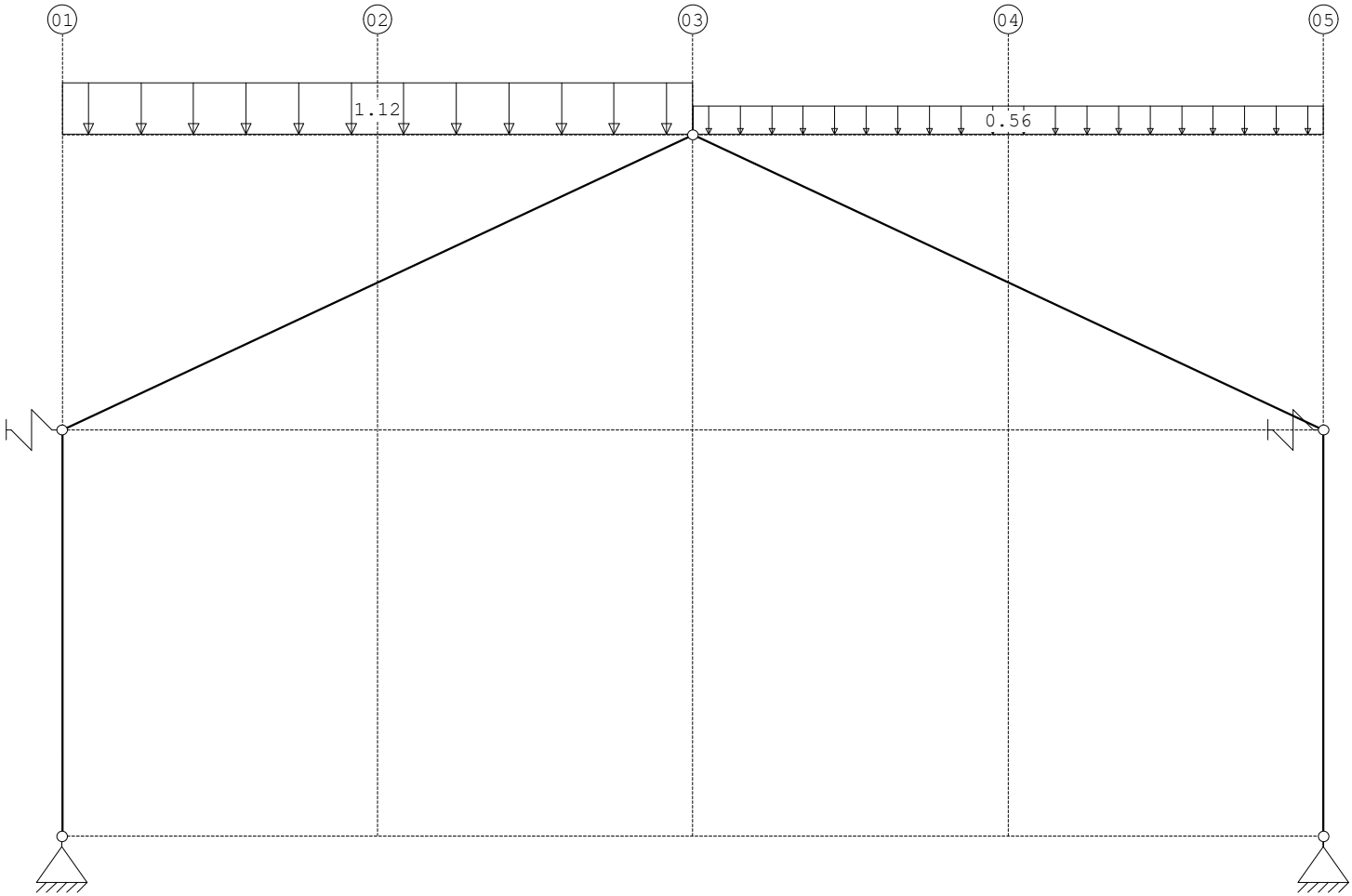
STAAFBELASTINGEN

B.G:9 Sneeuw B

Staad	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	3:QZgeProj.	-0.56	-0.56	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	-1.12	-1.12	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

BELASTINGEN

B.G:10 Sneeuw C



STAAFBELASTINGEN

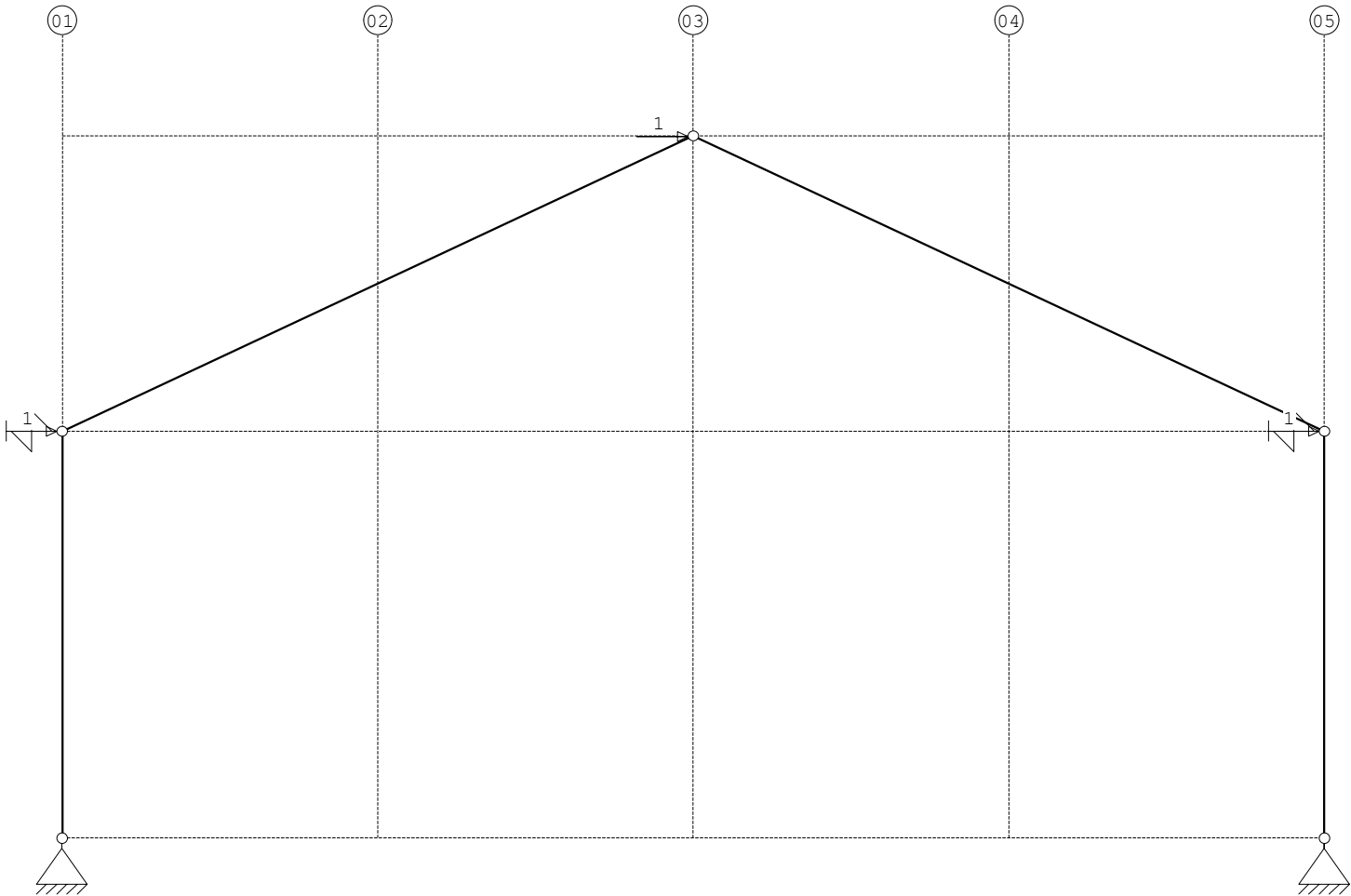
B.G:10 Sneeuw C

Staad	Type	q1/p/m	q2	A	B	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
3	3:QZgeProj.	-1.12	-1.12	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00
4	3:QZgeProj.	-0.56	-0.56	0.000	0.000	0.00	0.20	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

BELASTINGEN

B.G:11 Knik



KNOOPBELASTINGEN

B.G:11 Knik

Last	Knoop	Richting	waarde	ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	3	X	1.000			
2	5	X	1.000			
3	4	X	1.000			

REACTIES

Kn.	B.G.	X	Z	M
1	1	0.80	9.50	
1	2	-1.41	-9.21	
1	3	0.99	6.48	
1	4	-1.71	-7.06	
1	5	0.31	-2.15	
1	6	1.21	4.97	
1	7	-0.22	1.52	
1	8	0.67	6.94	
1	9	0.29	4.20	
1	10	0.71	6.21	
1	11	-0.01	-0.24	
2	1	-0.80	9.50	
2	2	1.41	-9.21	
2	3	-0.99	6.48	
2	4	-0.31	-2.15	
2	5	1.71	-7.06	
2	6	0.22	1.52	
2	7	-1.21	4.97	
2	8	-0.67	6.94	
2	9	-0.71	6.21	
2	10	-0.29	4.20	
2	11	-0.01	0.24	
3	1	8.45		
3	2	-7.72		
3	3	5.43		
3	4	-0.69		
3	5	-7.02		
3	6	0.49		
3	7	4.94		
3	8	7.08		
3	9	5.52		
3	10	5.10		
3	11	-1.49		

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

REACTIES

Kn.	B.G.	X	Z	M
4	1	-8.45		
4	2	7.72		
4	3	-5.43		
4	4	7.02		
4	5	0.69		
4	6	-4.94		
4	7	-0.49		
4	8	-7.08		
4	9	-5.10		
4	10	-5.52		
4	11	-1.49		

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type					
1	Fund.	1.35	$G_{k,1}$		
2	Fund.	0.90	$G_{k,1}$		
3	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,2}$
4	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,3}$
5	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,4}$
6	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,5}$
7	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,6}$
8	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,7}$
9	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,8}$
10	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,9}$
11	Fund.	1.20	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,10}$
12	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,2}$
13	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,3}$
14	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,4}$
15	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,5}$
16	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,6}$
17	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,7}$
18	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,8}$
19	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,9}$
20	Fund.	0.90	$G_{k,1}$	+	1.50 $Q_{k,10}$
21	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,2}$
22	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,3}$
23	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,4}$
24	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,5}$
25	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,6}$
26	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,7}$
27	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,8}$
28	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,9}$
29	Kar.	1.00	$G_{k,1}$	+	1.00 $Q_{k,10}$
30	Blij.	1.00	$G_{k,1}$		

GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

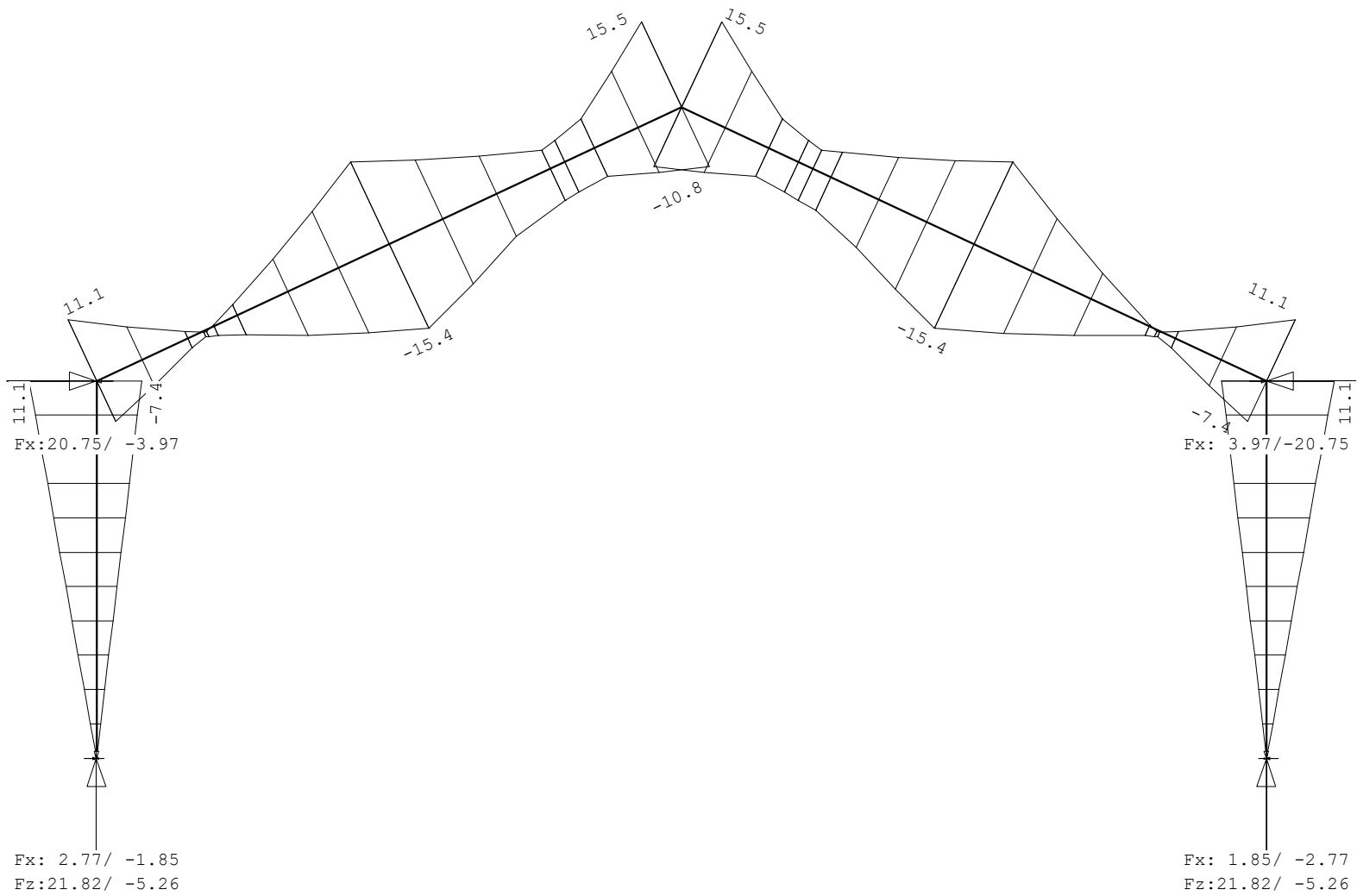
BC Staven met gunstige werking	
1	Geen
2	Alle staven de factor:0.90
3	Geen
4	Geen
5	Geen
6	Geen
7	Geen
8	Geen
9	Geen
10	Geen
11	Geen
12	Alle staven de factor:0.90
13	Alle staven de factor:0.90
14	Alle staven de factor:0.90
15	Alle staven de factor:0.90
16	Alle staven de factor:0.90
17	Alle staven de factor:0.90
18	Alle staven de factor:0.90
19	Alle staven de factor:0.90
20	Alle staven de factor:0.90

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

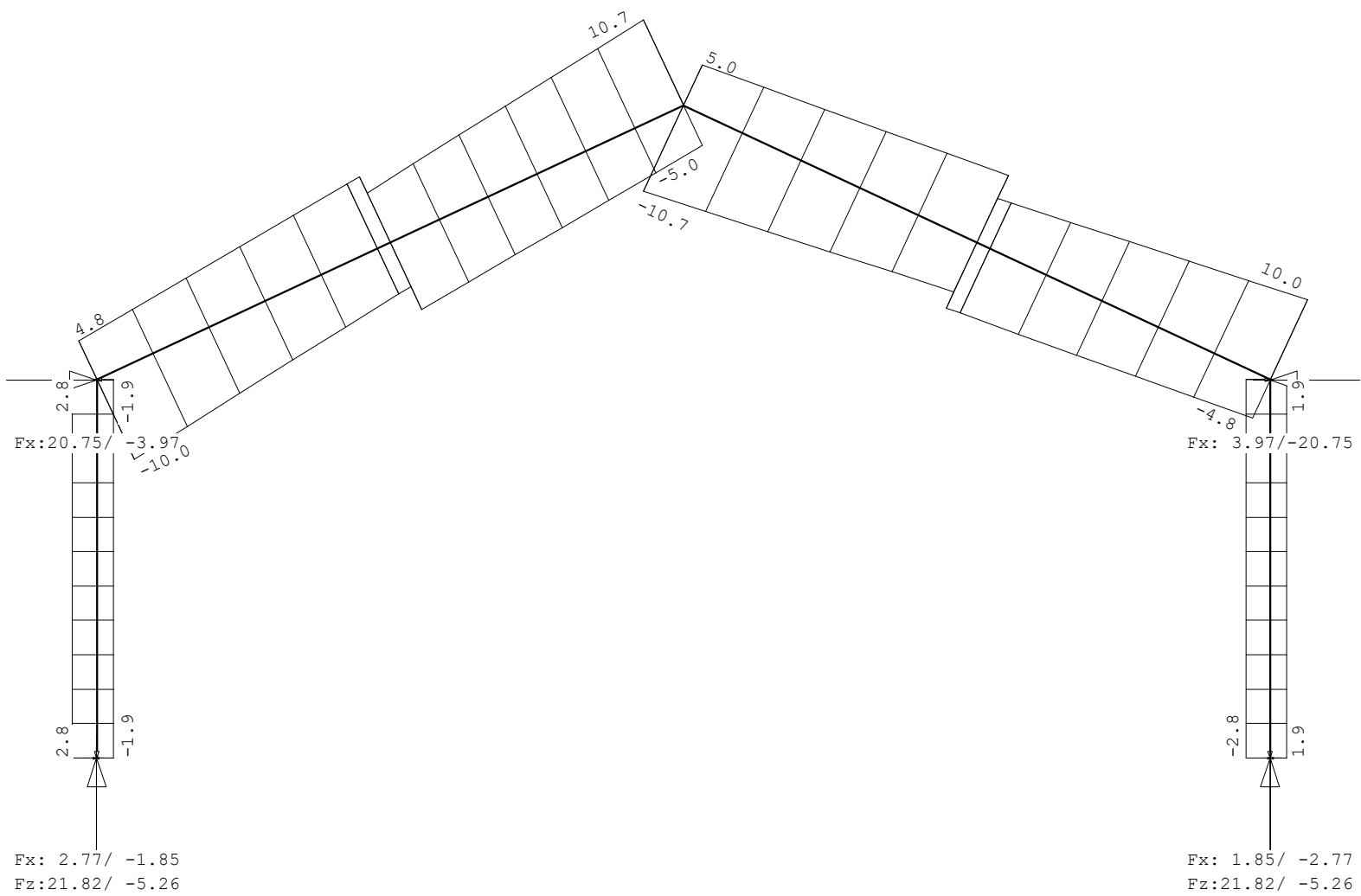
MOMENTEN

Fundamentele combinatie



DWARSKRACHTEN

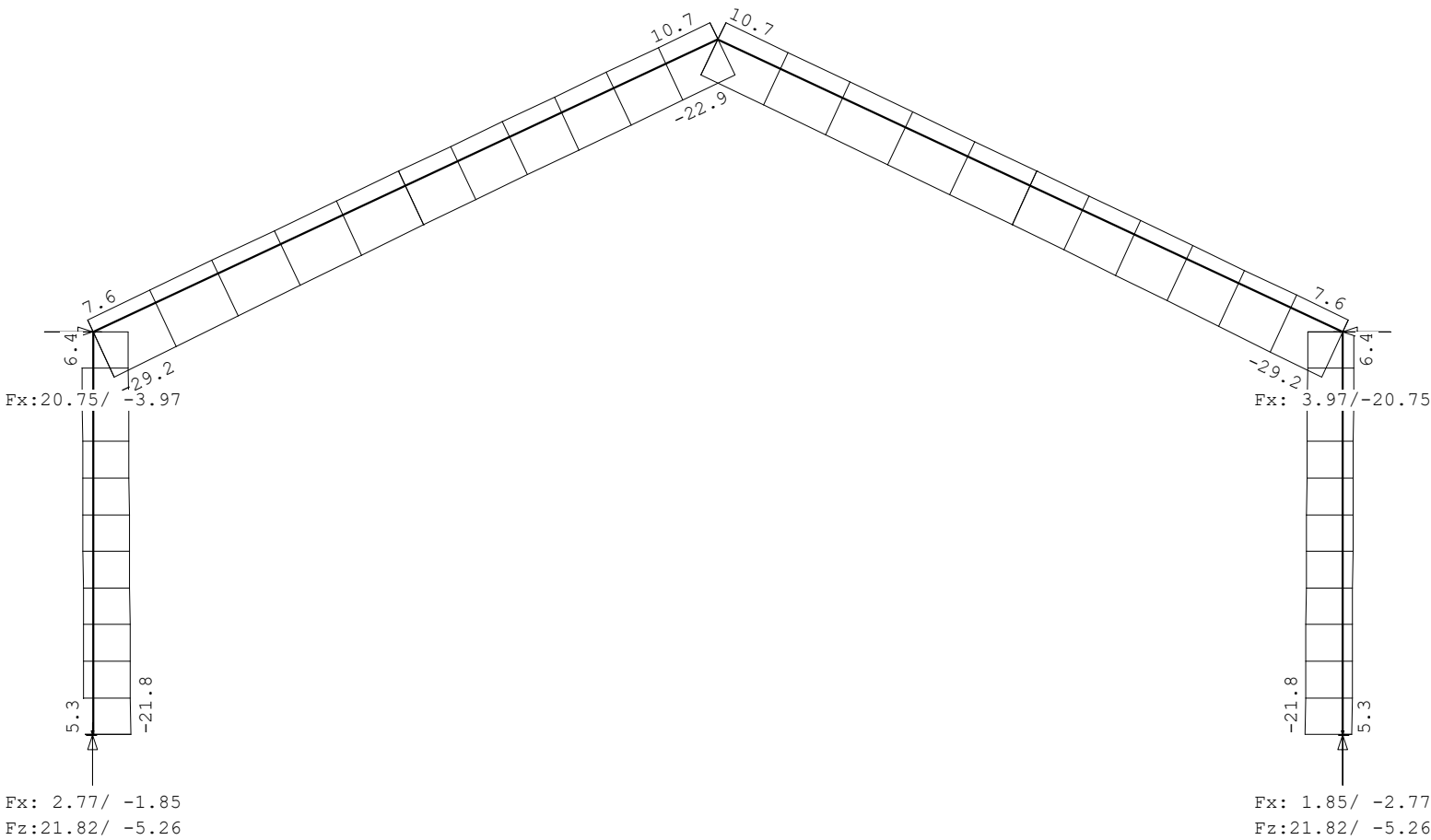
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

NORMAALKRACHTEN

Fundamentele combinatie



STAAFKRACHTEN

Fundamentele combinatie

St.	Kn.	Pos.	NXi/NXj			DZi/DZj			MYi/MYj		
			Min	BC	Max	Min	BC	Max	Min	BC	Max
1	1		-21.82	9	5.26	12	-1.85	14	2.77	7	0.00
1	3		-20.36	9	6.36	12	-1.85	14	2.77	7	-7.40
2	4		-20.36	9	6.36	12	-2.77	8	1.85	15	-7.40
2	2		-21.82	9	5.26	12	-2.77	8	1.85	15	0.00
3	3		-29.21	9	7.55	12	-9.98	7	4.83	14	-7.40
3	1.219		-27.67	9	8.12	12	-8.37	7	6.03	14	-0.91
3	1.276		-27.60	9	8.14	12	-8.30	7	6.09	14	-1.23
3	1.340		-27.52	9	8.17	12	-8.21	7	6.15	14	-1.59
3	3.422		-25.00	4	9.13	12	-5.52	16	8.26	5	-15.36
3	3.422		-25.00	4	9.13	12	-8.39	16	6.21	5	-15.36
3	5.309		-23.84	4	10.00	12	-6.53	12	8.69	4	-5.75
3	5.825		-23.53	4	10.24	12	-6.02	12	9.37	4	-5.15
3	5		-22.90	4	10.71	12	-5.01	12	10.71	4	-10.77
4	5		-22.90	4	10.71	12	-10.71	4	5.01	12	-10.77
4	1.019		-23.53	4	10.24	12	-9.37	4	6.02	12	-5.15
4	1.535		-23.84	4	10.00	12	-8.69	4	6.53	12	-5.75
4	3.422		-25.00	4	9.13	12	-6.21	4	8.39	12	-15.36
4	3.422		-25.00	4	9.13	12	-8.26	4	5.52	12	-15.36
4	5.503		-27.52	9	8.17	12	-6.15	15	8.21	8	-1.60
4	5.568		-27.60	9	8.14	12	-6.09	15	8.30	8	-1.24
4	5.625		-27.67	9	8.12	12	-6.03	15	8.37	8	-0.91
4	4		-29.21	9	7.55	12	-4.83	15	9.98	8	-7.41

REACTIES

Fundamentele combinatie

Kn.	X-min	X-max	Z-min	Z-max	M-min	M-max
1	-1.85	2.77	-5.26	21.82		
2	-2.77	1.85	-5.26	21.82		
3	-3.97	20.75				
4	-20.75	3.97				

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Spant as A'

STAALPROFIELEN - ALGEMENE GEGEVENS

Stabiliteit:	Classificatie gehele constructie:	Ongeschoord
	Belastinggeval m.b.t. bepaling kniklengte:	11=Knik
	Aanpassing inkl. parameter C :	Steunpunten
Tweede-orde-effect:		
	Aan te houden verhouding n/(n-1)	
	voor steunmomenten en verplaatsingen:	1.10
Doorbuiging en verplaatsing:		
	Aantal bouwlagen:	1
	Gebouwtype:	Overig
	Toel. horiz. verplaatsing gehele gebouw:	h/300
	Kleinste gevelhoogte [m]:	0.0

PROFIEL/MATERIAAL

P/M nr.	Profielnaam	Vloeisp. [N/mm²]	Productie methode	Min. drsn. klasse
1	HEA160	235	Gewalst	1
2	HEA160	235	Gewalst	1
Partiële veiligheidsfactoren:				
Gamma M;0	:	1.00	Gamma M;1	: 1.00
Gamma M;fi;mech	:	1.00	Gamma M;fi;therm	: 1.00

KNIKSTABILITEIT

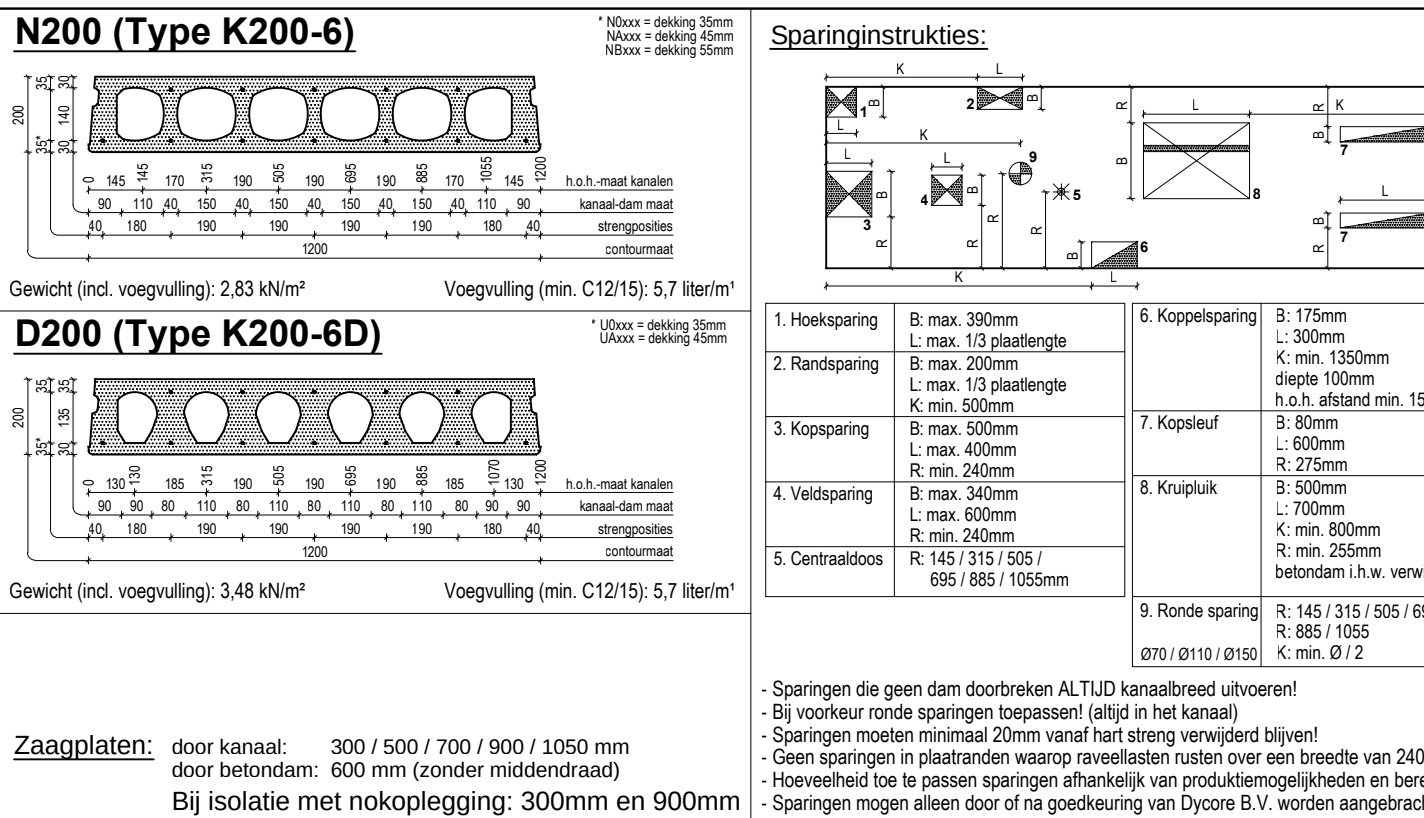
Staaf	l _{sys} [m]	Classif. y sterke as	l _{knik;y} [m]	Extra	Classif. z zwakke as	l _{knik;z} [m]	Extra
				aanp. y [kN]			aanp. z [kN]
1	4.000	Ongeschoord	10.912	0.0	Geschoord	4.000	0.0
2	4.000	Ongeschoord	10.912	0.0	Geschoord	4.000	0.0
3	6.845	Ongeschoord	18.022	0.0	Geschoord	6.845	0.0
4	6.845	Ongeschoord	18.023	0.0	Geschoord	6.845	0.0

KIPSTABILITEIT

Staaf	Plts. aangr.	l gaffel [m]	Kipsteunafstanden [m]	
1	1.0*h	boven:	4.00	4.000
		onder:		4.000
2	1.0*h	boven:	4.00	4.000
		onder:		4.000
3	1.0*h	boven:	6.84	6.845
		onder:		6.845
4	1.0*h	boven:	6.84	6.845
		onder:		6.845

TOETSING SPANNINGEN

Staaf nr.	P/M	BC	Sit	Kl	Plaats	Norm	Artikel	Formule	Hoogste toetsing U.C. [N/mm²]	Opm.
1	2	7	1	1	Staaf	EN3-1-1	6.3.3	(6.61)	0.264	62
2	2	8	1	1	Staaf	EN3-1-1	6.3.3	(6.61)	0.264	62
3	1	4	1	1	Staaf	EN3-1-1	6.3.3	(6.61)	0.699	164
4	1	4	1	1	Staaf	EN3-1-1	6.3.3	(6.61)	0.699	164



 DYCORE A CRH COMPANY	Postbus 197, 4900 AD Oosterhout T: 0162 477 477 E: info@dycore.nl I: www.dycore.nl	1173682 21 Bladnummer: 1

Constructeur : Maarten van der Sanden
 Tekenaar : Marcel Huijben

 Order : 1173682 - 21
 Tekening : 1
 Bouwplan : horecapaviljoen Nautix !A
 Bouwplaats : OEGSTGEEST
 Opdrachtgever: NOBUTEC Tuinbouwprojecten BV
 Betreft : begane grondvloer
 Datum tek : 04-09-2025

Engineering werkzaamheden conform categorie 4a volgens criteria 73.

Algemene gegevens:

1. Materiaaleigenschappen beton C50/60 (NEN-EN 1992-1-1 art. 3.1)

Karakteristieke cilinderdruksterkte	fck	=	50.00 N/mm ²
Rekenwaarde van de druksterkte	fcd	=	33.33 N/mm ²
Rekenwaarde van de treksterkte	fctd	=	1.90 N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	fctm	=	4.07 N/mm ²
Gemiddelde buigtreksterkte	fctm,fl = max(fctm; (1,6-h)fctm)		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	Ecm	=	33550.00 N/mm ²
Rekenwaarde druksterkte bij voorspannen	fcd,0	=	18.67 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus bij voorspannen	Ecm,0	=	27330.00 N/mm ²

Spanning - rekgrens volgens NEN-EN 1992-1-1 fig. 3.4

2. Materiaaleigenschappen voorspanstaal FeP1860 (NEN-EN 1992-1-1 art. 3.3)

0.1% rekgrens	fp0,1k	=	1674 N/mm ²
Rekenwaarde staalspanning	fpd	=	1522 N/mm ²
Representatieve waarde treksterkte	fpk	=	1860 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	Ep	=	195000 N/mm ²
Voorspanning bij aanbrengen (70% fpurep)	s_pm0	=	1302 N/mm ²

Maximale relaxatie na 1000h is 2.5%

Spanning - rekdiagram volgens NEN-EN 1992-1-1 fig. 3.10

Gegevens eventueel gebruikte strengen:

Diameter	Oppervlakte
[mm]	[mm ²]
6.9	29.00
9.3	52.00
12.5	93.00

Basisoverdrachtslengte	Lpt	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.2(2))
Rekenwaarde overdrachtslengte	Lpt2	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.2(3))
Totale verankeringslengte	Lbpd	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.3)

3. Verklaring belastingcombinaties:

- 1/2 = Rekenwaarde (UGT) combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 6.1 en 6.2)
- 4 = Frequente combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 7.3)
- 5 = Quasi-blijvende combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 7.4)

4. Gevolgklasse en referentieperiode (NEN-EN 1990)

Zie de plaatberekeningen.

5. Verklaring afkortingen behorende bij resultaten:

MEd_ol = max. oversteksmoment links
MEd_v1 = max. veldmoment veld 1
MEd_st = max. steunpuntsmoment
MEd_v2 = max. veldmoment veld 2
MEd_or = max. oversteksmoment rechts
V_ol = max. dwarskracht overstek links
Vl_v1 = max. dwarskracht linkerzijde veld 1
Vr_v1 = max. dwarskracht rechterzijde veld 1
Vl_v2 = max. dwarskracht linkerzijde veld 2
Vr_v2 = max. dwarskracht rechterzijde veld 2
V_or = max. dwarskracht overstek rechts

Verklaring gebruikte notatie:

+M_Ed = pos. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)
+Mfreq = pos. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij bruikbaarheidsgrenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.5.3)
-M_Ed = neg. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)
V_Edmax = max. dwarskracht t.g.v. perm. en ver. belasting,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)

Bijk = de bijkomende doorbuiging

Eind = de eind doorbuiging

OVERZICHT VLOERPLATEN

Merk	Type	Lang	Breed	+M_Ed	+Mfreq	-M_Ed	V_Edmax	Bijk	Eind	Ber
	plt/wap	[mm]	[mm]	(G+P+Q)	(G+P+Q)	(G+P+Q)	(G+P+Q)	[mm]	[mm]	nr.
				[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]			
15	D 020502	6285	1200	93.25	39.66	0.00	76.95	12.0	2.3	1
14	D 020502	6285	1200	82.15	34.20	0.00	67.67	10.1	0.4	
13	D 020502	6285	1200	74.74	30.47	0.00	61.73	8.9	-0.8	2
3	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	3
2	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	
6	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	
4	N 020006	6250	1200	54.10	26.42	0.00	46.56	8.6	5.5	
5	N 020006	6250	1200	54.10	26.42	0.00	46.56	8.6	5.5	
9	N 020007	6285	1200	55.11	25.85	0.00	49.18	8.5	4.0	4
1	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	8.2	3.4	
11	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	8.1	3.3	
18	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	7.8	3.0	
7	N 020007	6250	1200	50.65	22.98	0.00	46.56	7.5	2.7	
10	N 020007	6285	900	38.31	17.32	0.00	35.12	8.7	3.2	
16	N 020007	6285	900	38.31	17.32	0.00	35.12	8.7	3.2	
8	N 020205	6285	1200	75.44	33.19	0.00	56.45	10.6	3.3	5
20	N 020205	6285	1200	74.08	32.91	0.00	84.29	11.8	4.8	
8	N 020205	6285	1200	70.66	30.84	0.00	68.39	10.6	3.3	6
12	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	
17	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	
19	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	

Ber.nr. : 1 ##### Plaatmerk: 15 #####
 Plaattype: K200-6D (D) Wapening: 0 20502 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
			[kN/ml]	[kN/ml]				beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		3.48					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p5	puntlast	4	2.00	10.00	0.40	0.70	0.60	1285	431	100	100
p12	puntlast	4	3.00	15.00	0.40	0.70	0.60	3085	431	100	100
	vsp-eindfase		671.70 kN	m_vsp				-35.39 kNm			
	vsp-brand ond		533.23 kN	m_vsp				-27.84 kNm			

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	93.3	93.3	57.4	103.8	80 -	76.3	620.4	
					180 s	74.7	159.6	
					6105 s	63.8	162.6	
					6205 -	65.4	620.4	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 10.9 mm			
3085 v	39.7		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
					3068 v	2.3	24.8	12.0 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	41.4	41.4	103.0		280 s	39.6	69.7	
					6005 s	34.6	69.7	

Ber.nr. : 2 ##### Plaatmerk: 13 #####
 Plaattype: K200-6D (D) Wapening: 0 20502 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
			[kN/ml]	[kN/ml]				beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		3.48					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p3	puntlast	4	2.00	11.00	0.40	0.70	0.60	3200	700	100	100
	vsp-eindfase		671.12 kN	m_vsp				-35.36 kNm			
	vsp-brand ond		532.77 kN	m_vsp				-27.81 kNm			

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm
 Extra breedte: 50 mm voor belasting uit de aanliggende strook boven

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
100 l	-2.5	-2.5	-3.1	-6.6	80 -	60.7	349.5	
200 l	-4.8	-4.8	-6.0	-14.0	100 l	60.4	70.3	
3200 v	74.7	74.7	57.3	103.8	180 s	59.0	88.5	
					200 l	58.7	90.1	
					6105 s	59.4	158.1	
					6205 -	61.1	620.4	

Controle scheurvorming (kNm, mm)				Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb	Zeeg direct na montage = 10.9 mm			
100 l	-1.3			plaats w_max w_toel w_bij w_toel			
200 l	-2.3			3154 v -0.8 24.8 8.9 12.4			
3200 v	30.5		165.				

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
100 l	-2.6	-3.8	-6.5		100 l	34.4	40.0	
200 l	-5.0	-8.1	-13.6		200 l	33.4	48.1	
3200 v	33.3	33.3	103.0		280 s	32.7	69.7	
					6005 s	32.8	69.7	

Ber.nr. : 3 ##### Plaatmerk: 3 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20006 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
			[kN/ml]	[kN/ml]									
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285			
	afwerking		1.40					0	6285	6285			
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285			
	vsp-eindfase		408.47 kN	m_vsp				-17.72	kNm				
	vsp-brand ond		325.20 kN	m_vsp				-13.86	kNm				

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
200 l	-4.2	-4.2	-5.3	-14.3	80 -	46.2	290.4	
3143 v	54.9	54.9	47.2	65.8	180 s	44.7	63.9	
					200 l	44.4	65.1	
					6105 s	44.7	113.7	
					6205 -	46.2	382.8	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 3.9 mm			
200 l	-2.2				plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
3143 v	26.9	1.39	165.		3143 v	5.8	24.8	8.8 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
200 l	-4.5	-6.9	-14.1		200 l	25.5	35.1	
3143 v	27.9	27.9	54.9		280 s	24.8	44.1	
					6005 s	24.8	44.1	

Ber.nr. : 4 ##### Plaatmerk: 9 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20007 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats	belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
			[kN/ml]	[kN/ml]										
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285				
	afwerking		1.40					0	6285	6285				
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285				
	vsp-eindfase		461.32 kN	m_vsp				-21.17	kNm					
	vsp-brand ond		366.96 kN	m_vsp				-16.59	kNm					

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm
 Extra breedte: 50 mm voor belasting uit de aanliggende strook onder

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)		
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd
3143 v	55.1	55.1	49.9	74.0	80 -	48.5	382.8
					180 s	47.0	113.1
					6105 s	47.0	113.1
					6205 -	48.5	382.8

Controle scheurvorming (kNm, mm)				Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb	Zeeg direct na montage = 5.7 mm			
3143 v	25.9		165.	plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
				3143 v	4.0	24.8	8.5 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)				Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)		
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd
3143 v	27.4	27.4	62.9	280 s	26.2	46.8
				6005 s	26.2	46.8

Ber.nr. : 5 ##### Plaatmerk: 8 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20205 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
			[kN/ml]	[kN/ml]				beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p1	puntlast	4	2.00	11.00	0.40	0.70	0.60	3200	715	100	100
	vsp-eindfase		542.54 kN	m_vsp				-26.48 kNm			
	vsp-brand ond		431.13 kN	m_vsp				-20.78 kNm			

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
3200 v	75.4	75.4	54.0	86.4	80 -	55.5	382.8	
					180 s	54.0	111.0	
					6105 s	54.3	111.0	
					6205 -	55.8	382.8	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 8.4 mm			
3200 v	33.2		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
					3151 v	3.3	24.8	10.6 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
3200 v	34.3	34.3	75.4		280 s	29.1	48.5	
					6005 s	29.2	48.5	

Ber.nr. : 6 ##### Plaatmerk: 8 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20205 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m1]	psi 0	1	2	Plaats	belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285				
	afwerking		1.40					0	6285	6285				
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285				
p6	puntlast	4	2.00	10.00	0.40	0.70	0.60	1285	67	100	100			
p11	puntlast	4	1.00	5.00	0.40	0.70	0.60	3085	67	100	100			
	vsp-eindfase		542.49 kN	m_vsp				-26.47	kNm					
	vsp-brand ond		431.10 kN	m_vsp				-20.78	kNm					

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

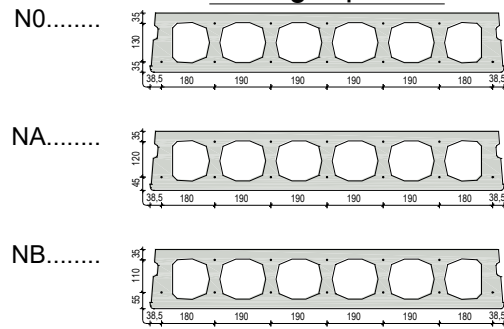
Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	70.7	70.7	54.0	86.4	80 -	67.8	382.8	
					180 s	66.3	107.9	
					6105 s	53.3	111.2	
					6205 -	54.8	382.8	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 8.4 mm			
3085 v	30.8		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
					3056 v	3.3	24.8	10.6 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

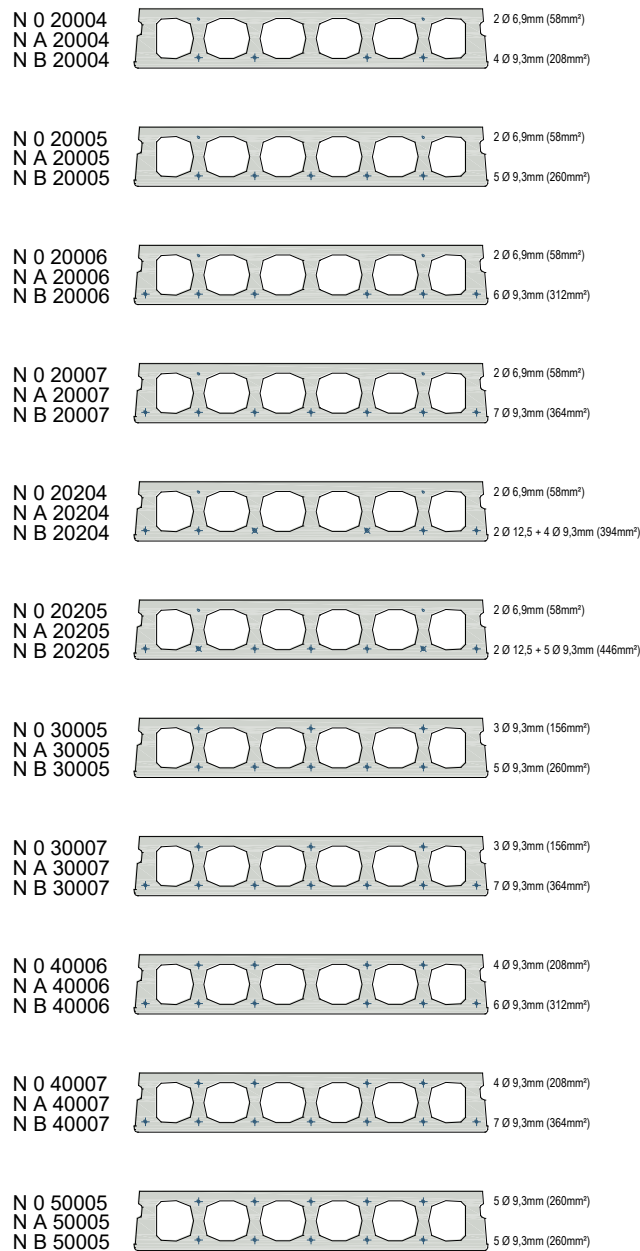
Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	32.2	32.2	75.4		280 s	34.8	48.5	
					6005 s	28.8	48.5	

Strengenpositie

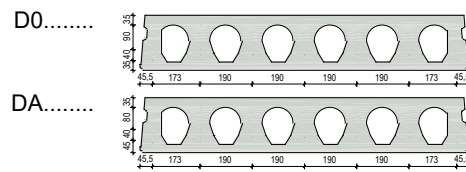


Spanpatronen

VOORSPANWAPENING: - = Ø 6,9mm (29mm²)
+ = Ø 9,3mm (52mm²)
x = Ø 12,5mm (93mm²)

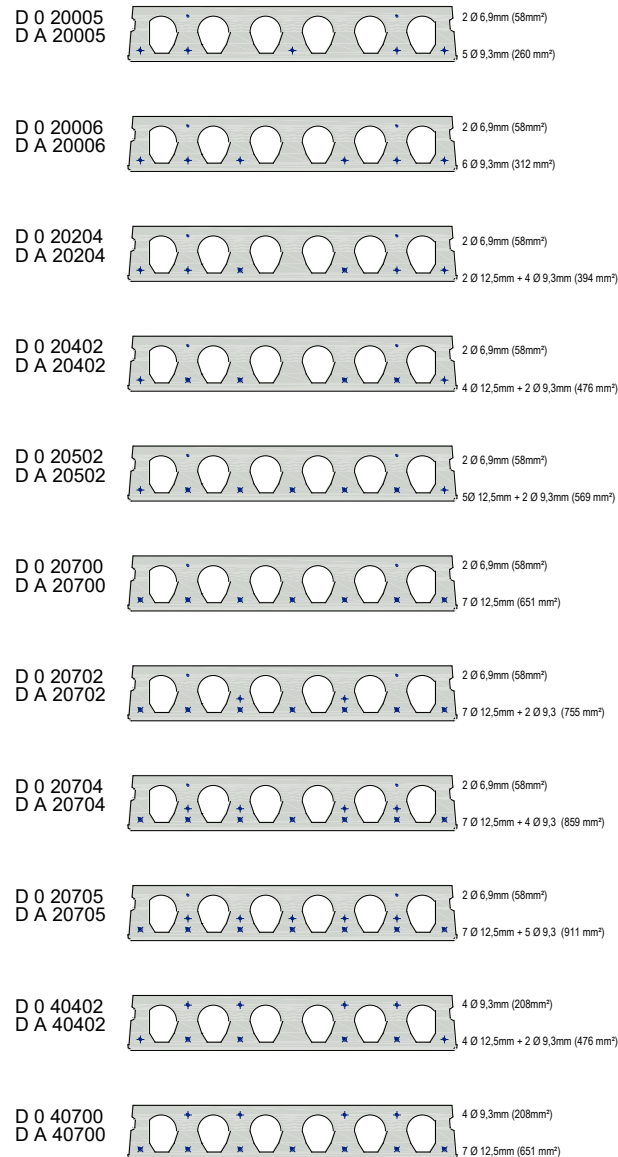


Strengenpositie



Spanpatronen

VOORSPANWAPENING: • = Ø 6,9mm (29mm²)
+ = Ø 9,3mm (52mm²)
x = Ø 12,5mm (93mm²)





Prestatie verklaring

Nr: D13.01

Unieke identificatiecode

van het producttype:



Dycore Kanaalplaat

Beoogd gebruik: Vloerconstructie

Systeem voor de beoordeling en verificatie van de prestatiebestendigheid: 2+

Geharmoniseerde norm: NEN EN 1168, kanaalplaten

Aangemelde instantie:

KIWA, met certificaatnummer 0620, is de certificerende organisatie en heeft de volgende taken uitgevoerd:

- Initiële inspectie van de productie-installatie;
- Initiële inspectie van de productiecontrole in de fabriek;
- Permanente bewaking, beoordeling en evaluatie van de productiecontrole in de fabriek.

Voor de productielocatie Oosterhout is het volgende certificaat afgegeven: 0620-CPR-44847

Aangegeven prestaties: volgens NEN-EN 1168: 2011.

Aanduiding:

Elk vloerelement is voorzien van een label met daarop het projectnummer en een uniek elementnummer dat terug te vinden is op de voor het betreffende project opgestelde documenten.

Essentiële kenmerken	prestaties	Artikel
Druksterkte beton	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.1
Wapeningsstaal Voorspanstaal	B500 FeP1860	NEN-EN 1168 artikel 4.1 NEN-EN 1168 artikel 4.1
Mechanische sterkte	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.3
Sterkte bij brand	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.4
Geluidisolatie	NPD	NEN-EN 1168 artikel 4.3.5
Duurzaamheid tegen corrosie	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.7
Detailering	Conform NEN-EN 1168 en de per project opgestelde documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.1 en hoofdstuk 8
Gevaarlijke stoffen	Nationale regelgeving (BBK)	
De prestaties van het hierboven omschreven product zijn conform de aangegeven prestaties. Deze prestatieverklaring wordt in overeenstemming met Verordening (EU) nr. 305/2011 onder de exclusieve verantwoordelijkheid van de hierboven vermelde fabrikant verstrekt. Verklaring is opgesteld volgens methode 3b in Annex ZA van NEN-EN 1168		

Fabrikant:

Dycore BV
Ambachtsweg 16
4906 CH Oosterhout
Tel. +31 (0)162 477 477
www.drbg.nl



Frank van Lookeren Campagne
Algemeen Directeur
De RuwBouw Groep

Harderwijk, 11 juli 2016

Technosoft Balkroosters release 6.82
Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Fundering
Dimensies.....: kN/m/rad
Datum.....: 10/09/2025
Bestand.....: G:\Projecten\2024.236\Berekeningen\01 wijziging\24-236
 fundering.grw
Torsiefac.....: 10 %

10 sep 2025

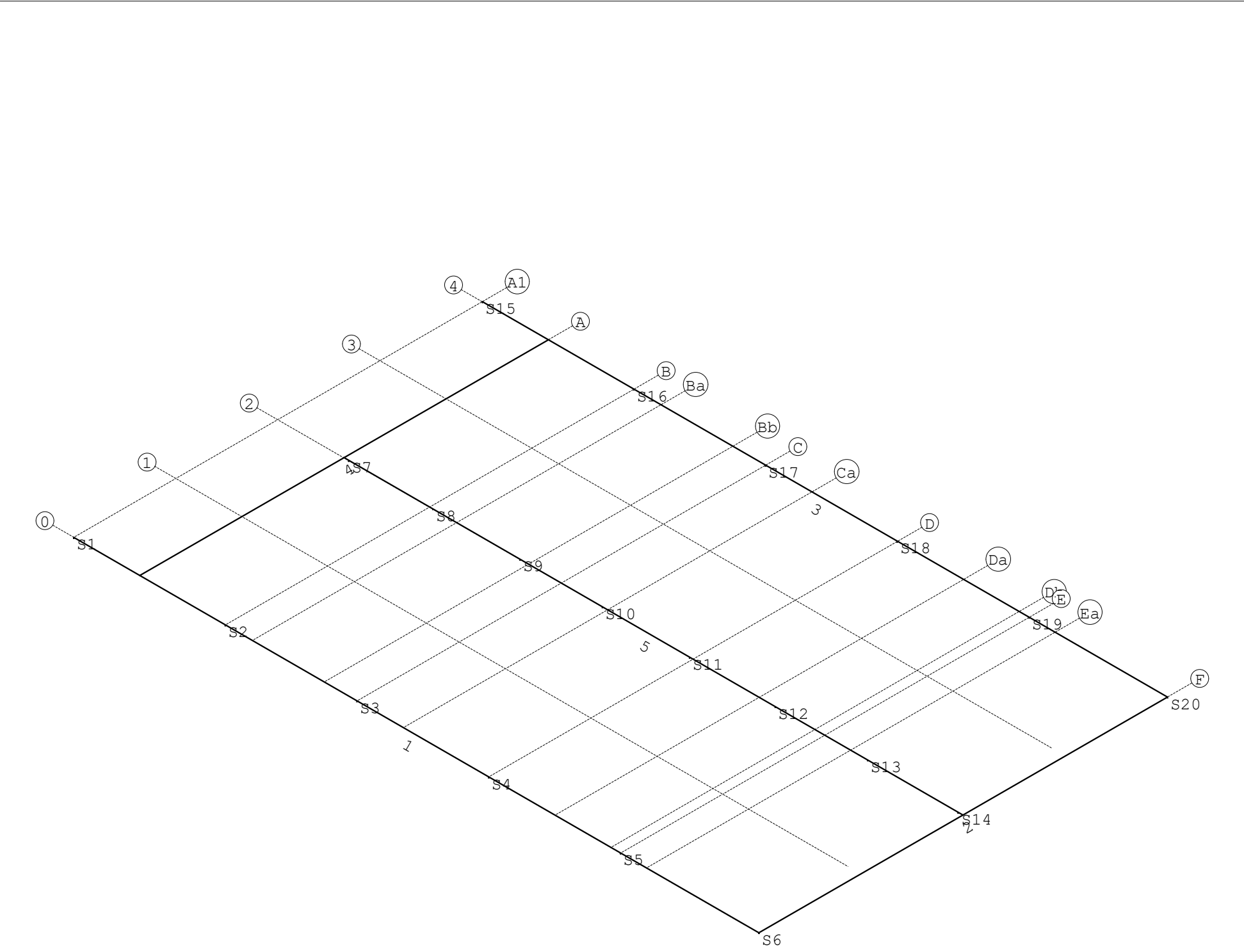
Betrouwbaarheidsklasse : 2 Referentieperiode : 50
Ouderdom bij belasten : 28 Relatieve vochtigheid : 50%
Doorbuigingen(beton) zijn dmv gecorrigeerde stijfheden berekend.

Fysisch lineair : Er is gerekend met de e-modulus uit de materiaaltabel.
Fys.NLE.kort : Er is gerekend met een gecorrigeerde e-modulus (korte duur).
Deze e-mod. is berekend mbv de krachten uit de fysisch lineair berekening.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010,A1:2019	NB:2019(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1/C11:2019	NB:2019(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2020(nl)	NB:2016(nl)

GEOMETRIE



MATERIALEN

Mt	Kwaliteit	E-modulus[N/mm2]	S.G.	Pois.	Uitz. coëff
1	C20/25	7480	25.0	0.20	1.0000e-05

MATERIALEN vervolg

Mt	Kwaliteit	Cement	Kruipfac.
1	C20/25		3.01

PROFIELEN [mm]

Prof.	Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Torsietr.	Traagheid	Vormf.
1	B*H 300*500	1:C20/25	1.500e+05	2.850e+09	3.125e+09	0.00

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof.	Staaftype	Breedte	Hoogte	Zs	Rek.As	Type	b1	h1	b2	h2
1	0:Normaal	300	500	250	0.00	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]

1	B*H 300*500	

STRAMIENLIJNEN

Nr.	Naam	X-begin	Y-begin	X-eind	Y-Eind
1	A1	0.000	12.500	-0.000	0.000
2	A	2.000	12.500	2.000	0.000
3	B	4.600	12.500	4.600	0.000
4	Ba	5.415	12.500	5.415	0.000
5	Bb	7.600	12.500	7.600	0.000
6	C	8.600	12.500	8.600	0.000
7	Ca	10.000	12.500	10.000	0.000
8	D	12.600	12.500	12.600	0.000
9	Da	14.600	12.500	14.600	0.000
10	Db	16.300	12.500	16.300	0.000
11	E	16.600	12.500	16.600	0.000
12	Ea	17.385	12.500	17.385	0.000
13	F	20.800	12.500	20.800	0.000
14	0	0.000	-0.000	20.400	0.000
15	1	0.000	3.100	20.400	3.100
16	2	0.000	6.200	20.400	6.200
17	3	0.000	9.300	20.400	9.300
18	4	0.000	12.400	20.400	12.400

BALKEN

Nr.	Naam	Begin	Eind	Profiel
1	1	A1;0	F;0	1:B*H 300*500
2	2	F;0	F;4	1:B*H 300*500
3	3	A1;4	F;4	1:B*H 300*500
4	4	A;0	A;4	1:B*H 300*500
5	5	A;2	F;2	1:B*H 300*500

BALKEN vervolg

Nr.	Naam	Aansl.begin	Aansl.eind	Excentr.	Pasm.begin	Pasm.eind	Opm.
1	1	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
2	2	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
3	3	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
4	4	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	
5	5	WDM	WDM	0.000	0.000	0.000	

Opmerkingen:
De torsie traagheid van alle balken is tot 10% gereduceerd

STEUNPUNTTYPE

Nr.	: 1		Assenstelsel: Globaal
Lengte	: 9.000		Rotatie X:Vrij
FRd	: 282.000000		Verplaatsing Z:Veerwaarde: 40000
Min.afst.:	0.500		Rotatie Y:Vrij

STEUNPUNTEN

Nr.	Naam	Steunpunttype	Balk	Positie	Excentr.	Hoek	Opm:
1		1:	1	0.000	0.000	0.000	
2		1:	1	4.600	0.000	0.000	
3		1:	1	8.600	0.000	0.000	
4		1:	1	12.600	0.000	0.000	
5		1:	1	16.600	0.000	0.000	
6		1:	1	20.800	0.000	0.000	
7		1:	5	0.15	0.000	0.000	
8		1:	5	2.700	0.000	0.000	
9		1:	5	5.350	0.000	0.000	
10		1:	5	7.850	0.000	0.000	
11		1:	5	10.5	0.000	0.000	
12		1:	5	13.1	0.000	0.000	
13		1:	5	15.9	0.000	0.000	
14		1:	5	18.650	0.000	0.000	
15		1:	3	0.000	0.000	0.000	
16		1:	3	4.600	0.000	0.000	
17		1:	3	8.600	0.000	0.000	
18		1:	3	12.600	0.000	0.000	
19		1:	3	16.600	0.000	0.000	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Fundering

STEUNPUNTEN

Nr.	Naam	Steunpunttype	Balk	Positie	Excentr.	Hoek	Opm:
20	1:	3		20.800	0.000	0.000	

BELASTINGGEVALLEN

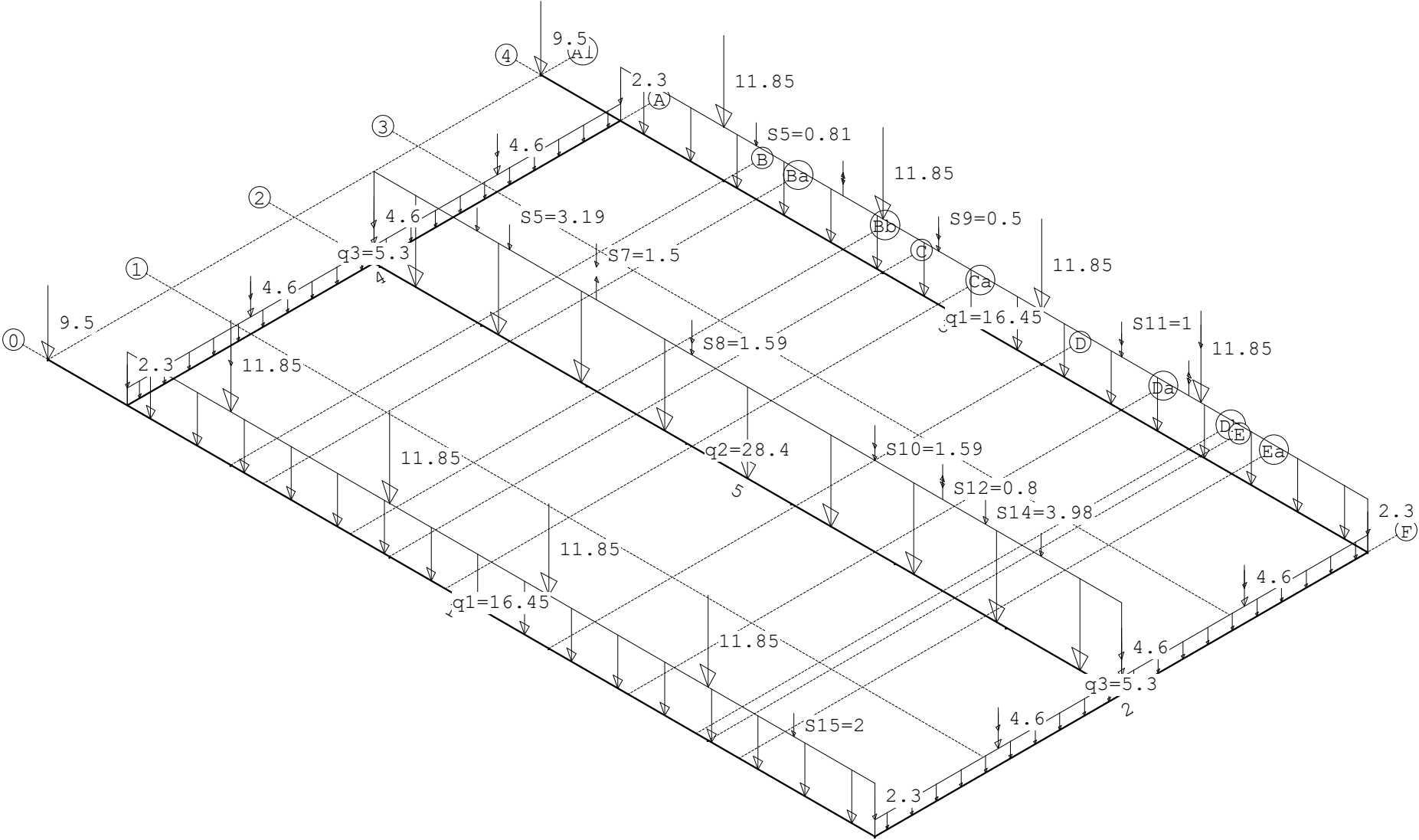
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	ψ_0	ψ_1	ψ_2	e.g.
1	Permanent	2:Permanent EN1991				-1.00
2	Veranderlijk begane	0:Alles tegelijk	0.50	0.50	0.30	0.00
3	Wind opwaarts	0:Alles tegelijk	0.00	0.20	0.00	0.00
4	Wind neerwaarts	0:Alles tegelijk	0.00	0.20	0.00	0.00
5	Sneeuw	0:Alles tegelijk	0.00	0.20	0.00	0.00
6	Verdiepingsvloer	0:Alles tegelijk	0.50	0.50	0.30	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
1	Permanent	1 Permanente belasting
2	Veranderlijk begane grond	2 Ver. bel. pers. ed. (q_k)
3	Wind opwaarts	7 Wind van links onderdruk A
4	Wind neerwaarts	8 Wind van links overdruk A
5	Sneeuw	22 Sneeuw A
6	Verdiepingsvloer	2 Ver. bel. pers. ed. (q_k)

VELDBELASTINGEN

B.G:1 Permanent



VELDBELASTINGEN

B.G:1 Permanent

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	1:q-last	-16.450	-16.450	2.000	18.800	0.000
1	2	8:Puntlast	-9.500		-0.000		0.000
1	3	8:Puntlast	-11.850		4.600		0.000
1	4	8:Puntlast	-11.850		8.600		0.000
1	5	8:Puntlast	-11.850		12.600		0.000
1	6	8:Puntlast	-11.850		16.600		0.000
1	7	8:Puntlast	-1.500		4.600		0.000
1	8	8:Puntlast	-2.000		18.758		0.000
2	1	1:q-last	-5.300	-5.300	0.000	12.400	0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Fundering

VELDBELASTINGEN

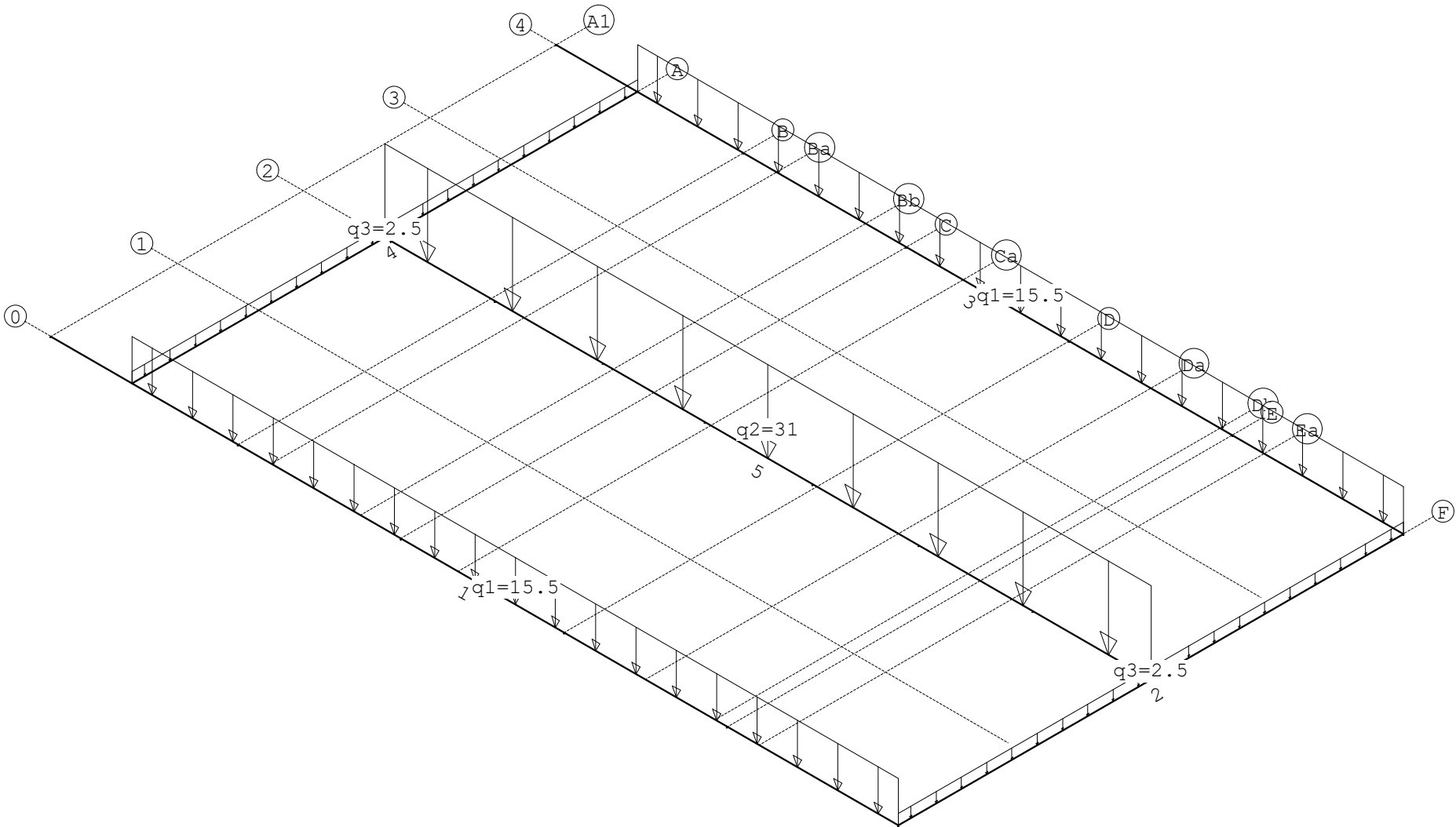
B.G:1 Permanent

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
2	2	8:Puntlast	-2.300		0.000		0.000
2	3	8:Puntlast	-4.600		3.100		0.000
2	4	8:Puntlast	-4.600		6.200		0.000
2	5	8:Puntlast	-4.600		9.300		0.000
2	6	8:Puntlast	-2.300		12.400		0.000
2	7	8:Puntlast	-1.000		3.100		0.000
2	8	8:Puntlast	-4.000		6.200		0.000
2	9	8:Puntlast	-2.000		9.300		0.000
3	1	1:q-last	-16.450	-16.450	2.000	18.800	0.000
3	2	8:Puntlast	-9.500		-0.000		0.000
3	3	8:Puntlast	-11.850		4.600		0.000
3	4	8:Puntlast	-11.850		8.600		0.000
3	5	8:Puntlast	-11.850		12.600		0.000
3	6	8:Puntlast	-11.850		16.600		0.000
3	7	8:Puntlast	-0.810		5.415		0.000
3	8	8:Puntlast	0.000		7.600		0.000
3	9	8:Puntlast	-1.500		7.600		0.000
3	10	8:Puntlast	-0.410		10.000		0.000
3	11	8:Puntlast	-0.500		10.000		0.000
3	12	8:Puntlast	-0.410		14.600		0.000
3	13	8:Puntlast	-1.000		14.600		0.000
3	14	8:Puntlast	0.200		16.300		0.000
3	15	8:Puntlast	-1.000		16.300		0.000
3	16	8:Puntlast	-1.020		16.600		0.000
4	1	1:q-last	-5.300	-5.300	0.000	12.400	0.000
4	2	8:Puntlast	-2.300		0.000		0.000
4	3	8:Puntlast	-4.600		3.100		0.000
4	4	8:Puntlast	-4.600		6.200		0.000
4	5	8:Puntlast	-4.600		9.300		0.000
4	6	8:Puntlast	-2.300		12.400		0.000
4	7	8:Puntlast	-1.000		3.100		0.000
4	8	8:Puntlast	-4.000		6.200		0.000
4	9	8:Puntlast	-2.000		9.300		0.000
5	1	1:q-last	-28.400	-28.400	0.000	18.800	0.000
5	2	8:Puntlast	-1.000		2.600		0.000
5	3	8:Puntlast	-3.190		3.415		0.000
5	4	8:Puntlast	0.000		5.600		0.000
5	5	8:Puntlast	-1.500		5.600		0.000
5	6	8:Puntlast	-1.590		8.000		0.000
5	7	8:Puntlast	-0.500		8.000		0.000
5	8	8:Puntlast	-1.590		12.600		0.000
5	9	8:Puntlast	-1.000		12.600		0.000
5	10	8:Puntlast	0.800		14.300		0.000
5	11	8:Puntlast	-1.000		14.300		0.000
5	12	8:Puntlast	-3.980		15.385		0.000
5	13	8:Puntlast	-2.000		16.785		0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

VELDBELASTINGEN

B.G:2 Veranderlijk begane grond



VELDBELASTINGEN

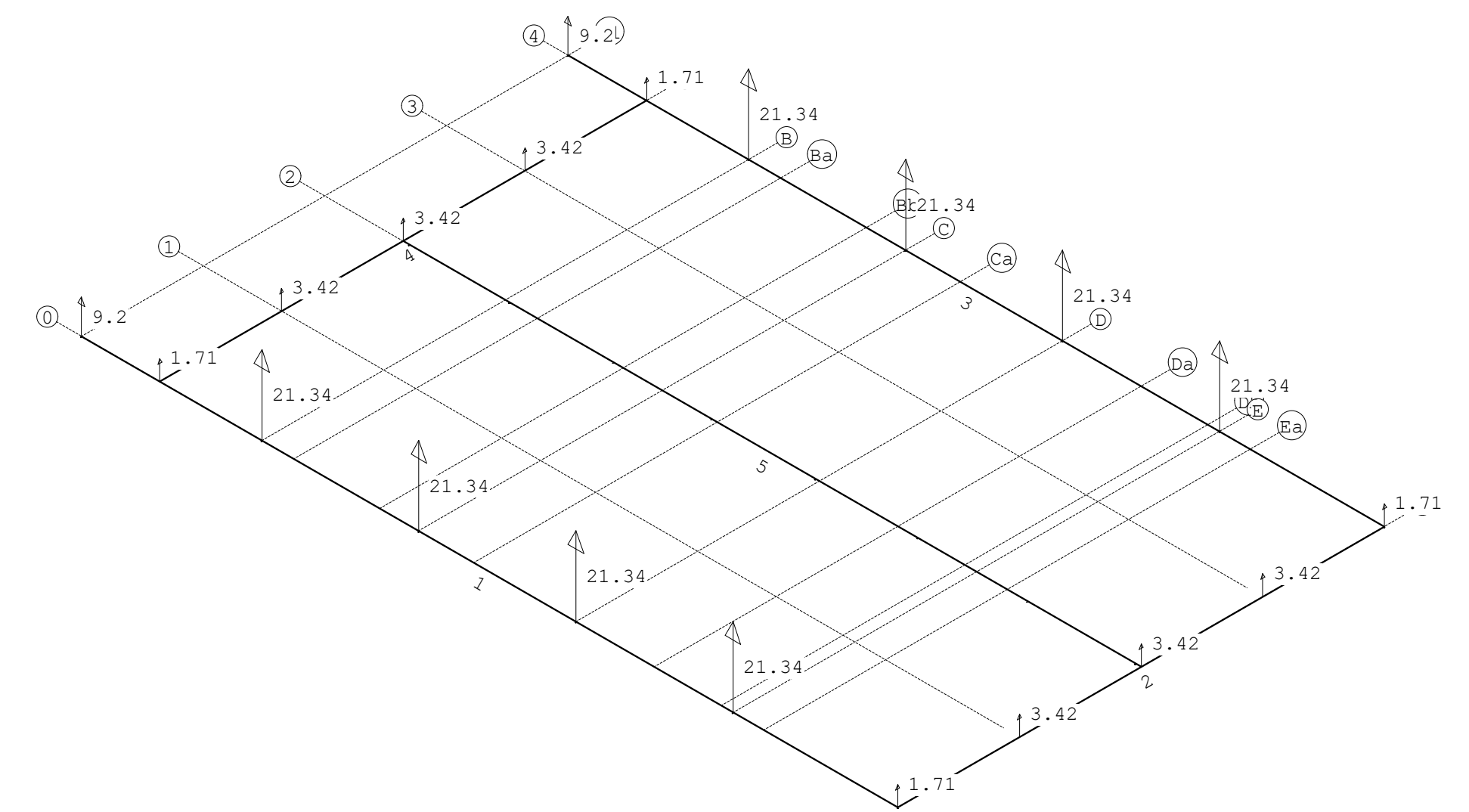
B.G:2 Veranderlijk begane grond

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	1:q-last	-15.500	-15.500	2.000	18.800	0.000
2	1	1:q-last	-2.500	-2.500	0.000	12.400	0.000
3	1	1:q-last	-15.500	-15.500	2.000	18.800	0.000
4	1	1:q-last	-2.500	-2.500	0.000	12.400	0.000
5	1	1:q-last	-31.000	-31.000	0.000	18.800	0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

VELDBELASTINGEN

B.G:3 Wind opwaarts



VELDBELASTINGEN

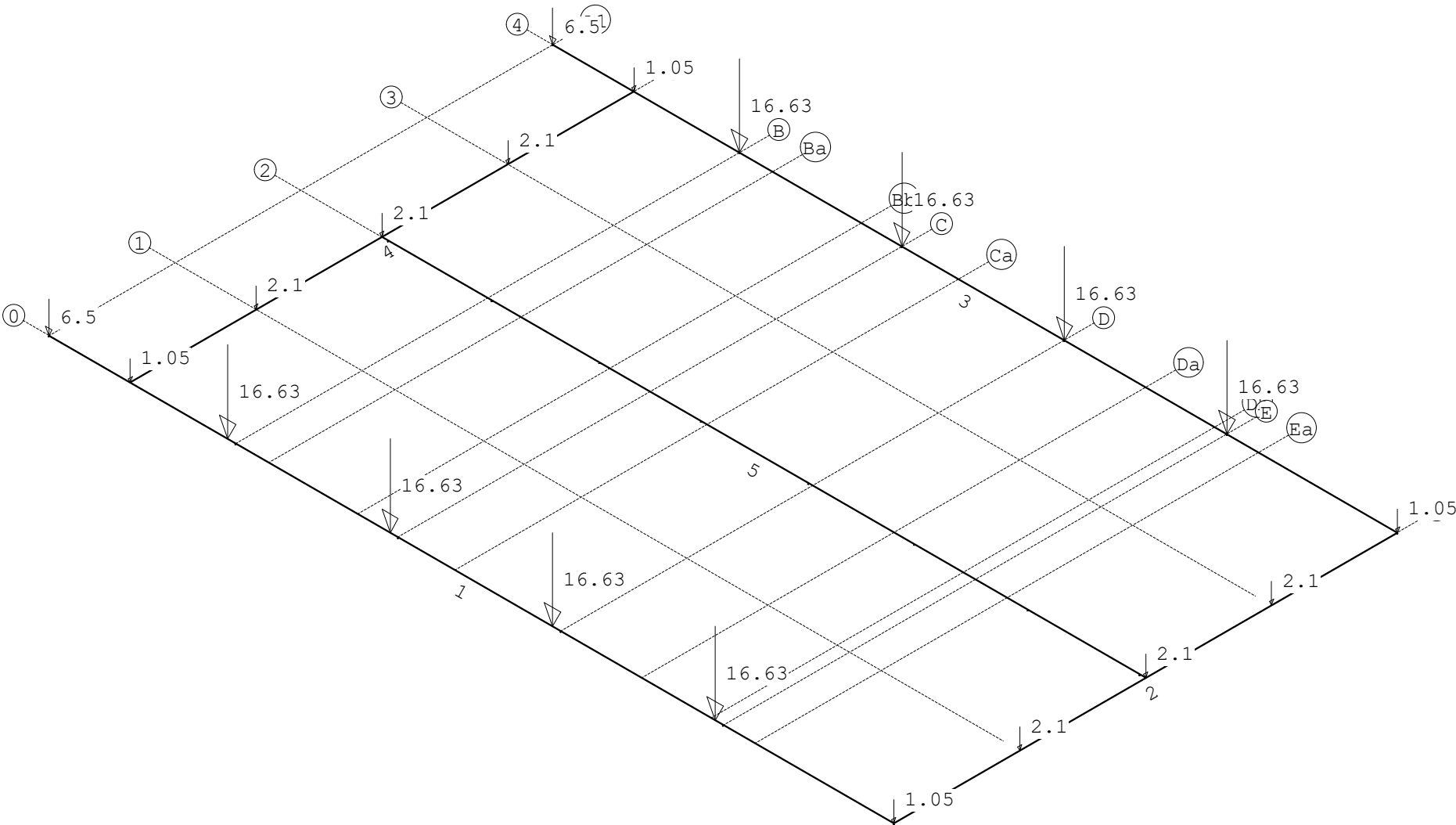
B.G:3 Wind opwaarts

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	8:Puntlast	9.200		-0.000		0.000
1	2	8:Puntlast	21.340		4.600		0.000
1	3	8:Puntlast	21.340		8.600		0.000
1	4	8:Puntlast	21.340		12.600		0.000
1	5	8:Puntlast	21.340		16.600		0.000
2	1	8:Puntlast	1.710		0.000		0.000
2	2	8:Puntlast	3.420		3.100		0.000
2	3	8:Puntlast	3.420		6.200		0.000
2	4	8:Puntlast	3.420		9.300		0.000
2	5	8:Puntlast	1.710		12.400		0.000
3	1	8:Puntlast	9.200		-0.000		0.000
3	2	8:Puntlast	21.340		4.600		0.000
3	3	8:Puntlast	21.340		8.600		0.000
3	4	8:Puntlast	21.340		12.600		0.000
3	5	8:Puntlast	21.340		16.600		0.000
4	1	8:Puntlast	1.710		0.000		0.000
4	2	8:Puntlast	3.420		3.100		0.000
4	3	8:Puntlast	3.420		6.200		0.000
4	4	8:Puntlast	3.420		9.300		0.000
4	5	8:Puntlast	1.710		12.400		0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

VELDBELASTINGEN

B.G:4 Wind neerwaarts



VELDBELASTINGEN

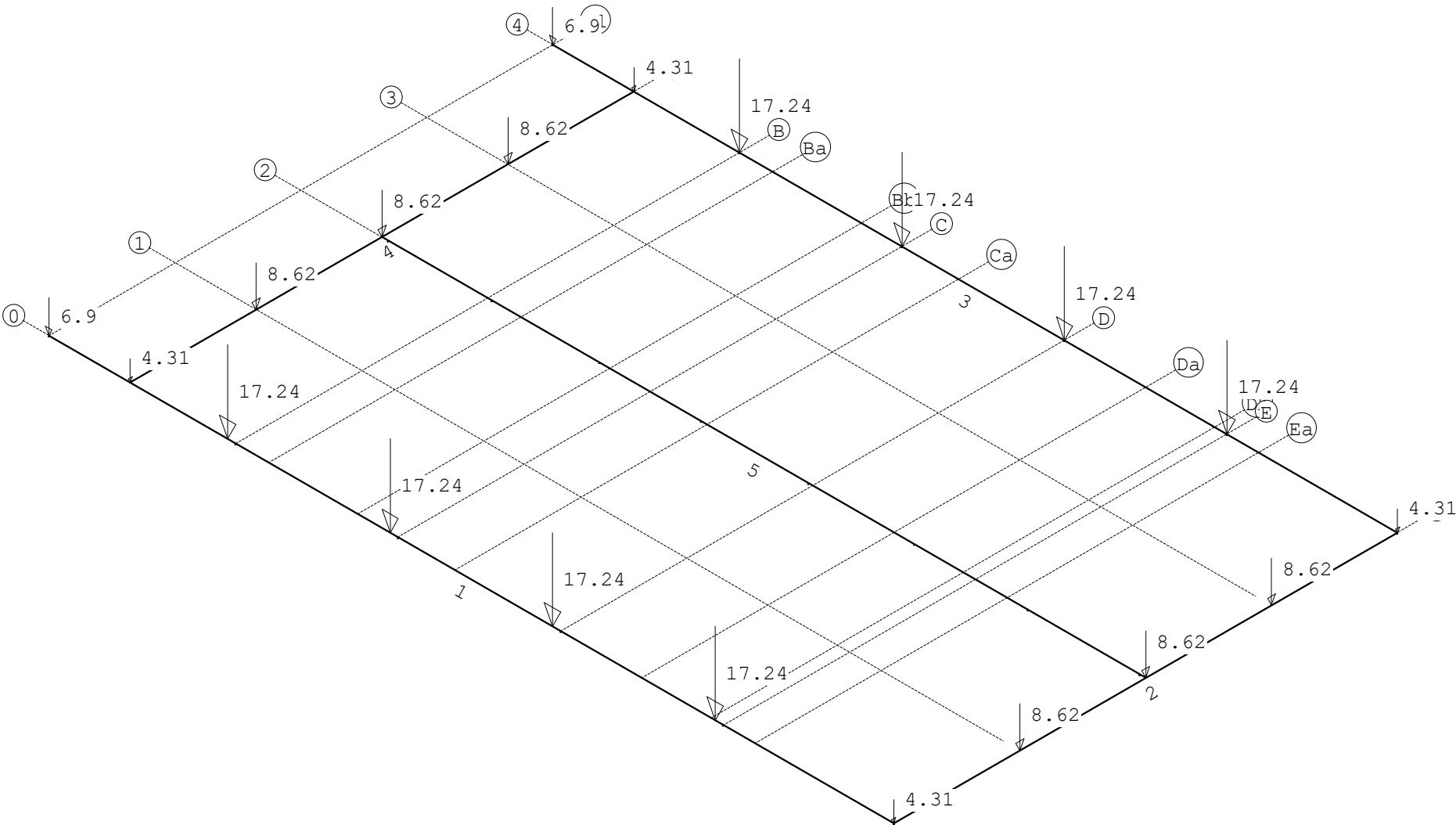
B.G:4 Wind neerwaarts

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	8:Puntlast	-6.500		-0.000		0.000
1	2	8:Puntlast	-16.630		4.400		0.000
1	3	8:Puntlast	-16.630		8.400		0.000
1	4	8:Puntlast	-16.630		12.400		0.000
1	5	8:Puntlast	-16.630		16.400		0.000
2	1	8:Puntlast	-1.050		0.000		0.000
2	2	8:Puntlast	-2.100		3.100		0.000
2	3	8:Puntlast	-2.100		6.200		0.000
2	4	8:Puntlast	-2.100		9.300		0.000
2	5	8:Puntlast	-1.050		12.400		0.000
3	1	8:Puntlast	-6.500		-0.000		0.000
3	2	8:Puntlast	-16.630		4.600		0.000
3	3	8:Puntlast	-16.630		8.600		0.000
3	4	8:Puntlast	-16.630		12.600		0.000
3	5	8:Puntlast	-16.630		16.600		0.000
4	1	8:Puntlast	-1.050		0.000		0.000
4	2	8:Puntlast	-2.100		3.100		0.000
4	3	8:Puntlast	-2.100		6.200		0.000
4	4	8:Puntlast	-2.100		9.300		0.000
4	5	8:Puntlast	-1.050		12.400		0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

VELDBELASTINGEN

B.G:5 Sneeuw



VELDBELASTINGEN

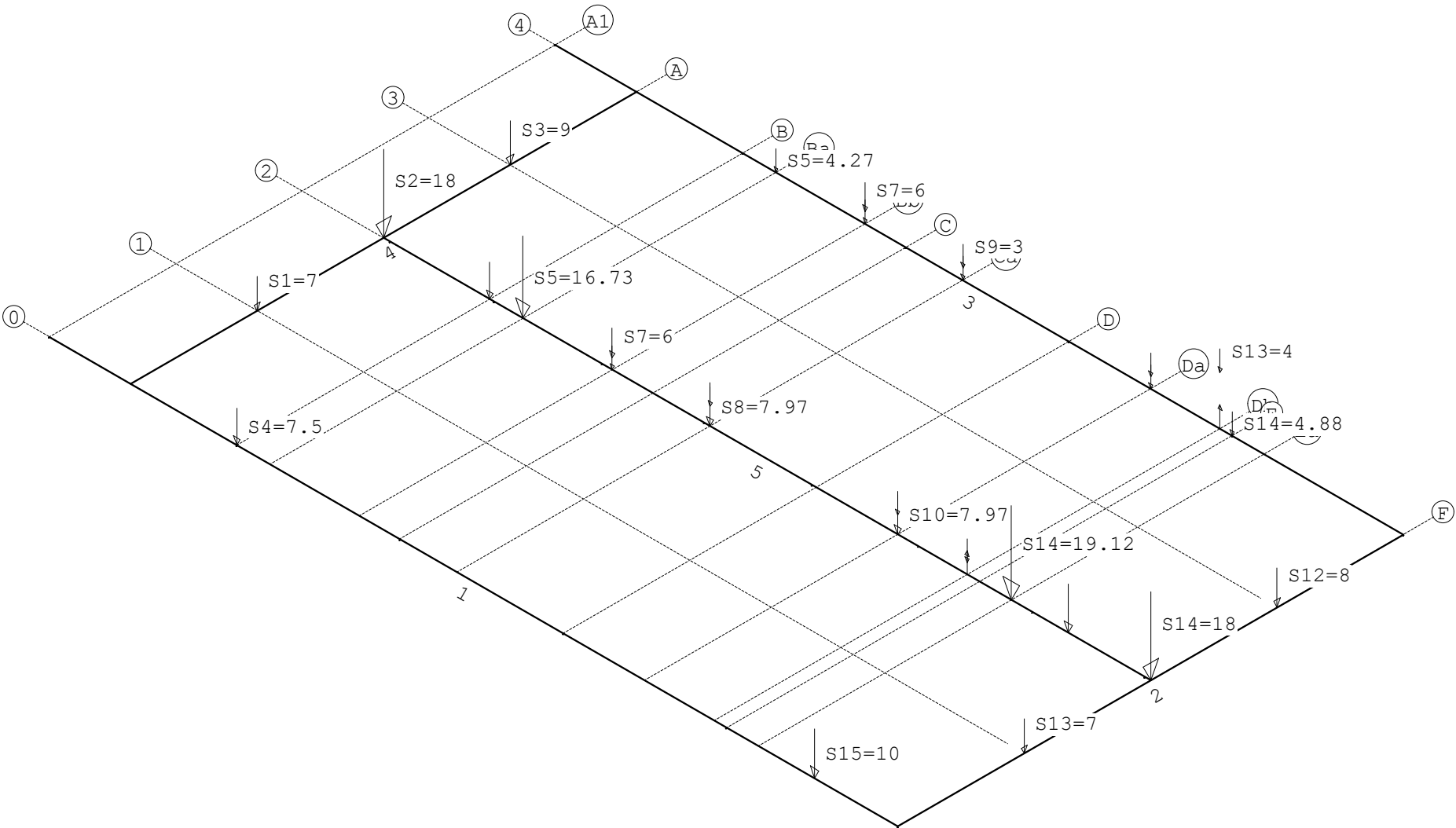
B.G:5 Sneeuw

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	8:Puntlast	-6.900		-0.000		0.000
1	2	8:Puntlast	-17.240		4.400		0.000
1	3	8:Puntlast	-17.240		8.400		0.000
1	4	8:Puntlast	-17.240		12.400		0.000
1	5	8:Puntlast	-17.240		16.400		0.000
2	1	8:Puntlast	-4.310		0.000		0.000
2	2	8:Puntlast	-8.620		3.100		0.000
2	3	8:Puntlast	-8.620		6.200		0.000
2	4	8:Puntlast	-8.620		9.300		0.000
2	5	8:Puntlast	-4.310		12.400		0.000
3	1	8:Puntlast	-6.900		-0.000		0.000
3	2	8:Puntlast	-17.240		4.600		0.000
3	3	8:Puntlast	-17.240		8.600		0.000
3	4	8:Puntlast	-17.240		12.600		0.000
3	5	8:Puntlast	-17.240		16.600		0.000
4	1	8:Puntlast	-4.310		0.000		0.000
4	2	8:Puntlast	-8.620		3.100		0.000
4	3	8:Puntlast	-8.620		6.200		0.000
4	4	8:Puntlast	-8.620		9.300		0.000
4	5	8:Puntlast	-4.310		12.400		0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

VELDBELASTINGEN

B.G:6 Verdiepingsvloer



VELDBELASTINGEN

B.G:6 Verdiepingsvloer

Balk	Last	Type	q1/p/m	q2	Afstand	Lengte	Exc.
1	1	8:Puntlast	-7.500		4.600		0.000
1	2	8:Puntlast	-10.000		18.758		0.000
2	1	8:Puntlast	-7.000		3.100		0.000
2	2	8:Puntlast	-18.000		6.200		0.000
2	3	8:Puntlast	-8.000		9.300		0.000
3	1	8:Puntlast	-4.270		5.415		0.000
3	2	8:Puntlast	-0.410		7.600		0.000
3	3	8:Puntlast	-6.000		7.600		0.000
3	4	8:Puntlast	-2.030		10.000		0.000
3	5	8:Puntlast	-3.000		10.000		0.000
3	6	8:Puntlast	-2.030		14.600		0.000
3	7	8:Puntlast	-3.500		14.600		0.000
3	8	8:Puntlast	1.220		16.300		0.000
3	9	8:Puntlast	-4.000		16.300		0.000
3	10	8:Puntlast	-4.880		16.600		0.000
4	1	8:Puntlast	-7.000		3.100		0.000
4	2	8:Puntlast	-18.000		6.200		0.000
4	3	8:Puntlast	-9.000		9.300		0.000
5	1	8:Puntlast	-7.500		2.600		0.000
5	2	8:Puntlast	-16.730		3.415		0.000
5	3	8:Puntlast	-1.590		5.600		0.000
5	4	8:Puntlast	-6.000		5.600		0.000
5	5	8:Puntlast	-7.970		8.000		0.000
5	6	8:Puntlast	-3.000		8.000		0.000
5	7	8:Puntlast	-7.970		12.600		0.000
5	8	8:Puntlast	-3.500		12.600		0.000
5	9	8:Puntlast	4.780		14.300		0.000
5	10	8:Puntlast	-4.000		14.300		0.000
5	11	8:Puntlast	-19.120		15.385		0.000
5	12	8:Puntlast	-10.000		16.785		0.000

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

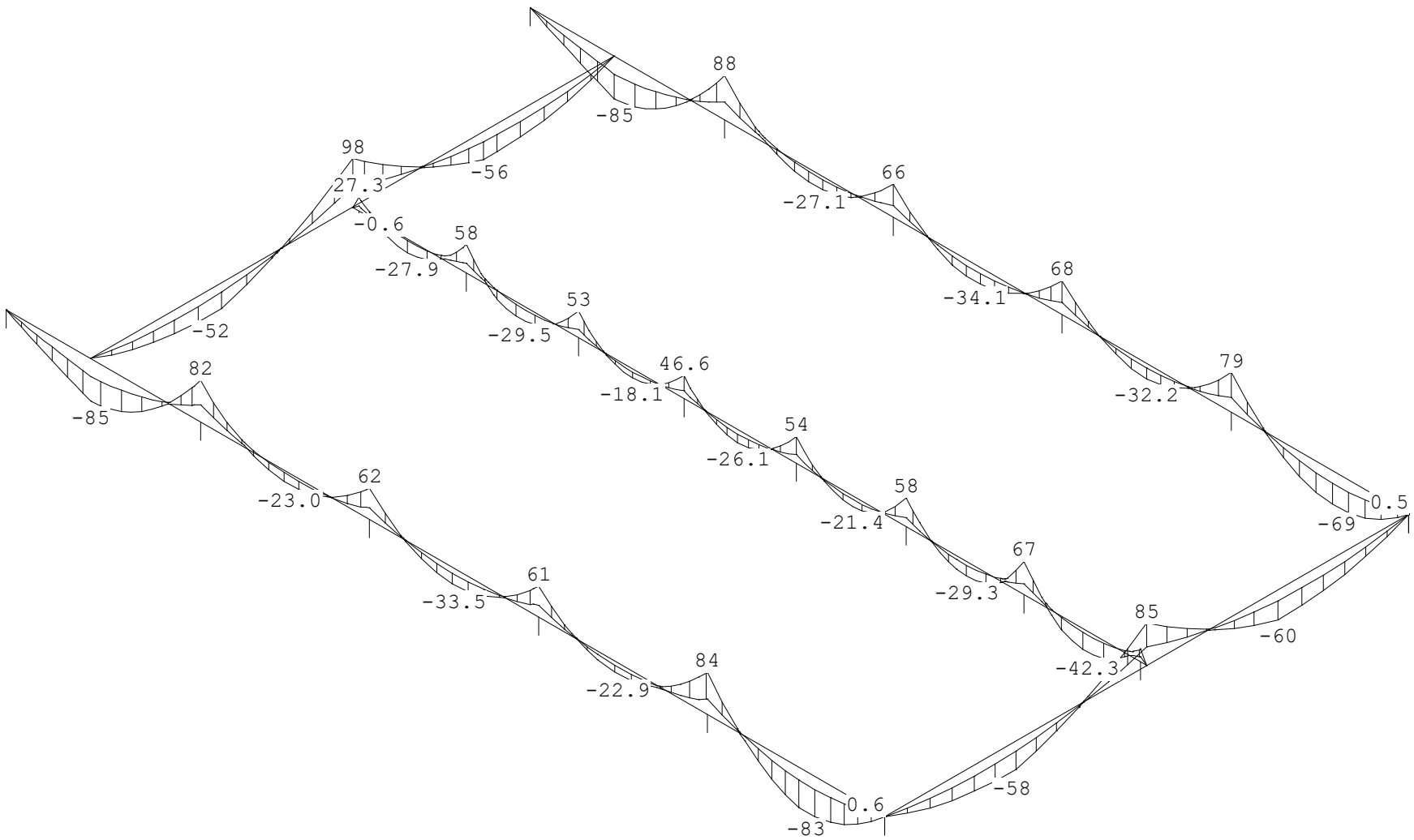
BELASTINGCOMBINATIES

[illegible]

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

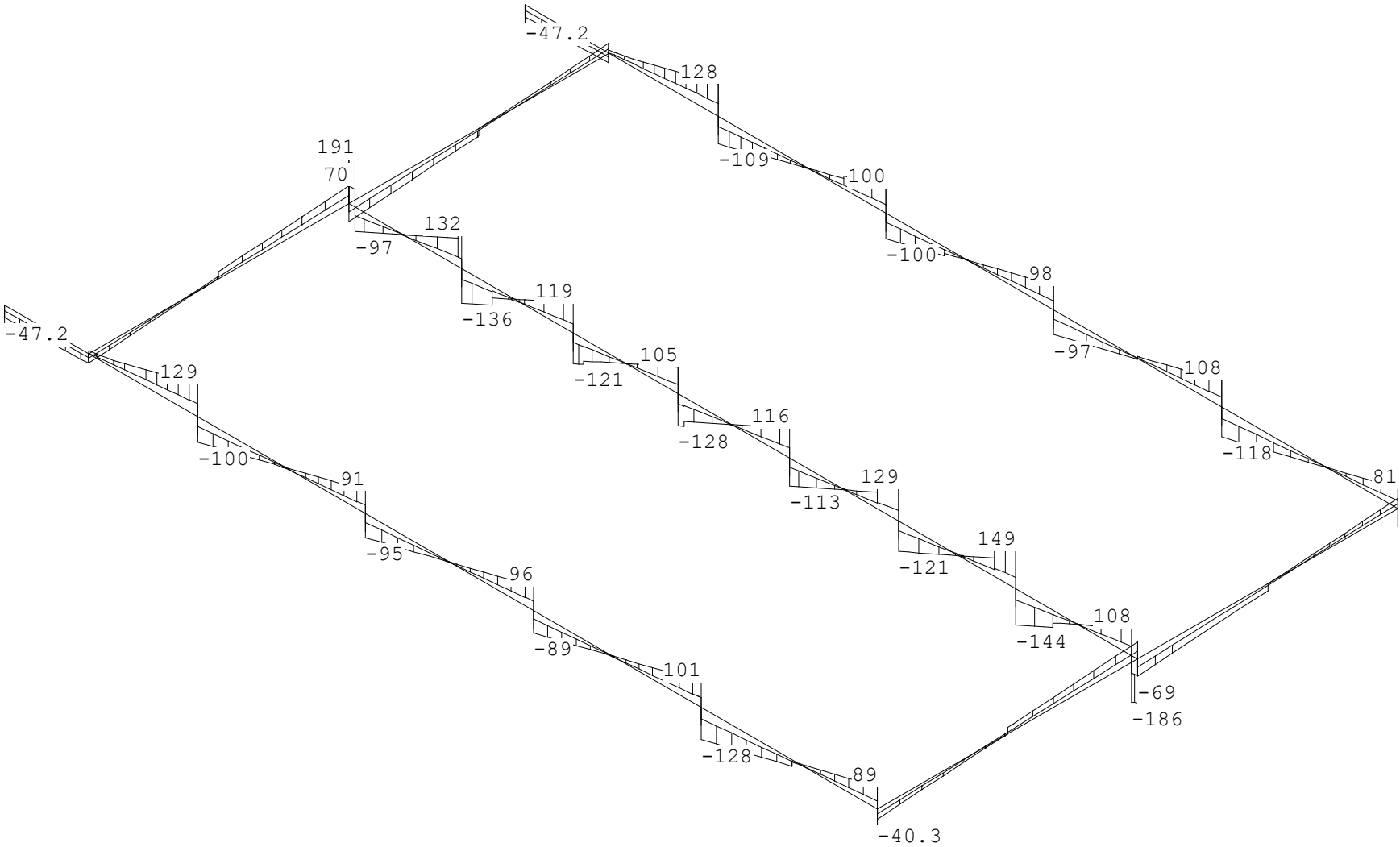
MOMENTEN Fysisch lineair Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

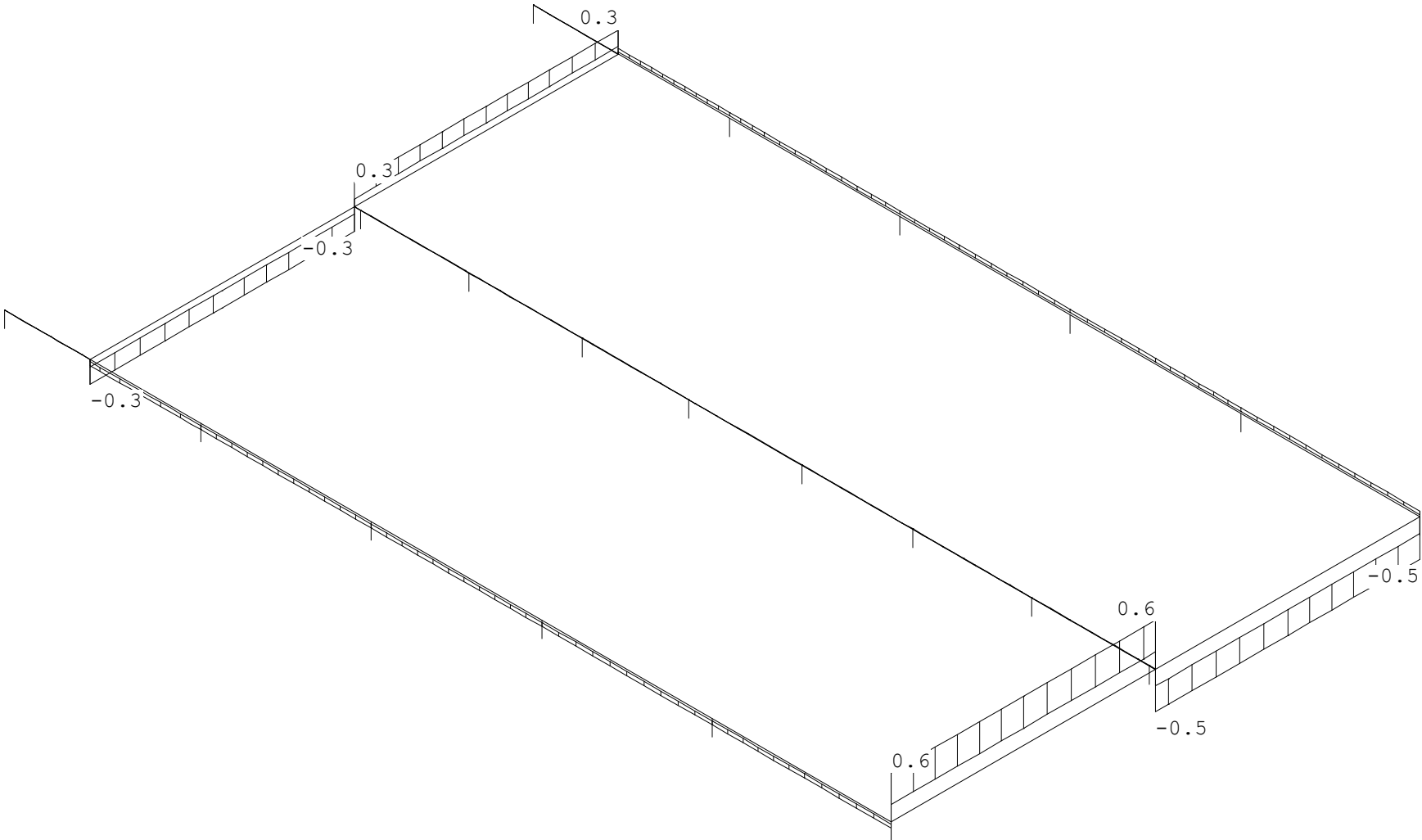
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

WRINGMOMENTEN Fysisch lineair

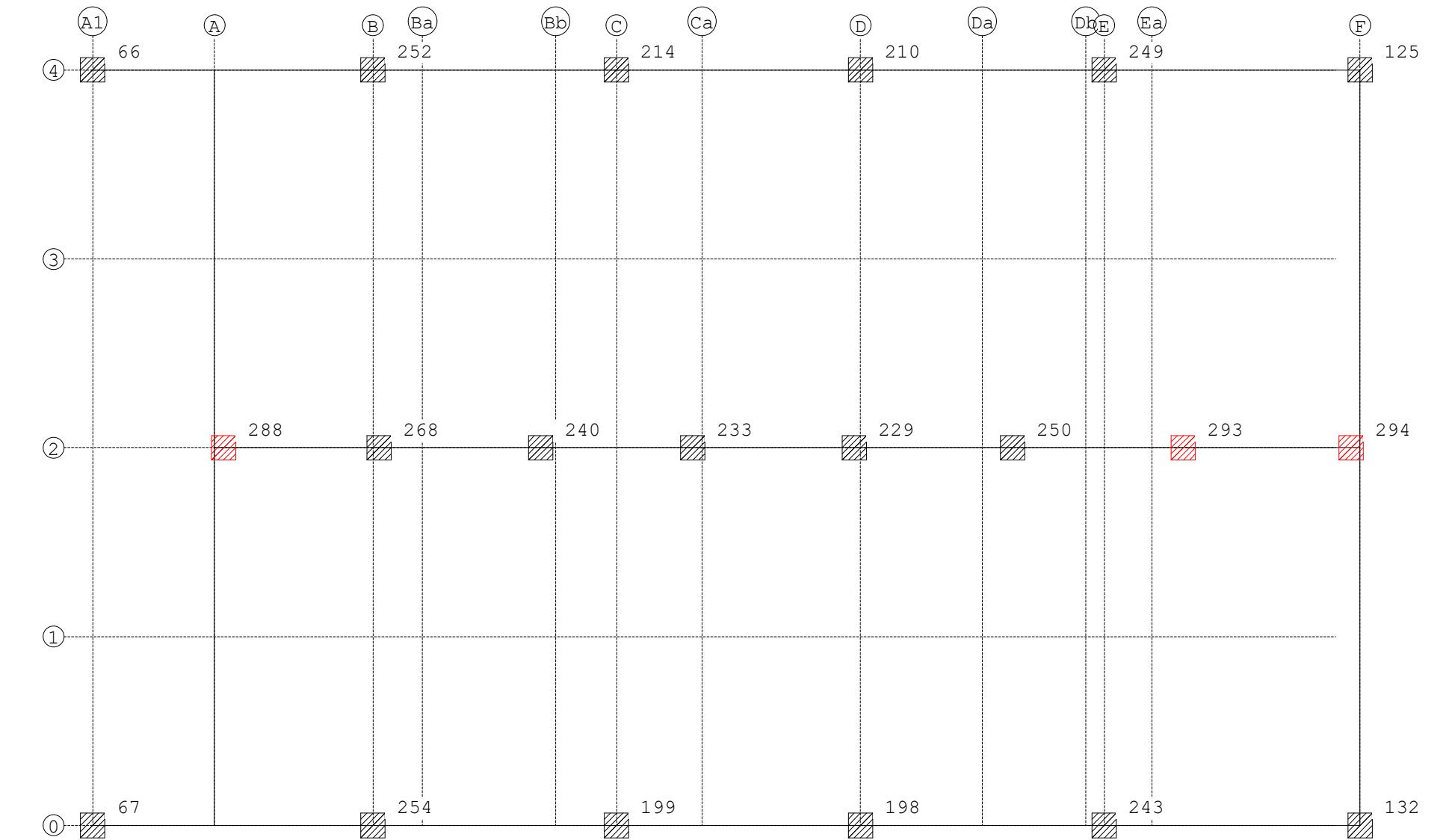
Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

REACTIES Fysisch lineair

Fundamentele combinatie



REACTIES Fysisch lineair

Fundamentele combinatie

Balk	Stp	MX-min	MX-max	Z-min	Z-max	MY-min	MY-max
1	1	0.00	0.00	16.12	66.56	0.00	0.00
1	2	0.00	0.00	69.86	253.55	0.00	0.00
1	3	0.00	0.00	48.49	199.33	0.00	0.00
1	4	0.00	0.00	49.33	198.23	0.00	0.00
1	5	0.00	0.00	63.69	242.91	0.00	0.00
1	6	0.00	0.00	50.32	131.90	0.00	0.00
2	6	0.00	0.00	50.32	131.90	0.00	0.00
2	20	0.00	0.00	49.94	125.37	0.00	0.00
3	15	0.00	0.00	16.23	66.20	0.00	0.00
3	16	0.00	0.00	69.83	251.55	0.00	0.00
3	17	0.00	0.00	50.04	214.17	0.00	0.00
3	18	0.00	0.00	50.68	210.02	0.00	0.00
3	19	0.00	0.00	64.65	248.86	0.00	0.00
3	20	0.00	0.00	49.94	125.37	0.00	0.00
5	7	0.00	0.00	104.18	288.44	0.00	0.00
5	8	0.00	0.00	83.44	268.02	0.00	0.00
5	9	0.00	0.00	73.70	239.80	0.00	0.00
5	10	0.00	0.00	75.67	232.91	0.00	0.00
5	11	0.00	0.00	76.46	229.35	0.00	0.00
5	12	0.00	0.00	78.28	250.06	0.00	0.00
5	13	0.00	0.00	90.65	292.95	0.00	0.00
5	14	0.00	0.00	105.47	294.17	0.00	0.00

OMHULLENDE VAN DE FREQUENTE COMBINATIES

TUSSENPUTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan.
			min.	max.	max.	max.	[kN/m2]
1	1	0.000	-0.99	-0.84	0.00000	0.00244	
1	1	0.200	-1.46	-1.14	0.00000	0.00243	
1	1	0.400	-1.94	-1.45	0.00000	0.00241	
1	1	0.600	-2.42	-1.75	0.00000	0.00238	
1	1	0.800	-2.90	-2.05	0.00000	0.00235	
1	1	1.000	-3.36	-2.34	0.00000	0.00227	
1	1	1.200	-3.79	-2.61	0.00000	0.00214	
1	1	1.400	-4.22	-2.89	0.00000	0.00200	
1	1	1.600	-4.56	-3.11	0.00000	0.00169	
1	1	1.800	-4.90	-3.33	0.00000	0.00139	
1	1	2.000	-5.15	-3.50	0.00000	0.00101	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
1	1	2.000	-5.15	-3.50	0.00000	0.00101	
1	1	2.260	-5.33	-3.62	0.00000	0.00048	
1	1	2.520	-5.36	-3.64	0.00000	0.00003	
1	1	2.780	-5.35	-3.63	0.00000	-0.00039	
1	1	3.040	-5.19	-3.53	0.00000	-0.00065	
1	1	3.300	-5.01	-3.42	0.00000	-0.00083	
1	1	3.560	-4.79	-3.29	0.00000	-0.00085	
1	1	3.820	-4.57	-3.16	0.00000	-0.00085	
1	1	4.080	-4.35	-3.03	0.00000	-0.00081	
1	1	4.340	-4.15	-2.91	0.00000	-0.00071	
1	1	4.600	-3.97	-2.79	0.00000	-0.00060	
1	2	0.000	-3.97	-2.79	0.00000	-0.00060	
1	2	0.400	-3.77	-2.67	0.00000	-0.00040	
1	2	0.800	-3.64	-2.59	0.00000	-0.00028	
1	2	1.200	-3.54	-2.53	0.00000	-0.00022	
1	2	1.600	-3.45	-2.48	0.00000	-0.00021	
1	2	2.000	-3.37	-2.43	0.00000	-0.00022	
1	2	2.400	-3.28	-2.37	0.00000	-0.00023	
1	2	2.800	-3.18	-2.30	0.00000	-0.00024	
1	2	3.200	-3.09	-2.24	0.00000	-0.00023	
1	2	3.600	-3.01	-2.18	0.00000	-0.00017	
1	2	4.000	-2.96	-2.15	0.00000	-0.00005	
1	3	0.000	-2.96	-2.15	0.00000	-0.00005	
1	3	0.400	-2.97	-2.15	0.00000	0.00007	
1	3	0.800	-3.01	-2.19	0.00000	0.00012	
1	3	1.200	-3.06	-2.22	0.00000	0.00011	
1	3	1.600	-3.09	-2.25	0.00000	0.00007	
1	3	2.000	-3.11	-2.27	0.00000	0.00002	
1	3	2.400	-3.10	-2.27	0.00000	-0.00005	
1	3	2.800	-3.07	-2.25	0.00000	-0.00010	
1	3	3.200	-3.03	-2.23	0.00000	-0.00011	
1	3	3.600	-2.99	-2.20	0.00000	-0.00006	
1	3	4.000	-2.99	-2.21	0.00000	0.00005	
1	4	0.000	-2.99	-2.21	0.00000	0.00005	
1	4	0.400	-3.03	-2.24	0.00000	0.00016	
1	4	0.800	-3.10	-2.30	0.00000	0.00020	
1	4	1.200	-3.19	-2.36	0.00000	0.00021	
1	4	1.600	-3.26	-2.41	0.00000	0.00018	
1	4	2.000	-3.33	-2.44	0.00000	0.00014	
1	4	2.400	-3.38	-2.46	0.00000	0.00011	
1	4	2.800	-3.42	-2.45	0.00000	0.00010	
1	4	3.200	-3.47	-2.44	0.00000	0.00013	
1	4	3.600	-3.54	-2.43	0.00000	0.00022	
1	4	4.000	-3.66	-2.43	0.00000	0.00039	
1	5	0.000	-3.66	-2.43	0.00000	0.00039	
1	5	0.420	-3.86	-2.48	0.00000	0.00054	
1	5	0.840	-4.10	-2.53	0.00000	0.00059	
1	5	1.260	-4.34	-2.57	0.00000	0.00056	
1	5	1.680	-4.55	-2.58	0.00000	0.00038	
1	5	2.100	-4.61	-2.55	0.00000	-0.00019	
1	5	2.520	-4.44	-2.45	0.00000	-0.00071	
1	5	2.940	-4.02	-2.30	0.00000	-0.00127	
1	5	3.360	-3.41	-2.10	0.00000	-0.00161	
1	5	3.780	-2.71	-1.85	0.00000	-0.00171	
1	5	4.200	-1.98	-1.59	0.00000	-0.00175	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
2	1	0.000	-1.98	-1.59	0.00000	0.00150	
2	1	0.517	-2.75	-2.03	0.00000	0.00146	
2	1	1.033	-3.49	-2.44	0.00000	0.00137	
2	1	1.550	-4.16	-2.80	0.00000	0.00124	
2	1	2.067	-4.74	-3.09	0.00000	0.00097	
2	1	2.583	-5.14	-3.29	0.00000	0.00054	
2	1	3.100	-5.30	-3.42	0.00000	0.00016	
2	1	3.617	-5.24	-3.46	0.00000	-0.00025	
2	1	4.133	-5.08	-3.44	0.00000	-0.00036	
2	1	4.650	-4.87	-3.36	0.00000	-0.00041	
2	1	5.167	-4.66	-3.27	0.00000	-0.00038	
2	1	5.683	-4.49	-3.19	0.00000	-0.00026	
2	1	6.200	-4.42	-3.16	0.00000	0.00007	
2	2	0.000	-4.42	-3.16	0.00000	0.00007	
2	2	0.517	-4.57	-3.21	0.00000	0.00041	
2	2	1.033	-4.81	-3.31	0.00000	0.00052	
2	2	1.550	-5.09	-3.42	0.00000	0.00055	
2	2	2.067	-5.36	-3.51	0.00000	0.00049	
2	2	2.583	-5.59	-3.55	0.00000	0.00037	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
2	2	3.100	-5.68	-3.51	0.00000	-0.00014	
2	2	3.617	-5.52	-3.39	0.00000	-0.00060	
2	2	4.133	-5.08	-3.16	0.00000	-0.00109	
2	2	4.650	-4.42	-2.85	0.00000	-0.00142	
2	2	5.167	-3.65	-2.47	0.00000	-0.00155	
2	2	5.683	-2.82	-2.04	0.00000	-0.00165	
2	2	6.200	-1.96	-1.58	0.00000	-0.00168	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
3	1	0.000	-0.99	-0.84	0.00000	0.00241	
3	1	0.200	-1.45	-1.15	0.00000	0.00240	
3	1	0.400	-1.93	-1.45	0.00000	0.00238	
3	1	0.600	-2.41	-1.75	0.00000	0.00235	
3	1	0.800	-2.87	-2.05	0.00000	0.00232	
3	1	1.000	-3.33	-2.34	0.00000	0.00224	
3	1	1.200	-3.76	-2.62	0.00000	0.00212	
3	1	1.400	-4.18	-2.89	0.00000	0.00197	
3	1	1.600	-4.51	-3.11	0.00000	0.00167	
3	1	1.800	-4.85	-3.33	0.00000	0.00137	
3	1	2.000	-5.10	-3.50	0.00000	0.00099	
3	1	2.000	-5.10	-3.50	0.00000	0.00099	
3	1	2.260	-5.27	-3.62	0.00000	0.00046	
3	1	2.520	-5.30	-3.63	0.00000	0.00002	
3	1	2.780	-5.28	-3.62	0.00000	-0.00040	
3	1	3.040	-5.12	-3.52	0.00000	-0.00063	
3	1	3.300	-4.95	-3.42	0.00000	-0.00080	
3	1	3.560	-4.74	-3.29	0.00000	-0.00082	
3	1	3.820	-4.52	-3.16	0.00000	-0.00081	
3	1	4.080	-4.31	-3.02	0.00000	-0.00077	
3	1	4.340	-4.13	-2.91	0.00000	-0.00067	
3	1	4.600	-3.96	-2.79	0.00000	-0.00055	
3	2	0.000	-3.96	-2.79	0.00000	-0.00055	
3	2	0.400	-3.78	-2.68	0.00000	-0.00035	
3	2	0.800	-3.67	-2.61	0.00000	-0.00023	
3	2	1.200	-3.59	-2.55	0.00000	-0.00017	
3	2	1.600	-3.53	-2.51	0.00000	-0.00016	
3	2	2.000	-3.46	-2.46	0.00000	-0.00017	
3	2	2.400	-3.39	-2.40	0.00000	-0.00020	
3	2	2.800	-3.31	-2.34	0.00000	-0.00022	
3	2	3.200	-3.22	-2.27	0.00000	-0.00021	
3	2	3.600	-3.14	-2.22	0.00000	-0.00016	
3	2	4.000	-3.10	-2.19	0.00000	-0.00003	
3	3	0.000	-3.10	-2.19	0.00000	-0.00003	
3	3	0.400	-3.11	-2.19	0.00000	0.00008	
3	3	0.800	-3.16	-2.23	0.00000	0.00013	
3	3	1.200	-3.21	-2.26	0.00000	0.00012	
3	3	1.600	-3.25	-2.29	0.00000	0.00007	
3	3	2.000	-3.27	-2.31	0.00000	0.00002	
3	3	2.400	-3.26	-2.31	0.00000	-0.00005	
3	3	2.800	-3.23	-2.29	0.00000	-0.00010	
3	3	3.200	-3.19	-2.26	0.00000	-0.00010	
3	3	3.600	-3.15	-2.24	0.00000	-0.00005	
3	3	4.000	-3.15	-2.25	0.00000	0.00006	
3	4	0.000	-3.15	-2.25	0.00000	0.00006	
3	4	0.400	-3.20	-2.28	0.00000	0.00018	
3	4	0.800	-3.29	-2.34	0.00000	0.00023	
3	4	1.200	-3.38	-2.41	0.00000	0.00022	
3	4	1.600	-3.46	-2.46	0.00000	0.00018	
3	4	2.000	-3.52	-2.49	0.00000	0.00012	
3	4	2.400	-3.56	-2.51	0.00000	0.00006	
3	4	2.800	-3.57	-2.50	0.00000	-0.00005	
3	4	3.200	-3.57	-2.48	0.00000	-0.00007	
3	4	3.600	-3.59	-2.46	0.00000	0.00007	
3	4	4.000	-3.64	-2.46	0.00000	0.00021	
3	5	0.000	-3.64	-2.46	0.00000	0.00021	
3	5	0.420	-3.76	-2.49	0.00000	0.00033	
3	5	0.840	-3.91	-2.54	0.00000	0.00036	
3	5	1.260	-4.05	-2.57	0.00000	0.00031	
3	5	1.680	-4.17	-2.57	0.00000	0.00021	
3	5	2.100	-4.18	-2.53	0.00000	-0.00020	
3	5	2.520	-4.02	-2.43	0.00000	-0.00063	
3	5	2.940	-3.65	-2.28	0.00000	-0.00108	
3	5	3.360	-3.15	-2.08	0.00000	-0.00132	
3	5	3.780	-2.57	-1.84	0.00000	-0.00142	
3	5	4.200	-1.96	-1.58	0.00000	-0.00146	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
4	1	0.000	-5.15	-3.50	0.00000	0.00063	
4	1	0.517	-5.47	-3.74	0.00000	0.00060	
4	1	1.033	-5.76	-3.94	0.00000	0.00051	
4	1	1.550	-6.00	-4.10	0.00000	0.00038	
4	1	2.067	-6.15	-4.20	0.00000	0.00021	
4	1	2.583	-6.19	-4.22	0.00000	-0.00009	
4	1	3.100	-6.06	-4.16	0.00000	-0.00040	
4	1	3.617	-5.81	-4.04	0.00000	-0.00057	
4	1	4.133	-5.49	-3.86	0.00000	-0.00067	
4	1	4.650	-5.13	-3.65	0.00000	-0.00071	
4	1	5.167	-4.77	-3.43	0.00000	-0.00067	
4	1	5.683	-4.45	-3.24	0.00000	-0.00054	
4	1	6.200	-4.30	-3.14	0.00000	0.00009	
4	2	0.000	-4.30	-3.14	0.00000	0.00009	
4	2	0.517	-4.54	-3.25	0.00000	0.00070	
4	2	1.033	-4.94	-3.45	0.00000	0.00083	
4	2	1.550	-5.38	-3.68	0.00000	0.00086	
4	2	2.067	-5.82	-3.90	0.00000	0.00081	
4	2	2.583	-6.21	-4.09	0.00000	0.00070	
4	2	3.100	-6.52	-4.21	0.00000	0.00046	
4	2	3.617	-6.64	-4.26	0.00000	0.00005	
4	2	4.133	-6.55	-4.24	0.00000	-0.00037	
4	2	4.650	-6.29	-4.13	0.00000	-0.00060	
4	2	5.167	-5.94	-3.97	0.00000	-0.00074	
4	2	5.683	-5.54	-3.75	0.00000	-0.00083	
4	2	6.200	-5.10	-3.50	0.00000	-0.00086	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
5	1	0.000	-4.30	-3.14	0.00000	-0.00035	
5	1	0.015	-4.30	-3.13	0.00000	-0.00035	
5	1	0.030	-4.29	-3.13	0.00000	-0.00034	
5	1	0.045	-4.29	-3.12	0.00000	-0.00034	
5	1	0.060	-4.29	-3.12	0.00000	-0.00034	
5	1	0.075	-4.28	-3.11	0.00000	-0.00034	
5	1	0.090	-4.28	-3.11	0.00000	-0.00034	
5	1	0.105	-4.28	-3.11	0.00000	-0.00034	
5	1	0.120	-4.27	-3.10	0.00000	-0.00034	
5	1	0.135	-4.27	-3.10	0.00000	-0.00034	
5	1	0.150	-4.27	-3.09	0.00000	-0.00034	
5	2	0.000	-4.27	-3.09	0.00000	-0.00034	
5	2	0.255	-4.22	-3.02	0.00000	-0.00031	
5	2	0.510	-4.17	-2.96	0.00000	-0.00031	
5	2	0.765	-4.12	-2.89	0.00000	-0.00031	
5	2	1.020	-4.07	-2.83	0.00000	-0.00032	
5	2	1.275	-4.01	-2.75	0.00000	-0.00033	
5	2	1.530	-3.94	-2.68	0.00000	-0.00034	
5	2	1.785	-3.86	-2.60	0.00000	-0.00034	
5	2	2.040	-3.79	-2.53	0.00000	-0.00032	
5	2	2.295	-3.71	-2.46	0.00000	-0.00029	
5	2	2.550	-3.66	-2.40	0.00000	-0.00023	
5	3	0.000	-3.66	-2.40	0.00000	-0.00023	
5	3	0.265	-3.62	-2.35	0.00000	-0.00016	
5	3	0.530	-3.59	-2.32	0.00000	-0.00013	
5	3	0.795	-3.56	-2.29	0.00000	-0.00011	
5	3	1.060	-3.53	-2.27	0.00000	-0.00012	
5	3	1.325	-3.50	-2.24	0.00000	-0.00015	
5	3	1.590	-3.46	-2.21	0.00000	-0.00017	
5	3	1.855	-3.41	-2.17	0.00000	-0.00019	
5	3	2.120	-3.36	-2.14	0.00000	-0.00019	
5	3	2.385	-3.31	-2.11	0.00000	-0.00016	
5	3	2.650	-3.27	-2.09	0.00000	-0.00010	
5	4	0.000	-3.27	-2.09	0.00000	-0.00010	
5	4	0.250	-3.26	-2.08	0.00000	-0.00004	
5	4	0.500	-3.25	-2.08	0.00000	-0.00002	
5	4	0.750	-3.25	-2.08	0.00000	0.00001	
5	4	1.000	-3.24	-2.09	0.00000	-0.00002	
5	4	1.250	-3.24	-2.09	0.00000	-0.00004	
5	4	1.500	-3.22	-2.08	0.00000	-0.00006	
5	4	1.750	-3.21	-2.08	0.00000	-0.00007	
5	4	2.000	-3.19	-2.07	0.00000	-0.00007	
5	4	2.250	-3.18	-2.07	0.00000	-0.00004	
5	4	2.500	-3.17	-2.07	0.00000	0.00002	
5	5	0.000	-3.17	-2.07	0.00000	0.00002	
5	5	0.265	-3.18	-2.08	0.00000	0.00005	
5	5	0.530	-3.20	-2.09	0.00000	0.00007	
5	5	0.795	-3.21	-2.11	0.00000	0.00006	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Frequente combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
5	5	1.060	-3.23	-2.12	0.00000	0.00004	
5	5	1.325	-3.23	-2.13	0.00000	0.00001	
5	5	1.590	-3.23	-2.13	0.00000	-0.00003	
5	5	1.855	-3.22	-2.12	0.00000	-0.00005	
5	5	2.120	-3.21	-2.11	0.00000	-0.00005	
5	5	2.385	-3.20	-2.11	0.00000	-0.00002	
5	5	2.650	-3.20	-2.10	0.00000	0.00004	
5	6	0.000	-3.20	-2.10	0.00000	0.00004	
5	6	0.260	-3.21	-2.11	0.00000	0.00010	
5	6	0.520	-3.24	-2.13	0.00000	0.00012	
5	6	0.780	-3.28	-2.15	0.00000	0.00013	
5	6	1.040	-3.31	-2.16	0.00000	0.00011	
5	6	1.300	-3.34	-2.17	0.00000	0.00009	
5	6	1.560	-3.36	-2.18	0.00000	0.00007	
5	6	1.820	-3.37	-2.19	0.00000	0.00006	
5	6	2.080	-3.39	-2.19	0.00000	0.00006	
5	6	2.340	-3.41	-2.20	0.00000	0.00008	
5	6	2.600	-3.43	-2.21	0.00000	0.00015	
5	7	0.000	-3.43	-2.21	0.00000	0.00015	
5	7	0.280	-3.49	-2.24	0.00000	0.00022	
5	7	0.560	-3.55	-2.28	0.00000	0.00024	
5	7	0.840	-3.62	-2.32	0.00000	0.00024	
5	7	1.120	-3.68	-2.36	0.00000	0.00021	
5	7	1.400	-3.74	-2.40	0.00000	0.00018	
5	7	1.680	-3.78	-2.43	0.00000	0.00014	
5	7	1.960	-3.82	-2.45	0.00000	0.00012	
5	7	2.240	-3.85	-2.48	0.00000	0.00012	
5	7	2.520	-3.88	-2.51	0.00000	0.00014	
5	7	2.800	-3.92	-2.55	0.00000	0.00022	
5	8	0.000	-3.92	-2.55	0.00000	0.00022	
5	8	0.275	-3.99	-2.61	0.00000	0.00029	
5	8	0.550	-4.07	-2.68	0.00000	0.00032	
5	8	0.825	-4.15	-2.75	0.00000	0.00031	
5	8	1.100	-4.23	-2.83	0.00000	0.00030	
5	8	1.375	-4.29	-2.89	0.00000	0.00028	
5	8	1.650	-4.33	-2.95	0.00000	0.00025	
5	8	1.925	-4.37	-3.00	0.00000	0.00023	
5	8	2.200	-4.39	-3.05	0.00000	0.00021	
5	8	2.475	-4.40	-3.09	0.00000	0.00021	
5	8	2.750	-4.41	-3.13	0.00000	0.00023	
5	9	0.000	-4.41	-3.13	0.00000	0.00023	
5	9	0.015	-4.41	-3.13	0.00000	0.00023	
5	9	0.030	-4.41	-3.14	0.00000	0.00024	
5	9	0.045	-4.42	-3.14	0.00000	0.00024	
5	9	0.060	-4.42	-3.14	0.00000	0.00024	
5	9	0.075	-4.42	-3.14	0.00000	0.00024	
5	9	0.090	-4.42	-3.15	0.00000	0.00024	
5	9	0.105	-4.42	-3.15	0.00000	0.00024	
5	9	0.120	-4.42	-3.15	0.00000	0.00024	
5	9	0.135	-4.42	-3.16	0.00000	0.00024	
5	9	0.150	-4.42	-3.16	0.00000	0.00024	

OMHULLENDE VAN DE QUASI-BLIJVENDE COMBINATIES

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
1	1	0.000	-0.94	-0.89	0.00000	0.00210	
1	1	0.200	-1.36	-1.21	0.00000	0.00209	
1	1	0.400	-1.78	-1.52	0.00000	0.00208	
1	1	0.600	-2.19	-1.83	0.00000	0.00205	
1	1	0.800	-2.60	-2.14	0.00000	0.00201	
1	1	1.000	-2.99	-2.43	0.00000	0.00196	
1	1	1.200	-3.37	-2.72	0.00000	0.00187	
1	1	1.400	-3.74	-3.00	0.00000	0.00176	
1	1	1.600	-4.04	-3.23	0.00000	0.00150	
1	1	1.800	-4.34	-3.46	0.00000	0.00124	
1	1	2.000	-4.57	-3.64	0.00000	0.00090	
1	1	2.000	-4.57	-3.64	0.00000	0.00090	
1	1	2.260	-4.73	-3.76	0.00000	0.00042	
1	1	2.520	-4.75	-3.78	0.00000	0.00003	
1	1	2.780	-4.74	-3.77	0.00000	-0.00035	
1	1	3.040	-4.61	-3.67	0.00000	-0.00055	
1	1	3.300	-4.45	-3.56	0.00000	-0.00071	
1	1	3.560	-4.26	-3.43	0.00000	-0.00073	
1	1	3.820	-4.07	-3.29	0.00000	-0.00073	
1	1	4.080	-3.88	-3.15	0.00000	-0.00070	
1	1	4.340	-3.71	-3.03	0.00000	-0.00062	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
1	1	4.600	-3.55	-2.91	0.00000	-0.00052	
1	2	0.000	-3.55	-2.91	0.00000	-0.00052	
1	2	0.400	-3.38	-2.79	0.00000	-0.00035	
1	2	0.800	-3.27	-2.70	0.00000	-0.00024	
1	2	1.200	-3.18	-2.64	0.00000	-0.00019	
1	2	1.600	-3.11	-2.59	0.00000	-0.00018	
1	2	2.000	-3.03	-2.54	0.00000	-0.00019	
1	2	2.400	-2.95	-2.47	0.00000	-0.00021	
1	2	2.800	-2.87	-2.41	0.00000	-0.00021	
1	2	3.200	-2.79	-2.34	0.00000	-0.00020	
1	2	3.600	-2.72	-2.28	0.00000	-0.00015	
1	2	4.000	-2.68	-2.25	0.00000	-0.00004	
1	3	0.000	-2.68	-2.25	0.00000	-0.00004	
1	3	0.400	-2.68	-2.26	0.00000	0.00007	
1	3	0.800	-2.72	-2.29	0.00000	0.00011	
1	3	1.200	-2.76	-2.33	0.00000	0.00010	
1	3	1.600	-2.80	-2.36	0.00000	0.00007	
1	3	2.000	-2.82	-2.38	0.00000	0.00002	
1	3	2.400	-2.81	-2.37	0.00000	-0.00004	
1	3	2.800	-2.79	-2.36	0.00000	-0.00008	
1	3	3.200	-2.75	-2.33	0.00000	-0.00009	
1	3	3.600	-2.72	-2.31	0.00000	-0.00005	
1	3	4.000	-2.72	-2.32	0.00000	0.00005	
1	4	0.000	-2.72	-2.32	0.00000	0.00005	
1	4	0.400	-2.76	-2.35	0.00000	0.00015	
1	4	0.800	-2.83	-2.41	0.00000	0.00019	
1	4	1.200	-2.90	-2.47	0.00000	0.00018	
1	4	1.600	-2.97	-2.52	0.00000	0.00015	
1	4	2.000	-3.02	-2.55	0.00000	0.00011	
1	4	2.400	-3.06	-2.57	0.00000	0.00007	
1	4	2.800	-3.08	-2.56	0.00000	0.00004	
1	4	3.200	-3.10	-2.54	0.00000	0.00006	
1	4	3.600	-3.13	-2.53	0.00000	0.00012	
1	4	4.000	-3.20	-2.53	0.00000	0.00024	
1	5	0.000	-3.20	-2.53	0.00000	0.00024	
1	5	0.420	-3.33	-2.57	0.00000	0.00036	
1	5	0.840	-3.49	-2.62	0.00000	0.00038	
1	5	1.260	-3.64	-2.66	0.00000	0.00033	
1	5	1.680	-3.76	-2.66	0.00000	0.00023	
1	5	2.100	-3.79	-2.62	0.00000	-0.00017	
1	5	2.520	-3.65	-2.51	0.00000	-0.00057	
1	5	2.940	-3.32	-2.35	0.00000	-0.00097	
1	5	3.360	-2.87	-2.14	0.00000	-0.00115	
1	5	3.780	-2.37	-1.88	0.00000	-0.00124	
1	5	4.200	-1.84	-1.61	0.00000	-0.00128	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
2	1	0.000	-1.84	-1.61	0.00000	0.00121	
2	1	0.517	-2.46	-2.05	0.00000	0.00118	
2	1	1.033	-3.05	-2.46	0.00000	0.00110	
2	1	1.550	-3.59	-2.83	0.00000	0.00097	
2	1	2.067	-4.04	-3.12	0.00000	0.00078	
2	1	2.583	-4.37	-3.33	0.00000	0.00046	
2	1	3.100	-4.51	-3.46	0.00000	0.00016	
2	1	3.617	-4.49	-3.50	0.00000	-0.00013	
2	1	4.133	-4.40	-3.48	0.00000	-0.00024	
2	1	4.650	-4.25	-3.40	0.00000	-0.00029	
2	1	5.167	-4.10	-3.31	0.00000	-0.00028	
2	1	5.683	-3.98	-3.23	0.00000	-0.00019	
2	1	6.200	-3.93	-3.20	0.00000	0.00006	
2	2	0.000	-3.93	-3.20	0.00000	0.00006	
2	2	0.517	-4.04	-3.26	0.00000	0.00031	
2	2	1.033	-4.23	-3.37	0.00000	0.00040	
2	2	1.550	-4.44	-3.49	0.00000	0.00041	
2	2	2.067	-4.64	-3.59	0.00000	0.00035	
2	2	2.583	-4.79	-3.63	0.00000	0.00023	
2	2	3.100	-4.85	-3.61	0.00000	-0.00013	
2	2	3.617	-4.70	-3.48	0.00000	-0.00051	
2	2	4.133	-4.33	-3.25	0.00000	-0.00090	
2	2	4.650	-3.80	-2.92	0.00000	-0.00111	
2	2	5.167	-3.19	-2.53	0.00000	-0.00125	
2	2	5.683	-2.52	-2.08	0.00000	-0.00133	
2	2	6.200	-1.82	-1.60	0.00000	-0.00137	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
3	1	0.000	-0.94	-0.89	0.00000	0.00208	
3	1	0.200	-1.36	-1.21	0.00000	0.00207	
3	1	0.400	-1.77	-1.52	0.00000	0.00206	
3	1	0.600	-2.18	-1.83	0.00000	0.00203	
3	1	0.800	-2.58	-2.14	0.00000	0.00199	
3	1	1.000	-2.97	-2.44	0.00000	0.00194	
3	1	1.200	-3.35	-2.72	0.00000	0.00185	
3	1	1.400	-3.72	-3.00	0.00000	0.00175	
3	1	1.600	-4.01	-3.23	0.00000	0.00148	
3	1	1.800	-4.31	-3.46	0.00000	0.00122	
3	1	2.000	-4.53	-3.64	0.00000	0.00088	
3	1	2.000	-4.53	-3.64	0.00000	0.00088	
3	1	2.260	-4.69	-3.76	0.00000	0.00041	
3	1	2.520	-4.71	-3.77	0.00000	0.00002	
3	1	2.780	-4.70	-3.76	0.00000	-0.00035	
3	1	3.040	-4.56	-3.66	0.00000	-0.00054	
3	1	3.300	-4.41	-3.55	0.00000	-0.00069	
3	1	3.560	-4.23	-3.42	0.00000	-0.00071	
3	1	3.820	-4.04	-3.29	0.00000	-0.00071	
3	1	4.080	-3.86	-3.15	0.00000	-0.00068	
3	1	4.340	-3.70	-3.03	0.00000	-0.00059	
3	1	4.600	-3.55	-2.91	0.00000	-0.00049	
3	2	0.000	-3.55	-2.91	0.00000	-0.00049	
3	2	0.400	-3.39	-2.79	0.00000	-0.00031	
3	2	0.800	-3.29	-2.72	0.00000	-0.00020	
3	2	1.200	-3.22	-2.66	0.00000	-0.00016	
3	2	1.600	-3.16	-2.62	0.00000	-0.00015	
3	2	2.000	-3.10	-2.56	0.00000	-0.00016	
3	2	2.400	-3.03	-2.51	0.00000	-0.00018	
3	2	2.800	-2.96	-2.44	0.00000	-0.00020	
3	2	3.200	-2.88	-2.38	0.00000	-0.00019	
3	2	3.600	-2.81	-2.32	0.00000	-0.00014	
3	2	4.000	-2.78	-2.29	0.00000	-0.00003	
3	3	0.000	-2.78	-2.29	0.00000	-0.00003	
3	3	0.400	-2.79	-2.30	0.00000	0.00007	
3	3	0.800	-2.83	-2.33	0.00000	0.00012	
3	3	1.200	-2.87	-2.37	0.00000	0.00011	
3	3	1.600	-2.91	-2.40	0.00000	0.00007	
3	3	2.000	-2.93	-2.41	0.00000	0.00002	
3	3	2.400	-2.92	-2.41	0.00000	-0.00004	
3	3	2.800	-2.90	-2.40	0.00000	-0.00008	
3	3	3.200	-2.86	-2.37	0.00000	-0.00008	
3	3	3.600	-2.84	-2.35	0.00000	-0.00004	
3	3	4.000	-2.84	-2.36	0.00000	0.00006	
3	4	0.000	-2.84	-2.36	0.00000	0.00006	
3	4	0.400	-2.89	-2.39	0.00000	0.00016	
3	4	0.800	-2.96	-2.45	0.00000	0.00020	
3	4	1.200	-3.04	-2.52	0.00000	0.00019	
3	4	1.600	-3.11	-2.57	0.00000	0.00015	
3	4	2.000	-3.16	-2.60	0.00000	0.00009	
3	4	2.400	-3.19	-2.62	0.00000	0.00003	
3	4	2.800	-3.19	-2.61	0.00000	-0.00004	
3	4	3.200	-3.18	-2.59	0.00000	-0.00006	
3	4	3.600	-3.17	-2.56	0.00000	-0.00004	
3	4	4.000	-3.20	-2.56	0.00000	0.00011	
3	5	0.000	-3.20	-2.56	0.00000	0.00011	
3	5	0.420	-3.27	-2.59	0.00000	0.00021	
3	5	0.840	-3.36	-2.63	0.00000	0.00022	
3	5	1.260	-3.45	-2.65	0.00000	0.00017	
3	5	1.680	-3.50	-2.65	0.00000	-0.00007	
3	5	2.100	-3.47	-2.59	0.00000	-0.00019	
3	5	2.520	-3.33	-2.49	0.00000	-0.00051	
3	5	2.940	-3.05	-2.33	0.00000	-0.00081	
3	5	3.360	-2.68	-2.12	0.00000	-0.00094	
3	5	3.780	-2.27	-1.87	0.00000	-0.00103	
3	5	4.200	-1.82	-1.60	0.00000	-0.00107	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
4	1	0.000	-4.57	-3.64	0.00000	0.00049	
4	1	0.517	-4.82	-3.87	0.00000	0.00046	
4	1	1.033	-5.04	-4.07	0.00000	0.00038	
4	1	1.550	-5.20	-4.23	0.00000	0.00025	
4	1	2.067	-5.29	-4.31	0.00000	0.00010	
4	1	2.583	-5.30	-4.33	0.00000	-0.00008	
4	1	3.100	-5.20	-4.27	0.00000	-0.00027	
4	1	3.617	-5.03	-4.13	0.00000	-0.00041	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
4	1	4.133	-4.78	-3.94	0.00000	-0.00052	
4	1	4.650	-4.50	-3.72	0.00000	-0.00056	
4	1	5.167	-4.22	-3.48	0.00000	-0.00054	
4	1	5.683	-3.96	-3.28	0.00000	-0.00043	
4	1	6.200	-3.84	-3.18	0.00000	0.00006	
4	2	0.000	-3.84	-3.18	0.00000	0.00006	
4	2	0.517	-4.02	-3.30	0.00000	0.00053	
4	2	1.033	-4.33	-3.51	0.00000	0.00064	
4	2	1.550	-4.67	-3.75	0.00000	0.00066	
4	2	2.067	-5.00	-3.98	0.00000	0.00061	
4	2	2.583	-5.29	-4.18	0.00000	0.00050	
4	2	3.100	-5.51	-4.32	0.00000	0.00033	
4	2	3.617	-5.60	-4.38	0.00000	0.00004	
4	2	4.133	-5.55	-4.35	0.00000	-0.00023	
4	2	4.650	-5.39	-4.26	0.00000	-0.00039	
4	2	5.167	-5.15	-4.09	0.00000	-0.00052	
4	2	5.683	-4.86	-3.88	0.00000	-0.00061	
4	2	6.200	-4.53	-3.64	0.00000	-0.00064	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
5	1	0.000	-3.84	-3.18	0.00000	-0.00031	
5	1	0.015	-3.83	-3.17	0.00000	-0.00031	
5	1	0.030	-3.83	-3.17	0.00000	-0.00031	
5	1	0.045	-3.83	-3.16	0.00000	-0.00030	
5	1	0.060	-3.82	-3.16	0.00000	-0.00030	
5	1	0.075	-3.82	-3.15	0.00000	-0.00030	
5	1	0.090	-3.81	-3.15	0.00000	-0.00030	
5	1	0.105	-3.81	-3.14	0.00000	-0.00030	
5	1	0.120	-3.81	-3.14	0.00000	-0.00030	
5	1	0.135	-3.80	-3.13	0.00000	-0.00030	
5	1	0.150	-3.80	-3.13	0.00000	-0.00030	
5	2	0.000	-3.80	-3.13	0.00000	-0.00030	
5	2	0.255	-3.74	-3.06	0.00000	-0.00028	
5	2	0.510	-3.69	-2.99	0.00000	-0.00027	
5	2	0.765	-3.63	-2.92	0.00000	-0.00028	
5	2	1.020	-3.57	-2.85	0.00000	-0.00029	
5	2	1.275	-3.51	-2.77	0.00000	-0.00030	
5	2	1.530	-3.43	-2.69	0.00000	-0.00031	
5	2	1.785	-3.36	-2.61	0.00000	-0.00031	
5	2	2.040	-3.28	-2.54	0.00000	-0.00030	
5	2	2.295	-3.21	-2.46	0.00000	-0.00026	
5	2	2.550	-3.15	-2.40	0.00000	-0.00021	
5	3	0.000	-3.15	-2.40	0.00000	-0.00021	
5	3	0.265	-3.11	-2.36	0.00000	-0.00015	
5	3	0.530	-3.08	-2.32	0.00000	-0.00011	
5	3	0.795	-3.05	-2.29	0.00000	-0.00010	
5	3	1.060	-3.03	-2.27	0.00000	-0.00011	
5	3	1.325	-3.00	-2.24	0.00000	-0.00013	
5	3	1.590	-2.96	-2.21	0.00000	-0.00015	
5	3	1.855	-2.92	-2.18	0.00000	-0.00016	
5	3	2.120	-2.87	-2.14	0.00000	-0.00016	
5	3	2.385	-2.83	-2.11	0.00000	-0.00014	
5	3	2.650	-2.80	-2.09	0.00000	-0.00008	
5	4	0.000	-2.80	-2.09	0.00000	-0.00008	
5	4	0.250	-2.79	-2.09	0.00000	-0.00003	
5	4	0.500	-2.78	-2.09	0.00000	-0.00001	
5	4	0.750	-2.78	-2.09	0.00000	0.00001	
5	4	1.000	-2.78	-2.09	0.00000	-0.00001	
5	4	1.250	-2.78	-2.09	0.00000	-0.00003	
5	4	1.500	-2.77	-2.09	0.00000	-0.00004	
5	4	1.750	-2.76	-2.08	0.00000	-0.00005	
5	4	2.000	-2.74	-2.07	0.00000	-0.00005	
5	4	2.250	-2.73	-2.07	0.00000	-0.00003	
5	4	2.500	-2.73	-2.07	0.00000	0.00002	
5	5	0.000	-2.73	-2.07	0.00000	0.00002	
5	5	0.265	-2.74	-2.08	0.00000	0.00005	
5	5	0.530	-2.76	-2.10	0.00000	0.00007	
5	5	0.795	-2.77	-2.11	0.00000	0.00006	
5	5	1.060	-2.79	-2.12	0.00000	0.00004	
5	5	1.325	-2.79	-2.13	0.00000	0.00001	
5	5	1.590	-2.79	-2.13	0.00000	-0.00002	
5	5	1.855	-2.78	-2.13	0.00000	-0.00004	
5	5	2.120	-2.77	-2.12	0.00000	-0.00004	
5	5	2.385	-2.76	-2.11	0.00000	-0.00002	
5	5	2.650	-2.76	-2.11	0.00000	0.00003	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.kort

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
5	6	0.000	-2.76	-2.11	0.00000	0.00003	
5	6	0.260	-2.78	-2.12	0.00000	0.00008	
5	6	0.520	-2.80	-2.13	0.00000	0.00010	
5	6	0.780	-2.83	-2.15	0.00000	0.00010	
5	6	1.040	-2.85	-2.17	0.00000	0.00009	
5	6	1.300	-2.87	-2.18	0.00000	0.00007	
5	6	1.560	-2.89	-2.19	0.00000	0.00005	
5	6	1.820	-2.90	-2.19	0.00000	0.00004	
5	6	2.080	-2.91	-2.20	0.00000	0.00004	
5	6	2.340	-2.92	-2.20	0.00000	0.00006	
5	6	2.600	-2.95	-2.22	0.00000	0.00012	
5	7	0.000	-2.95	-2.22	0.00000	0.00012	
5	7	0.280	-2.99	-2.25	0.00000	0.00018	
5	7	0.560	-3.04	-2.28	0.00000	0.00020	
5	7	0.840	-3.10	-2.33	0.00000	0.00020	
5	7	1.120	-3.16	-2.36	0.00000	0.00018	
5	7	1.400	-3.20	-2.40	0.00000	0.00015	
5	7	1.680	-3.24	-2.43	0.00000	0.00012	
5	7	1.960	-3.27	-2.46	0.00000	0.00010	
5	7	2.240	-3.30	-2.48	0.00000	0.00010	
5	7	2.520	-3.33	-2.51	0.00000	0.00013	
5	7	2.800	-3.38	-2.56	0.00000	0.00020	
5	8	0.000	-3.38	-2.56	0.00000	0.00020	
5	8	0.275	-3.44	-2.62	0.00000	0.00026	
5	8	0.550	-3.52	-2.69	0.00000	0.00029	
5	8	0.825	-3.60	-2.77	0.00000	0.00028	
5	8	1.100	-3.67	-2.84	0.00000	0.00027	
5	8	1.375	-3.74	-2.91	0.00000	0.00024	
5	8	1.650	-3.79	-2.97	0.00000	0.00021	
5	8	1.925	-3.83	-3.03	0.00000	0.00019	
5	8	2.200	-3.86	-3.08	0.00000	0.00017	
5	8	2.475	-3.89	-3.12	0.00000	0.00017	
5	8	2.750	-3.91	-3.17	0.00000	0.00019	
5	9	0.000	-3.91	-3.17	0.00000	0.00019	
5	9	0.015	-3.92	-3.17	0.00000	0.00019	
5	9	0.030	-3.92	-3.18	0.00000	0.00019	
5	9	0.045	-3.92	-3.18	0.00000	0.00019	
5	9	0.060	-3.92	-3.18	0.00000	0.00019	
5	9	0.075	-3.92	-3.19	0.00000	0.00020	
5	9	0.090	-3.93	-3.19	0.00000	0.00020	
5	9	0.105	-3.93	-3.19	0.00000	0.00020	
5	9	0.120	-3.93	-3.20	0.00000	0.00020	
5	9	0.135	-3.93	-3.20	0.00000	0.00020	
5	9	0.150	-3.93	-3.20	0.00000	0.00020	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX	RY	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.	max.	max.	
1	1	0.000	-0.96	-0.88	0.00000	0.00333	
1	1	0.200	-1.62	-1.41	0.00000	0.00329	
1	1	0.400	-2.28	-1.94	0.00000	0.00325	
1	1	0.600	-2.91	-2.45	0.00000	0.00316	
1	1	0.800	-3.54	-2.95	0.00000	0.00305	
1	1	1.000	-4.13	-3.43	0.00000	0.00291	
1	1	1.200	-4.69	-3.87	0.00000	0.00272	
1	1	1.400	-5.23	-4.30	0.00000	0.00251	
1	1	1.600	-5.64	-4.62	0.00000	0.00206	
1	1	1.800	-6.05	-4.94	0.00000	0.00160	
1	1	2.000	-6.34	-5.15	0.00000	0.00106	
1	1	2.000	-6.34	-5.15	0.00000	0.00106	
1	1	2.260	-6.51	-5.26	0.00000	0.00033	
1	1	2.520	-6.46	-5.19	0.00000	-0.00036	
1	1	2.780	-6.35	-5.08	0.00000	-0.00091	
1	1	3.040	-6.02	-4.82	0.00000	-0.00131	
1	1	3.300	-5.66	-4.53	0.00000	-0.00162	
1	1	3.560	-5.21	-4.20	0.00000	-0.00173	
1	1	3.820	-4.76	-3.86	0.00000	-0.00175	
1	1	4.080	-4.31	-3.52	0.00000	-0.00168	
1	1	4.340	-3.91	-3.23	0.00000	-0.00146	
1	1	4.600	-3.53	-2.95	0.00000	-0.00118	
1	2	0.000	-3.53	-2.95	0.00000	-0.00118	
1	2	0.400	-3.23	-2.71	0.00000	-0.00040	
1	2	0.800	-3.13	-2.61	0.00000	-0.00016	
1	2	1.200	-3.11	-2.57	0.00000	-0.00005	
1	2	1.600	-3.10	-2.55	0.00000	-0.00005	
1	2	2.000	-3.08	-2.52	0.00000	-0.00011	
1	2	2.400	-3.01	-2.47	0.00000	-0.00021	
1	2	2.800	-2.91	-2.39	0.00000	-0.00029	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
1	2	3.200	-2.79	-2.29	0.00000	-0.00030	
1	2	3.600	-2.69	-2.21	0.00000	-0.00019	
1	2	4.000	-2.66	-2.20	0.00000	0.00009	
1	3	0.000	-2.66	-2.20	0.00000	0.00009	
1	3	0.400	-2.76	-2.28	0.00000	0.00036	
1	3	0.800	-2.92	-2.42	0.00000	0.00044	
1	3	1.200	-3.09	-2.55	0.00000	0.00037	
1	3	1.600	-3.21	-2.65	0.00000	0.00021	
1	3	2.000	-3.25	-2.69	0.00000	0.00002	
1	3	2.400	-3.21	-2.67	0.00000	-0.00020	
1	3	2.800	-3.10	-2.58	0.00000	-0.00036	
1	3	3.200	-2.94	-2.46	0.00000	-0.00042	
1	3	3.600	-2.78	-2.34	0.00000	-0.00034	
1	3	4.000	-2.70	-2.29	0.00000	-0.00007	
1	4	0.000	-2.70	-2.29	0.00000	-0.00007	
1	4	0.400	-2.73	-2.33	0.00000	0.00021	
1	4	0.800	-2.84	-2.44	0.00000	0.00032	
1	4	1.200	-2.97	-2.56	0.00000	0.00030	
1	4	1.600	-3.07	-2.65	0.00000	0.00020	
1	4	2.000	-3.13	-2.69	0.00000	0.00007	
1	4	2.400	-3.13	-2.69	0.00000	-0.00006	
1	4	2.800	-3.10	-2.65	0.00000	-0.00014	
1	4	3.200	-3.08	-2.59	0.00000	-0.00013	
1	4	3.600	-3.11	-2.56	0.00000	0.00020	
1	4	4.000	-3.26	-2.62	0.00000	0.00063	
1	5	0.000	-3.26	-2.62	0.00000	0.00063	
1	5	0.420	-3.62	-2.82	0.00000	0.00104	
1	5	0.840	-4.09	-3.08	0.00000	0.00116	
1	5	1.260	-4.56	-3.33	0.00000	0.00105	
1	5	1.680	-4.95	-3.50	0.00000	0.00075	
1	5	2.100	-5.12	-3.54	0.00000	-0.00008	
1	5	2.520	-4.97	-3.42	0.00000	-0.00079	
1	5	2.940	-4.47	-3.14	0.00000	-0.00160	
1	5	3.360	-3.71	-2.71	0.00000	-0.00200	
1	5	3.780	-2.80	-2.17	0.00000	-0.00228	
1	5	4.200	-1.82	-1.55	0.00000	-0.00238	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
2	1	0.000	-1.82	-1.55	0.00000	0.00256	
2	1	0.517	-3.12	-2.59	0.00000	0.00247	
2	1	1.033	-4.34	-3.54	0.00000	0.00220	
2	1	1.550	-5.37	-4.34	0.00000	0.00180	
2	1	2.067	-6.18	-4.92	0.00000	0.00131	
2	1	2.583	-6.70	-5.27	0.00000	0.00061	
2	1	3.100	-6.79	-5.37	0.00000	-0.00027	
2	1	3.617	-6.52	-5.22	0.00000	-0.00075	
2	1	4.133	-6.03	-4.88	0.00000	-0.00110	
2	1	4.650	-5.41	-4.41	0.00000	-0.00128	
2	1	5.167	-4.75	-3.90	0.00000	-0.00124	
2	1	5.683	-4.17	-3.46	0.00000	-0.00095	
2	1	6.200	-3.91	-3.25	0.00000	0.00009	
2	2	0.000	-3.91	-3.25	0.00000	0.00009	
2	2	0.517	-4.26	-3.50	0.00000	0.00113	
2	2	1.033	-4.93	-3.97	0.00000	0.00142	
2	2	1.550	-5.68	-4.51	0.00000	0.00144	
2	2	2.067	-6.38	-5.00	0.00000	0.00125	
2	2	2.583	-6.94	-5.36	0.00000	0.00087	
2	2	3.100	-7.26	-5.51	0.00000	0.00036	
2	2	3.617	-7.20	-5.41	0.00000	-0.00060	
2	2	4.133	-6.65	-5.04	0.00000	-0.00152	
2	2	4.650	-5.73	-4.43	0.00000	-0.00203	
2	2	5.167	-4.57	-3.61	0.00000	-0.00244	
2	2	5.683	-3.23	-2.62	0.00000	-0.00272	
2	2	6.200	-1.79	-1.54	0.00000	-0.00282	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
3	1	0.000	-0.96	-0.88	0.00000	0.00332	
3	1	0.200	-1.62	-1.41	0.00000	0.00328	
3	1	0.400	-2.28	-1.95	0.00000	0.00325	
3	1	0.600	-2.91	-2.46	0.00000	0.00315	
3	1	0.800	-3.54	-2.96	0.00000	0.00304	
3	1	1.000	-4.13	-3.44	0.00000	0.00290	
3	1	1.200	-4.69	-3.88	0.00000	0.00271	
3	1	1.400	-5.23	-4.31	0.00000	0.00250	
3	1	1.600	-5.64	-4.63	0.00000	0.00204	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
3	1	1.800	-6.04	-4.95	0.00000	0.00159	
3	1	2.000	-6.33	-5.16	0.00000	0.00104	
3	1	2.000	-6.33	-5.16	0.00000	0.00104	
3	1	2.260	-6.49	-5.27	0.00000	0.00031	
3	1	2.520	-6.43	-5.20	0.00000	-0.00037	
3	1	2.780	-6.32	-5.08	0.00000	-0.00093	
3	1	3.040	-5.99	-4.81	0.00000	-0.00132	
3	1	3.300	-5.62	-4.53	0.00000	-0.00162	
3	1	3.560	-5.18	-4.19	0.00000	-0.00172	
3	1	3.820	-4.73	-3.85	0.00000	-0.00173	
3	1	4.080	-4.28	-3.51	0.00000	-0.00167	
3	1	4.340	-3.89	-3.22	0.00000	-0.00143	
3	1	4.600	-3.52	-2.95	0.00000	-0.00115	
3	2	0.000	-3.52	-2.95	0.00000	-0.00115	
3	2	0.400	-3.24	-2.72	0.00000	-0.00038	
3	2	0.800	-3.17	-2.62	0.00000	-0.00013	
3	2	1.200	-3.18	-2.60	0.00000	0.00005	
3	2	1.600	-3.19	-2.59	0.00000	-0.00003	
3	2	2.000	-3.19	-2.57	0.00000	-0.00008	
3	2	2.400	-3.13	-2.52	0.00000	-0.00019	
3	2	2.800	-3.04	-2.44	0.00000	-0.00029	
3	2	3.200	-2.91	-2.34	0.00000	-0.00032	
3	2	3.600	-2.80	-2.26	0.00000	-0.00021	
3	2	4.000	-2.76	-2.24	0.00000	0.00008	
3	3	0.000	-2.76	-2.24	0.00000	0.00008	
3	3	0.400	-2.86	-2.32	0.00000	0.00035	
3	3	0.800	-3.02	-2.45	0.00000	0.00043	
3	3	1.200	-3.18	-2.59	0.00000	0.00037	
3	3	1.600	-3.30	-2.69	0.00000	0.00020	
3	3	2.000	-3.34	-2.73	0.00000	0.00001	
3	3	2.400	-3.29	-2.70	0.00000	-0.00021	
3	3	2.800	-3.18	-2.61	0.00000	-0.00036	
3	3	3.200	-3.02	-2.49	0.00000	-0.00040	
3	3	3.600	-2.87	-2.38	0.00000	-0.00030	
3	3	4.000	-2.80	-2.32	0.00000	-0.00001	
3	4	0.000	-2.80	-2.32	0.00000	-0.00001	
3	4	0.400	-2.87	-2.38	0.00000	0.00029	
3	4	0.800	-3.01	-2.50	0.00000	0.00040	
3	4	1.200	-3.17	-2.62	0.00000	0.00037	
3	4	1.600	-3.30	-2.73	0.00000	0.00025	
3	4	2.000	-3.37	-2.78	0.00000	0.00008	
3	4	2.400	-3.37	-2.77	0.00000	-0.00008	
3	4	2.800	-3.31	-2.72	0.00000	-0.00017	
3	4	3.200	-3.24	-2.66	0.00000	-0.00016	
3	4	3.600	-3.21	-2.61	0.00000	-0.00004	
3	4	4.000	-3.28	-2.65	0.00000	0.00040	
3	5	0.000	-3.28	-2.65	0.00000	0.00040	
3	5	0.420	-3.54	-2.82	0.00000	0.00077	
3	5	0.840	-3.89	-3.06	0.00000	0.00087	
3	5	1.260	-4.24	-3.29	0.00000	0.00076	
3	5	1.680	-4.50	-3.44	0.00000	0.00048	
3	5	2.100	-4.63	-3.47	0.00000	-0.00010	
3	5	2.520	-4.51	-3.35	0.00000	-0.00063	
3	5	2.940	-4.10	-3.08	0.00000	-0.00135	
3	5	3.360	-3.44	-2.67	0.00000	-0.00173	
3	5	3.780	-2.66	-2.14	0.00000	-0.00200	
3	5	4.200	-1.79	-1.54	0.00000	-0.00210	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
4	1	0.000	-6.34	-5.15	0.00000	0.00138	
4	1	0.517	-7.04	-5.80	0.00000	0.00128	
4	1	1.033	-7.64	-6.36	0.00000	0.00102	
4	1	1.550	-8.07	-6.77	0.00000	0.00064	
4	1	2.067	-8.29	-6.99	0.00000	0.00020	
4	1	2.583	-8.25	-6.98	0.00000	-0.00033	
4	1	3.100	-7.95	-6.73	0.00000	-0.00084	
4	1	3.617	-7.40	-6.27	0.00000	-0.00127	
4	1	4.133	-6.65	-5.63	0.00000	-0.00157	
4	1	4.650	-5.80	-4.90	0.00000	-0.00169	
4	1	5.167	-4.95	-4.16	0.00000	-0.00158	
4	1	5.683	-4.21	-3.53	0.00000	-0.00122	
4	1	6.200	-3.88	-3.24	0.00000	0.00006	
4	2	0.000	-3.88	-3.24	0.00000	0.00006	
4	2	0.517	-4.27	-3.57	0.00000	0.00133	
4	2	1.033	-5.06	-4.24	0.00000	0.00168	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
4	2	1.550	-5.97	-5.01	0.00000	0.00177	
4	2	2.067	-6.85	-5.76	0.00000	0.00163	
4	2	2.583	-7.62	-6.41	0.00000	0.00131	
4	2	3.100	-8.18	-6.89	0.00000	0.00083	
4	2	3.617	-8.47	-7.12	0.00000	0.00029	
4	2	4.133	-8.48	-7.12	0.00000	-0.00024	
4	2	4.650	-8.23	-6.88	0.00000	-0.00073	
4	2	5.167	-7.74	-6.44	0.00000	-0.00113	
4	2	5.683	-7.08	-5.84	0.00000	-0.00139	
4	2	6.200	-6.33	-5.16	0.00000	-0.00149	

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
5	1	0.000	-3.88	-3.24	0.00000	-0.00034	
5	1	0.015	-3.88	-3.23	0.00000	-0.00034	
5	1	0.030	-3.88	-3.23	0.00000	-0.00034	
5	1	0.045	-3.87	-3.22	0.00000	-0.00033	
5	1	0.060	-3.87	-3.22	0.00000	-0.00033	
5	1	0.075	-3.87	-3.21	0.00000	-0.00033	
5	1	0.090	-3.86	-3.21	0.00000	-0.00033	
5	1	0.105	-3.86	-3.20	0.00000	-0.00032	
5	1	0.120	-3.86	-3.20	0.00000	-0.00032	
5	1	0.135	-3.85	-3.19	0.00000	-0.00031	
5	1	0.150	-3.85	-3.19	0.00000	-0.00031	
5	2	0.000	-3.85	-3.19	0.00000	-0.00031	
5	2	0.255	-3.81	-3.12	0.00000	-0.00024	
5	2	0.510	-3.78	-3.06	0.00000	-0.00023	
5	2	0.765	-3.75	-3.00	0.00000	-0.00026	
5	2	1.020	-3.69	-2.93	0.00000	-0.00031	
5	2	1.275	-3.62	-2.84	0.00000	-0.00037	
5	2	1.530	-3.52	-2.74	0.00000	-0.00042	
5	2	1.785	-3.41	-2.63	0.00000	-0.00046	
5	2	2.040	-3.29	-2.51	0.00000	-0.00045	
5	2	2.295	-3.19	-2.41	0.00000	-0.00037	
5	2	2.550	-3.12	-2.34	0.00000	-0.00021	
5	3	0.000	-3.12	-2.34	0.00000	-0.00021	
5	3	0.265	-3.09	-2.31	0.00000	-0.00006	
5	3	0.530	-3.10	-2.30	0.00000	0.00005	
5	3	0.795	-3.11	-2.30	0.00000	0.00003	
5	3	1.060	-3.11	-2.30	0.00000	-0.00003	
5	3	1.325	-3.09	-2.29	0.00000	-0.00012	
5	3	1.590	-3.05	-2.26	0.00000	-0.00021	
5	3	1.855	-2.98	-2.21	0.00000	-0.00027	
5	3	2.120	-2.91	-2.16	0.00000	-0.00029	
5	3	2.385	-2.83	-2.11	0.00000	-0.00024	
5	3	2.650	-2.79	-2.08	0.00000	-0.00009	
5	4	0.000	-2.79	-2.79	0.00000	-0.00009	
5	4	0.250	-2.78	-2.78	0.00000	0.00004	
5	4	0.500	-2.80	-2.80	0.00000	0.00010	
5	4	0.750	-2.83	-2.83	0.00000	0.00010	
5	4	1.000	-2.85	-2.85	0.00000	0.00006	
5	4	1.250	-2.85	-2.85	0.00000	-0.00001	
5	4	1.500	-2.84	-2.84	0.00000	-0.00007	
5	4	1.750	-2.82	-2.82	0.00000	-0.00012	
5	4	2.000	-2.79	-2.79	0.00000	-0.00013	
5	4	2.250	-2.76	-2.76	0.00000	-0.00008	
5	4	2.500	-2.76	-2.76	0.00000	0.00005	
5	5	0.000	-2.76	-2.10	0.00000	0.00005	
5	5	0.265	-2.79	-2.12	0.00000	0.00017	
5	5	0.530	-2.84	-2.17	0.00000	0.00020	
5	5	0.795	-2.89	-2.21	0.00000	0.00017	
5	5	1.060	-2.92	-2.24	0.00000	0.00009	
5	5	1.325	-2.93	-2.25	0.00000	-0.00001	
5	5	1.590	-2.92	-2.24	0.00000	-0.00010	
5	5	1.855	-2.88	-2.21	0.00000	-0.00017	
5	5	2.120	-2.83	-2.18	0.00000	-0.00020	
5	5	2.385	-2.78	-2.14	0.00000	-0.00015	
5	5	2.650	-2.76	-2.12	0.00000	-0.00001	
5	6	0.000	-2.76	-2.12	0.00000	-0.00001	
5	6	0.260	-2.78	-2.14	0.00000	0.00015	
5	6	0.520	-2.83	-2.17	0.00000	0.00020	
5	6	0.780	-2.88	-2.21	0.00000	0.00019	
5	6	1.040	-2.93	-2.24	0.00000	0.00014	
5	6	1.300	-2.95	-2.25	0.00000	0.00007	
5	6	1.560	-2.96	-2.25	0.00000	-0.00003	
5	6	1.820	-2.95	-2.24	0.00000	-0.00007	
5	6	2.080	-2.93	-2.22	0.00000	-0.00008	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

TUSSENpunTEN VERPLAATSINGEN Fys.NLE.lang

Quasi-blijvende combinatie

Balk	Veld	Pos.	Verpl. [mm]		RX max.	RY max.	Grondspan. [kN/m2]
			min.	max.			
5	6	2.340	-2.92	-2.20	0.00000	-0.00004	
5	6	2.600	-2.93	-2.21	0.00000	0.00014	
5	7	0.000	-2.93	-2.21	0.00000	0.00014	
5	7	0.280	-2.99	-2.25	0.00000	0.00030	
5	7	0.560	-3.09	-2.31	0.00000	0.00036	
5	7	0.840	-3.19	-2.38	0.00000	0.00033	
5	7	1.120	-3.27	-2.44	0.00000	0.00026	
5	7	1.400	-3.33	-2.48	0.00000	0.00015	
5	7	1.680	-3.36	-2.50	0.00000	0.00005	
5	7	1.960	-3.36	-2.50	0.00000	-0.00002	
5	7	2.240	-3.35	-2.49	0.00000	-0.00004	
5	7	2.520	-3.35	-2.49	0.00000	0.00005	
5	7	2.800	-3.38	-2.53	0.00000	0.00023	
5	8	0.000	-3.38	-2.53	0.00000	0.00023	
5	8	0.275	-3.47	-2.61	0.00000	0.00043	
5	8	0.550	-3.60	-2.73	0.00000	0.00051	
5	8	0.825	-3.74	-2.85	0.00000	0.00048	
5	8	1.100	-3.86	-2.97	0.00000	0.00039	
5	8	1.375	-3.95	-3.06	0.00000	0.00030	
5	8	1.650	-4.00	-3.13	0.00000	0.00020	
5	8	1.925	-4.01	-3.17	0.00000	0.00011	
5	8	2.200	-3.99	-3.20	0.00000	-0.00012	
5	8	2.475	-3.95	-3.21	0.00000	-0.00014	
5	8	2.750	-3.92	-3.23	0.00000	0.00011	
5	9	0.000	-3.92	-3.23	0.00000	0.00011	
5	9	0.015	-3.92	-3.23	0.00000	0.00011	
5	9	0.030	-3.92	-3.23	0.00000	0.00012	
5	9	0.045	-3.92	-3.23	0.00000	0.00012	
5	9	0.060	-3.92	-3.23	0.00000	0.00012	
5	9	0.075	-3.92	-3.24	0.00000	0.00013	
5	9	0.090	-3.91	-3.24	0.00000	0.00013	
5	9	0.105	-3.91	-3.24	0.00000	0.00013	
5	9	0.120	-3.91	-3.24	0.00000	0.00013	
5	9	0.135	-3.91	-3.24	0.00000	0.00013	
5	9	0.150	-3.91	-3.25	0.00000	0.00013	

PROFIElGEGEVENS Balk

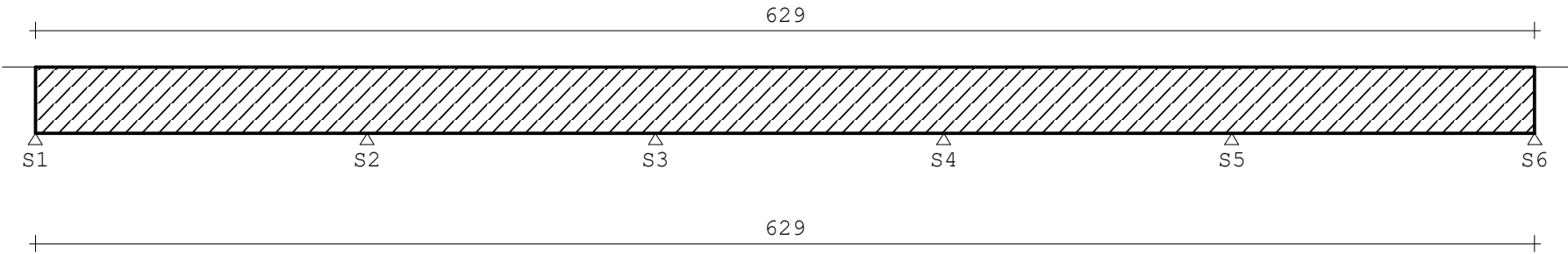
[N] [mm]

t.b.v. profiel:1 B*H 300*500

Algemeen					
Materiaal	: C20/25				
Doorsnede					
breedte :	300	hoogte :	500	zwaartepunt tov onderkant :	250
Fictieve dikte	:	187.5			
Betonkwaliteit element	:	C20/25	Kruipcoëf.	:	3.010
Staalkwaliteit hoofdwapening	:	500	ϵ_{uk}	:	2.50
Staalkwaliteit beugels	:	500			
Betondekking			Boven	Onder	
Milieu	:	XC3		XC3	
Hoofdwapening	:	2de laag		2de laag	
Nominale dekking	:	30		30	
Toegepaste dekking	:	43		43	
Beugel / Verdeelwapening	:	1ste laag		1ste laag	
Nominale dekking	:	30		30	
Toegepaste dekking	:	35		35	
Wapening			Boven	Onder	
Diameter nuttige hoogte	:	12.0		12.0	
Beugels					
Beugeldiameter	:	8			
Min. hoek betondrukdiagonaal θ	:	21.8	z berekenen via:	MRd	

Hoofdwapening Fysisch lineair

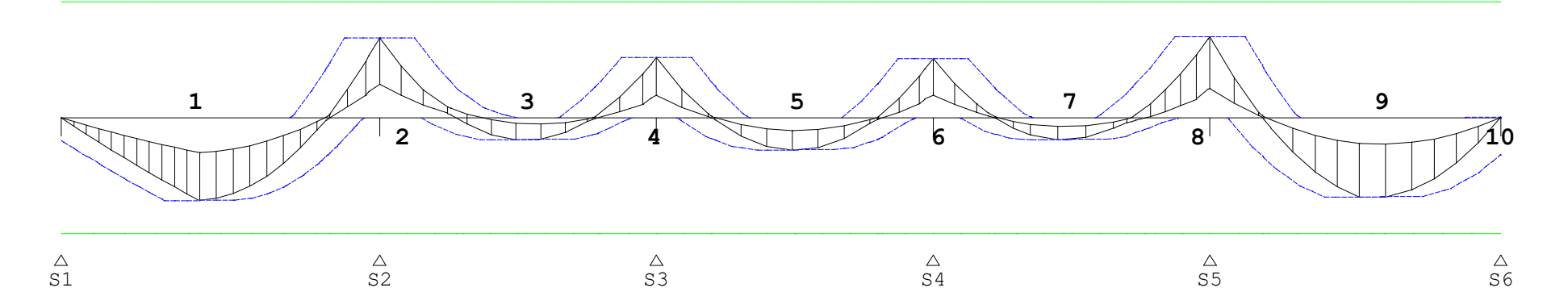
1



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

MEd dekkingslijn Fysisch lineair

1



Hoofdwapening

1

Geb.	Vanaf [mm]	Tot [mm]	M _{Ed} [kNm]	M _{Rd} [kNm]	z	B/O	A _b [mm ²]	A _a [mm ²]	Opm.
1	S1+0	S2-719	-85.37	-119.33	418	Bov	0	628	
1	S1+0	S2-719	-85.37	-119.33	418	Ond	443	629	
2	S2-792	S2+1467	82.43	119.33	418	Bov	427	629	
2	S2-792	S2+1467	82.43	119.33	418	Ond	0	628	
3	S2+1103	S3-841	-23.02	-119.33	418	Bov	0	628	
3	S2+1103	S3-841	-23.02	-119.33	418	Ond	134*	629	1
4	S3-925	S3+855	62.03	119.33	418	Bov	316	629	
4	S3-925	S3+855	62.03	119.33	418	Ond	0	628	
5	S3+795	S4-737	-33.46	-119.33	418	Bov	0	628	
5	S3+795	S4-737	-33.46	-119.33	418	Ond	162	629	
6	S4-811	S4+950	61.02	119.33	418	Bov	311	629	
6	S4-811	S4+950	61.02	119.33	418	Ond	0	628	
7	S4+889	S5-939	-22.89	-119.33	418	Bov	0	628	
7	S4+889	S5-939	-22.89	-119.33	418	Ond	133*	629	54
8	S5-1156	S5+811	83.84	119.33	418	Bov	435	629	
8	S5-1156	S5+811	83.84	119.33	418	Ond	0	628	
9	S5+761	S6+0	-82.52	-119.33	418	Bov	0	628	
9	S5+761	S6+0	-82.52	-119.33	418	Ond	428	629	
10	S6-11	S6+0	0.60	119.33	418	Bov	133*	629	54
10	S6-11	S6+0	0.60	119.33	418	Ond	0	628	

Opmerkingen
[1] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie nationale bijlage art. 9.2.1.1(1).

Alle maten zijn zonder verschuiving van de m-lijn en verankering

[54] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening ten behoeve van gecontroleerde scheurvorming zijn toegepast volgens art. 7.3.2.

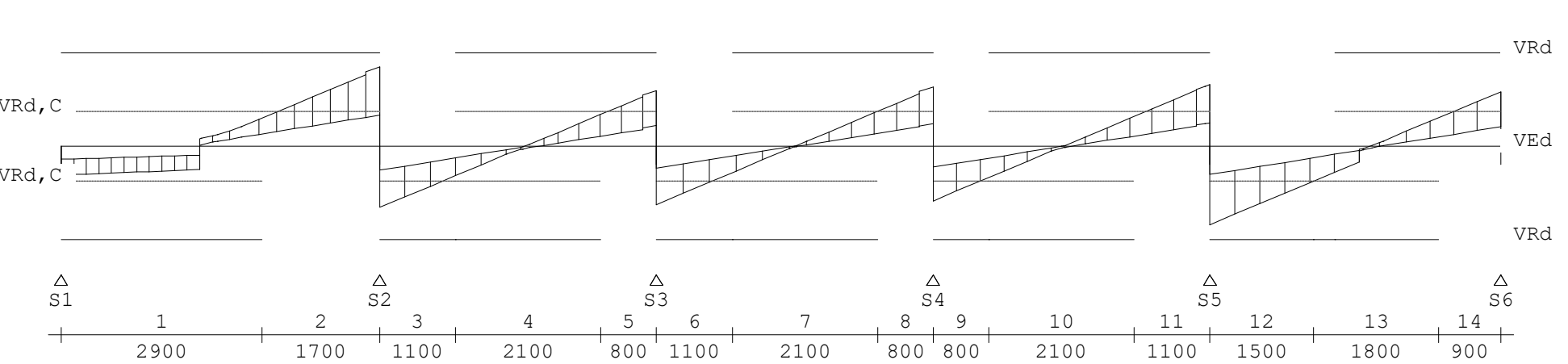
Scheurvorming volgens artikel 7.3.4

1

Geb.	Pos. [mm]	Zijde	M _{E,freq} [kNm]	s _{r,max} [mm]	ε _{sm} -ε _{cm} [%]	w _k [mm]	k _x	w _{max} [mm]	U.C.	Opm.
1	S1+2000	Ond	-55.24	265	0.765	0.203	1.17	0.350	0.58	
2	S2+0	Bov	50.97	265	0.683	0.181	1.17	0.350	0.52	
3	S3-1893	Ond	-12.65	265	0.145	0.038	1.17	0.350	0.11	
4	S3+0	Bov	36.03	265	0.412	0.109	1.17	0.350	0.31	
5	S3+2005	Ond	-19.84	265	0.227	0.060	1.17	0.350	0.17	
6	S4+0	Bov	36.09	265	0.413	0.110	1.17	0.350	0.31	
7	S4+1880	Ond	-13.91	265	0.159	0.042	1.17	0.350	0.12	
8	S5+0	Bov	48.22	265	0.631	0.168	1.17	0.350	0.48	
9	S6-1871	Ond	-45.97	265	0.588	0.156	1.17	0.350	0.45	
10	S6+0	Bov	0.38	265	0.004	0.001	1.17	0.350	0.00	

DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

1 Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

Wring- en dwarskrachtwapening

1

Geb.	Vanaf	Tot	Beugels	Lengte <Wringing > <Dwarskr.>	A_{langs}	A_{bgl}	A_{bgl}	A_{opg}	V_{Ed}	T_{Ed}	Opm.
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm ²]	[mm ² /m]	[mm ²]		[kN]	[kNm]	
1	S1+0	S2-1700	Ø8-300	2900	0	0	215	0	47.2	0	
2	S2-1700	S2+0	Ø8-300	1700	3	0	283	0	128.7	0	6
3	S2+0	S2+1100	Ø8-300	1100	3	0	220	0	99.9	0	6
4	S2+1100	S3-800	Ø8-300	2100	0	0	215	0	51.7	0	
5	S3-800	S3+0	Ø8-300	800	3	0	215	0	90.5	0	6
6	S3+0	S3+1100	Ø8-300	1100	3	0	215	0	95.1	0	6
7	S3+1100	S4-800	Ø8-300	2100	0	0	215	0	56.6	0	
8	S4-800	S4+0	Ø8-300	800	3	0	215	0	96.4	0	6
9	S4+0	S4+800	Ø8-300	800	3	0	215	0	89.1	0	6
10	S4+800	S5-1100	Ø8-300	2100	0	0	215	0	51.1	0	
11	S5-1100	S5+0	Ø8-300	1100	3	0	221	0	100.5	0	6
12	S5+0	S5+1500	Ø8-300	1500	3	0	281	0	127.9	0	6
13	S5+1500	S6-900	Ø8-300	1800	3	0	215	0	56.6	0	
14	S6-900	S6+0	Ø8-300	900	3	0	215	0	88.7	0	6

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

Wring- en dwarskrachten

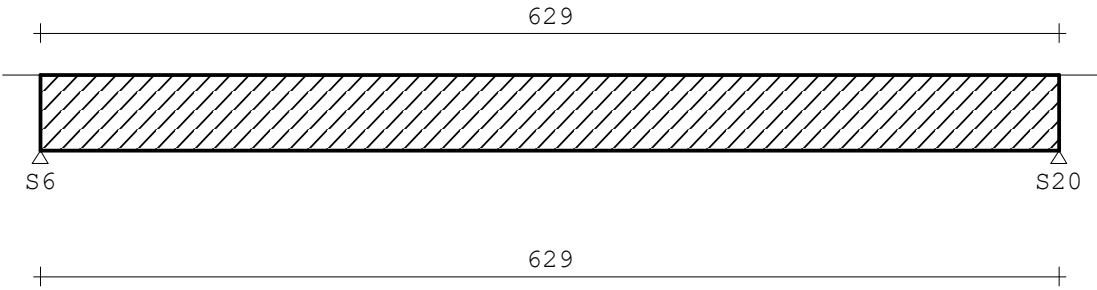
1

Geb.	Vanaf	Tot	θ	V_{Rd}	V_{Ed}	$V_{Rd,C}$	$V_{Rd,Max}$	T_{Ed}	$T_{Rd,C}$	$T_{Rd,Max}$	V_{opg}	Opm.
	[mm]	[mm]	[°]	[kN]		-----kN-----			-----kNm-----			
1	S1+0	S2-1700	21.8	152	47	57	318	0	16	40	0	
2	S2-1700	S2+0	21.8	152	129	57	318	0	16	40	0	6
3	S2+0	S2+1100	21.8	152	100	57	318	0	16	40	0	6
4	S2+1100	S3-800	21.8	152	52	57	318	0	16	40	0	
5	S3-800	S3+0	21.8	152	90	57	318	0	16	40	0	6
6	S3+0	S3+1100	21.8	152	95	57	318	0	16	40	0	6
7	S3+1100	S4-800	21.8	152	57	57	318	0	16	40	0	
8	S4-800	S4+0	21.8	152	96	57	318	0	16	40	0	6
9	S4+0	S4+800	21.8	152	89	57	318	0	16	40	0	6
10	S4+800	S5-1100	21.8	152	51	57	318	0	16	40	0	
11	S5-1100	S5+0	21.8	152	101	57	318	0	16	40	0	6
12	S5+0	S5+1500	21.8	152	128	57	318	0	16	40	0	6
13	S5+1500	S6-900	21.8	152	57	57	318	0	16	40	0	
14	S6-900	S6+0	21.8	152	89	57	318	0	16	40	0	6

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

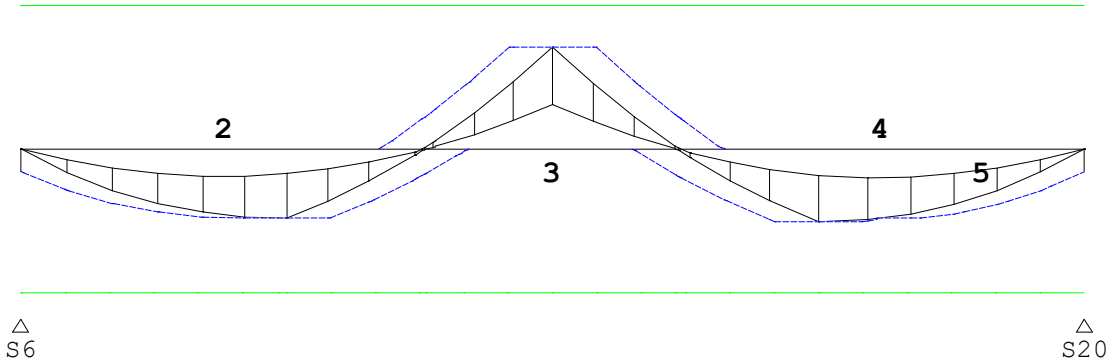
Hoofdwapening Fysisch lineair

2



MEd dekkingslijn Fysisch lineair

2



Hoofdwapening

2

Geb.	Vanaf	Tot	M_{Ed}	M_{Rd}	z	B/O	A_p	A_a	Opm.
	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mm]		[mm ²]	[mm ²]	
1	S6+0	S6+2	0.08	119.33	418	Bov	133*	133	54
1	S6+0	S6+2	0.08	119.33	418	Ond	0	628	
2	S6+1	S6+4729	-57.50	-119.33	418	Bov	0	628	
2	S6+1	S6+4729	-57.50	-119.33	418	Ond	292	629	
3	S6+4678	S20-4699	84.60	119.33	418	Bov	439	629	
3	S6+4678	S20-4699	84.60	119.33	418	Ond	0	628	
4	S20-4766	S20+0	-60.48	-119.33	418	Bov	0	628	
4	S20-4766	S20+0	-60.48	-119.33	418	Ond	308	629	
5	S20-2417	S20+0	0.07	119.33	418	Bov	133*	629	54
5	S20-2417	S20+0	0.07	119.33	418	Ond	0	628	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

Hoofdwapening

2

Geb.	Pos.	M _{Ed}	M _{Rd}	z	B/O	A _b	A _a	Basiswapening	Opm.
	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mm]		[mm ²]	[mm ²]	+Bijlegwapening	

Opmerkingen
Alle maten zijn zonder verschuiving van de m-lijn en verankering
[54] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening ten behoeve van gecontroleerde scheurvorming zijn toegepast volgens art. 7.3.2.

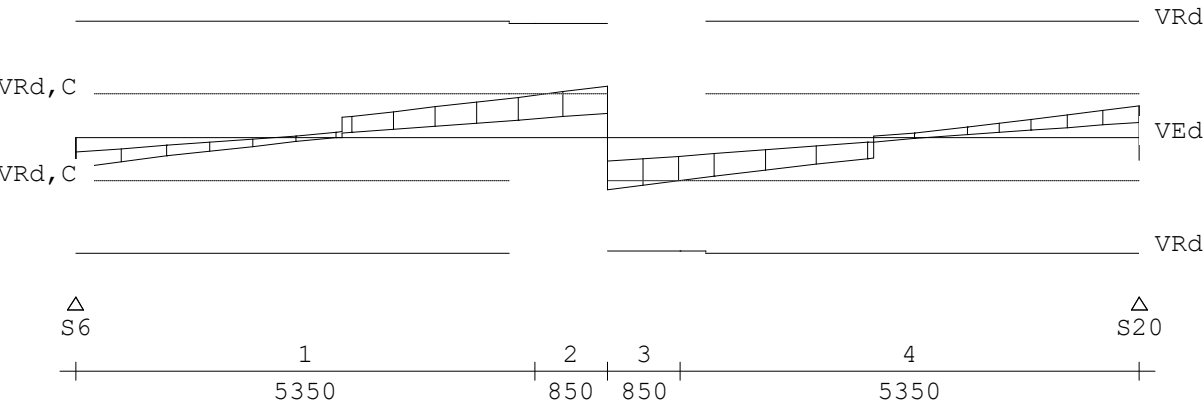
Scheurvorming volgens artikel 7.3.4

2

Geb.	Pos.	Zijde	M _{E,freq}	s _{r,max}	ε _{sm} -ε _{cm}	w _k	k _x	w _{max}	U.C.	Opm.
	[mm]		[kNm]	[mm]	[%]	[mm]		[mm]		
1	S6+0	Bov	0.05	265	0.001	0.000	1.17	0.350	0.00	
2	S6+3007	Ond	-36.30	265	0.415	0.110	1.17	0.350	0.31	
3	S6+6200	Bov	56.56	265	0.790	0.210	1.17	0.350	0.60	
4	S20-3084	Ond	-38.32	265	0.442	0.117	1.17	0.350	0.34	
5	S20+0	Bov	0.05	265	0.001	0.000	1.17	0.350	0.00	

DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

2 Fundamentele combinatie



Wring- en dwarskrachtwapening

2

Geb.	Vanaf	Tot	Beugels	Lengte	<Wringing>	<Dwarskr.>					
	[mm]	[mm]		[mm]	A _{langs}	A _{bg1}	A _{bg1}	A _{opg}	V _{Ed}	T _{Ed}	Opm.
					[mm ²]	[mm ² /m]	[mm ²]		[kN]	[kNm]	
1	S6+0	S6+5350	Ø8-300	5350	26	3	215	0	55.1	1	
2	S6+5350	S6+6200	Ø8-300	850	26	3	215	0	67.5	1	6
3	S6+6200	S20-5350	Ø8-300	850	22	3	215	0	68.8	1	6
4	S20-5350	S20+0	Ø8-300	5350	22	3	215	0	56.4	1	

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

Wring- en dwarskrachten

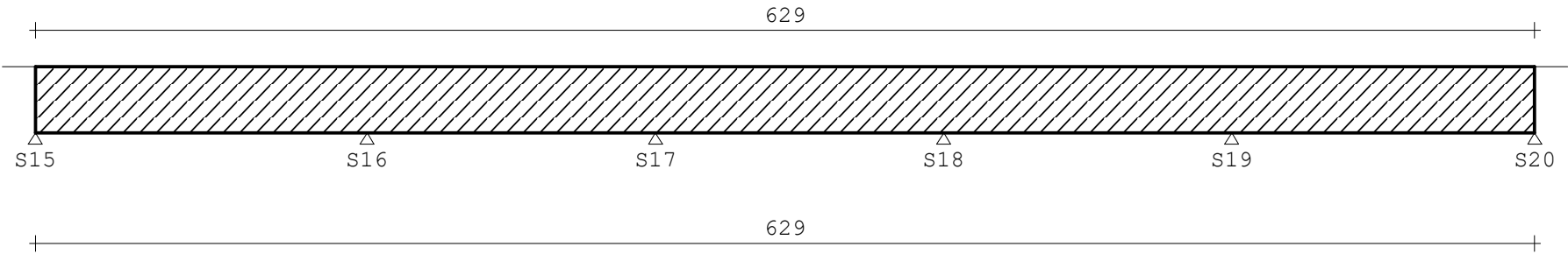
2

Geb.	Vanaf	Tot	θ	V _{Rd}	V _{Ed}	V _{Rd,C}	V _{Rd,Max}	T _{Ed}	T _{Rd,C}	T _{Rd,Max}	V _{opg}	Opm.
	[mm]	[mm]	[°]	[kN]		-----kN-----			-----kNm-----			
1	S6+0	S6+5350	21.8	149	55	57	318	1	16	40	0	
2	S6+5350	S6+6200	21.8	149	67	57	318	1	16	40	0	6
3	S6+6200	S20-5350	21.8	150	69	57	318	1	16	40	0	6
4	S20-5350	S20+0	21.8	150	56	57	318	1	16	40	0	

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

Hoofdwapening Fysisch lineair

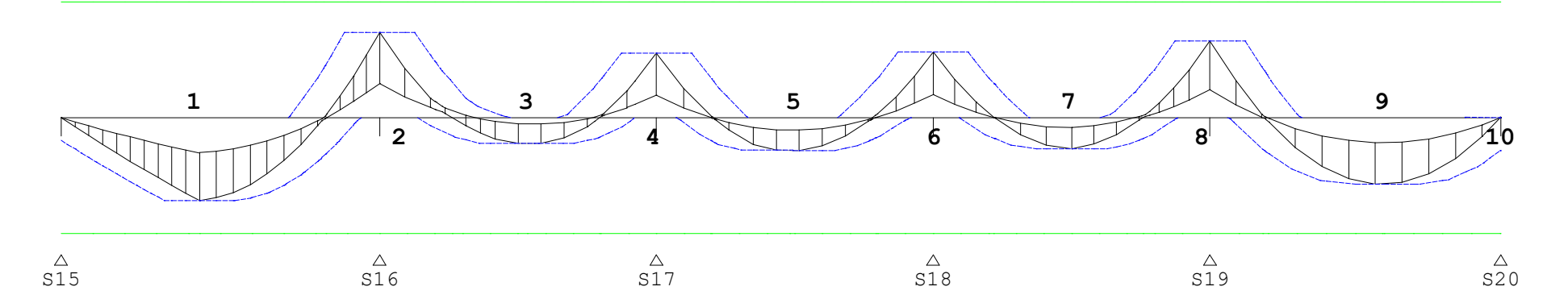
3



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

MEd dekkingslijn Fysisch lineair

3



Hoofdwapening

3

Geb.	Vanaf [mm]	Tot [mm]	M _{Ed} [kNm]	M _{Rd} [kNm]	z [mm]	B/O	A _b [mm ²]	A _a [mm ²]	Opm.
1	S15+0	S16-770	-85.42	-119.33	418	Bov	0	628	
1	S15+0	S16-770	-85.42	-119.33	418	Ond	443	629	
2	S16-812	S16+1382	87.77	119.33	418	Bov	456	629	
2	S16-812	S16+1382	87.77	119.33	418	Ond	0	628	
3	S16+1049	S17-822	-27.10	-119.33	418	Bov	0	628	
3	S16+1049	S17-822	-27.10	-119.33	418	Ond	147*	629	1
4	S17-919	S17+825	66.36	119.33	418	Bov	340	629	
4	S17-919	S17+825	66.36	119.33	418	Ond	0	628	
5	S17+784	S18-824	-34.11	-119.33	418	Bov	0	628	
5	S17+784	S18-824	-34.11	-119.33	418	Ond	166	629	
6	S18-878	S18+889	67.70	119.33	418	Bov	347	629	
6	S18-878	S18+889	67.70	119.33	418	Ond	0	628	
7	S18+879	S19-968	-32.24	-119.33	418	Bov	0	628	
7	S18+879	S19-968	-32.24	-119.33	418	Ond	156	629	
8	S19-1076	S19+824	79.28	119.33	418	Bov	410	629	
8	S19-1076	S19+824	79.28	119.33	418	Ond	0	628	
9	S19+759	S20-6	-68.52	-119.33	418	Bov	0	628	
9	S19+759	S20-6	-68.52	-119.33	418	Ond	352	629	
10	S20-11	S20+0	0.52	119.33	418	Bov	133*	629	54
10	S20-11	S20+0	0.52	119.33	418	Ond	0	628	

Opmerkingen
[1] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie nationale bijlage art. 9.2.1.1(1).
Alle maten zijn zonder verschuiving van de m-lijn en verankering
[54] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening ten behoeve van gecontroleerde scheurvorming zijn toegepast volgens art. 7.3.2.

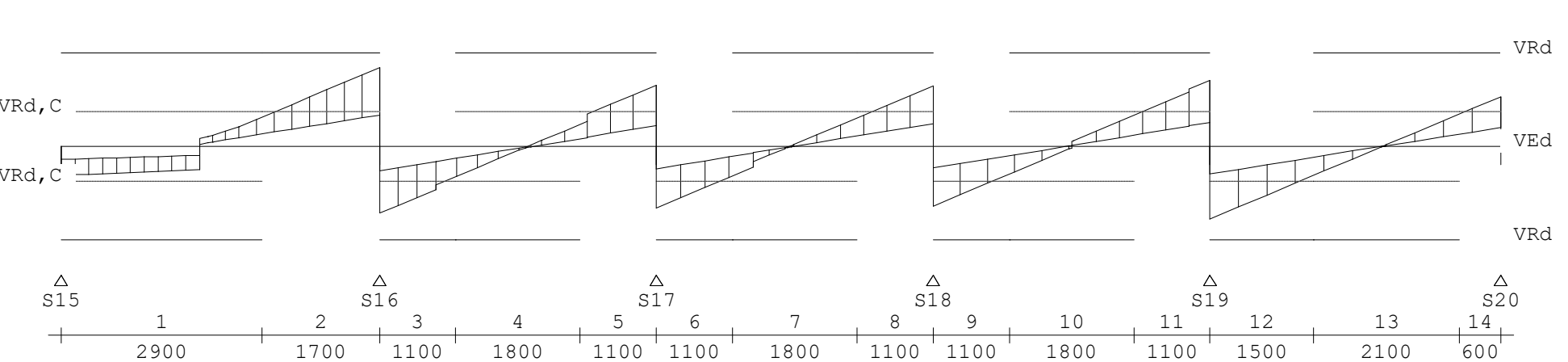
Scheurvorming volgens artikel 7.3.4

3

Geb.	Pos. [mm]	Zijde	M _{E,freq} [kNm]	s _{r,max} [mm]	ε _{sm} -ε _{cm} [%]	w _k [mm]	k _x	w _{max} [mm]	U.C.	Opm.
1	S15+2000	Ond	-55.40	265	0.768	0.204	1.17	0.350	0.58	
2	S16+0	Bov	53.20	265	0.726	0.193	1.17	0.350	0.55	
3	S17-1859	Ond	-14.32	265	0.164	0.043	1.17	0.350	0.12	
4	S17+0	Bov	37.77	265	0.432	0.115	1.17	0.350	0.33	
5	S17+1929	Ond	-20.04	265	0.229	0.061	1.17	0.350	0.17	
6	S18+0	Bov	38.83	265	0.452	0.120	1.17	0.350	0.34	
7	S18+2000	Ond	-17.77	265	0.203	0.054	1.17	0.350	0.15	
8	S19+0	Bov	46.44	265	0.597	0.158	1.17	0.350	0.45	
9	S20-1705	Ond	-40.39	265	0.482	0.128	1.17	0.350	0.37	
10	S20+0	Bov	0.35	265	0.004	0.001	1.17	0.350	0.00	

DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

3 Fundamentele combinatie



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

Wring- en dwarskrachtwapening

3

Geb.	Vanaf	Tot	Beugels	Lengte	<Wringing >		<Dwarskr.>		V _{Ed}	T _{Ed}	Opm.
					A _{langs}	A _{bgl}	A _{bgl}	A _{opg}			
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm ²]	[mm ² /m]	[mm ²]		[kN]	[kNm]	
1	S15+0	S16-1700	Ø8-300	2900	0	0	215	0	47.4	0	
2	S16-1700	S16+0	Ø8-300	1700	3	0	282	0	128.1	0	6
3	S16+0	S16+1100	Ø8-300	1100	3	0	240	0	108.9	0	6
4	S16+1100	S17-1100	Ø8-300	1800	0	0	215	0	49.3	0	
5	S17-1100	S17+0	Ø8-300	1100	3	0	219	0	99.5	0	6
6	S17+0	S17+1100	Ø8-300	1100	3	0	220	0	100.1	0	6
7	S17+1100	S18-1100	Ø8-300	1800	0	0	215	0	47.9	0	
8	S18-1100	S18+0	Ø8-300	1100	3	0	216	0	98.2	0	6
9	S18+0	S18+1100	Ø8-300	1100	3	0	215	0	97.3	0	6
10	S18+1100	S19-1100	Ø8-300	1800	0	0	215	0	50.1	0	
11	S19-1100	S19+0	Ø8-300	1100	3	0	236	0	107.5	0	6
12	S19+0	S19+1500	Ø8-300	1500	3	0	260	0	118.3	0	6
13	S19+1500	S20-600	Ø8-300	2100	0	0	215	0	52.3	0	
14	S20-600	S20+0	Ø8-300	600	3	0	215	0	80.8	0	6

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

Wring- en dwarskrachten

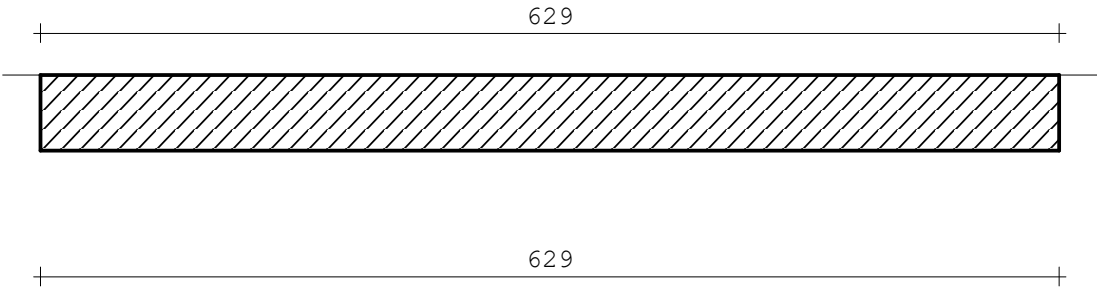
3

Geb.	Vanaf	Tot	θ	V _{Rd}	V _{Ed}	V _{Rd,C}	V _{Rd,Max}	T _{Ed}	T _{Rd,C}	T _{Rd,Max}	V _{opg}	Opm.
	[mm]	[mm]	[°]	[kN]		-----kN-----			-----kNm-----			
1	S15+0	S16-1700	21.8	152	47	57	318	0	16	40	0	
2	S16-1700	S16+0	21.8	152	128	57	318	0	16	40	0	6
3	S16+0	S16+1100	21.8	152	109	57	318	0	16	40	0	6
4	S16+1100	S17-1100	21.8	152	49	57	318	0	16	40	0	
5	S17-1100	S17+0	21.8	152	100	57	318	0	16	40	0	6
6	S17+0	S17+1100	21.8	152	100	57	318	0	16	40	0	6
7	S17+1100	S18-1100	21.8	152	48	57	318	0	16	40	0	
8	S18-1100	S18+0	21.8	152	98	57	318	0	16	40	0	6
9	S18+0	S18+1100	21.8	152	97	57	318	0	16	40	0	6
10	S18+1100	S19-1100	21.8	152	50	57	318	0	16	40	0	
11	S19-1100	S19+0	21.8	152	107	57	318	0	16	40	0	6
12	S19+0	S19+1500	21.8	152	118	57	318	0	16	40	0	6
13	S19+1500	S20-600	21.8	152	52	57	318	0	16	40	0	
14	S20-600	S20+0	21.8	152	81	57	318	0	16	40	0	6

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

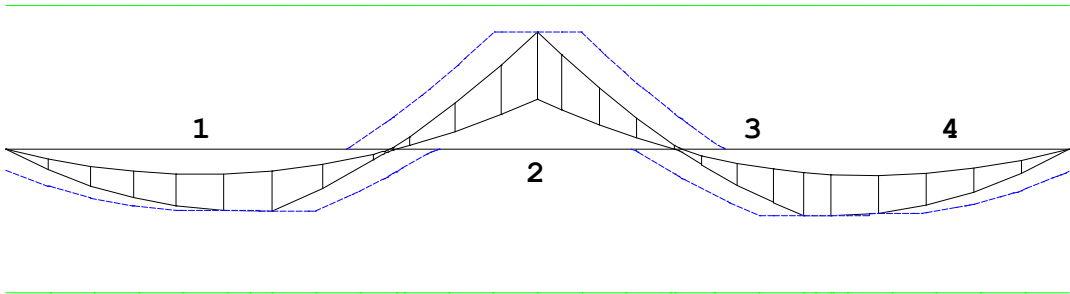
Hoofdwapening Fysisch lineair

4



MEd dekkingslijn Fysisch lineair

4



Hoofdwapening

4

Geb.	Vanaf	Tot	M _{Ed}	M _{Rd}	z	B/O	A _p	A _a	Opm.
	[mm]	[mm]	[kNm]	[kNm]	[mm]		[mm ²]	[mm ²]	
1	0	4556	-51.78	-119.33	418	Bov	0	628	
1	0	4556	-51.78	-119.33	418	Ond	261	629	
2	4480	7881	97.61	119.33	418	Bov	510	629	
2	4480	7881	97.61	119.33	418	Ond	0	628	
3	7803	9619	-55.69	-119.33	418	Bov	0	628	
3	7803	9619	-55.69	-119.33	418	Ond	282	629	
4	9619	12400	-55.50	-119.33	418	Bov	0	628	
4	9619	12400	-55.50	-119.33	418	Ond	281	629	

Opmerkingen
Alle maten zijn zonder verschuiving van de m-lijn en verankering

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

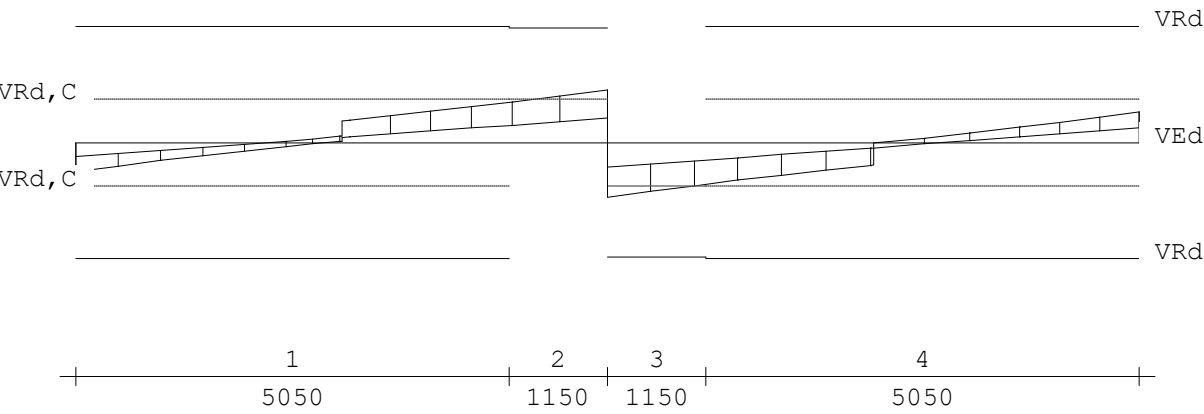
Scheurvorming volgens artikel 7.3.4

4

Geb.	Pos. [mm]	Zijde	$M_{E,freq}$ [kNm]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$ [%]	w_k [mm]	k_x	w_{max} [mm]	U.C.	Opm.
1	2850	Ond	-32.93	265	0.376	0.100	1.17	0.350	0.29	
2	6200	Bov	64.78	265	0.946	0.251	1.17	0.350	0.72	
3	9444	Ond	-34.93	265	0.399	0.106	1.17	0.350	0.30	
4	9645	Ond	-35.50	265	0.406	0.108	1.17	0.350	0.31	

DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

4 Fundamentele combinatie



Wring- en dwarskrachtwapening

4

Geb.	Vanaf [mm]	Tot [mm]	Beugels	Lengte [mm]	<Wringing > <Dwarskr.>				V_{Ed} [kN]	T_{Ed} [kNm]	Opm.
					A_{lang} [mm ²]	A_{bg1} [mm ² /m]	A_{bg1} [mm ²]	A_{opg} [mm ²]			
1	0	5050	Ø8-300	5050	0	0	215	0	52.9	0	
2	5050	6200	Ø8-300	1150	13	2	215	0	69.6	0	6
3	6200	7350	Ø8-300	1150	13	2	215	0	71.7	0	6
4	7350	12400	Ø8-300	5050	0	0	215	0	54.9	0	

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

Wring- en dwarskrachten

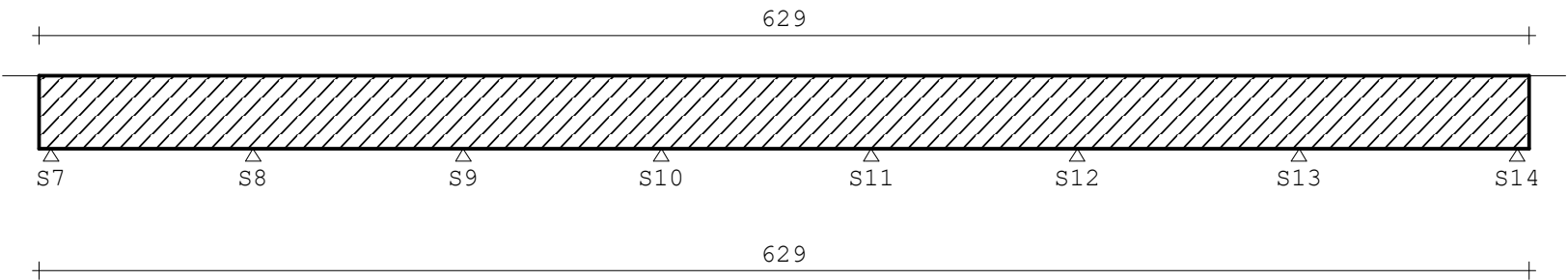
4

Geb.	Vanaf [mm]	Tot [mm]	θ [°]	V_{Rd} [kN]	V_{Ed}	$V_{Rd,C}$	$V_{Rd,Max}$	T_{Ed}	$T_{Rd,C}$	$T_{Rd,Max}$	V_{opg}	Opm.
					-----kN-----			-----kNm-----				
1	0	5050	21.8	152	53	57	318	0	16	40	0	
2	5050	6200	21.8	151	70	57	318	0	16	40	0	6
3	6200	7350	21.8	151	72	57	318	0	16	40	0	6
4	7350	12400	21.8	152	55	57	318	0	16	40	0	

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

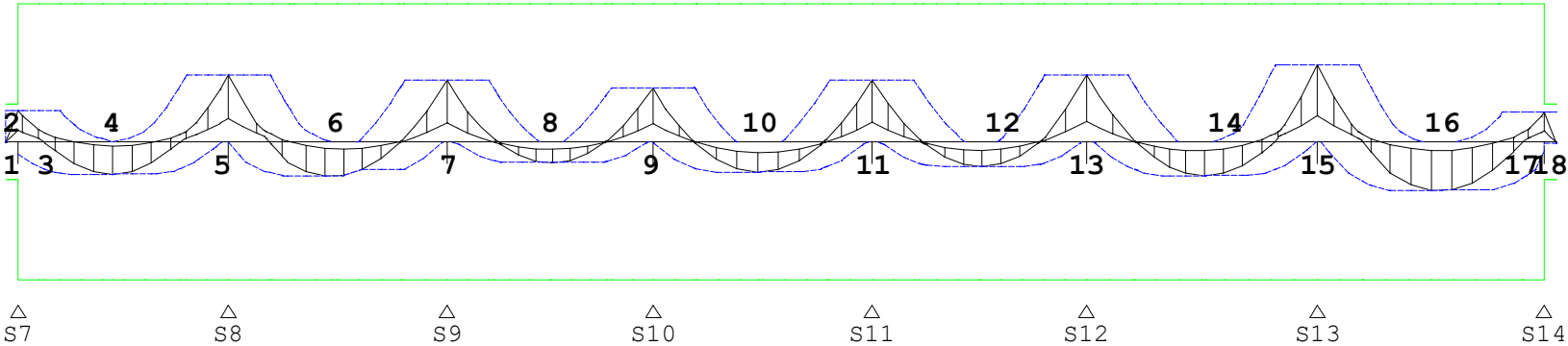
Hoofdwapening Fysisch lineair

5



MEd dekkingslijn Fysisch lineair

5



Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel....: Fundering

Hoofdwapening

5

Geb.	Vanaf [mm]	Tot [mm]	M _{E,d} [kNm]	M _{R,d} [kNm]	z [mm]	B/O	A _b [mm ²]	A _a [mm ²]	Opm.
1	S7-150	S7+0	27.34	32.78	120	Bov	584*	629	1,2,110
1	S7-150	S7+0	27.34	32.78	120	Ond	0	628	
2	S7-150	S7+0	-0.57	-32.78	120	Bov	0	628	
2	S7-150	S7+0	-0.57	-32.78	120	Ond	133*	629	2,54,110
3	S7+0	S7+683	27.34	119.33	418	Bov	147*	629	1
3	S7+0	S7+683	27.34	119.33	418	Ond	0	628	
4	S7+310	S8-587	-27.89	-119.33	418	Bov	0	628	
4	S7+310	S8-587	-27.89	-119.33	418	Ond	147*	629	1
5	S8-892	S8+742	57.99	119.33	418	Bov	295	629	
5	S8-892	S8+742	57.99	119.33	418	Ond	0	628	
6	S8+495	S9-561	-29.52	-119.33	418	Bov	0	628	
6	S8+495	S9-561	-29.52	-119.33	418	Ond	147*	629	1
7	S9-589	S9+619	53.46	119.33	418	Bov	270	629	
7	S9-589	S9+619	53.46	119.33	418	Ond	0	628	
8	S9+569	S10-564	-18.12	-119.33	418	Bov	0	628	
8	S9+569	S10-564	-18.12	-119.33	418	Ond	133*	629	54
9	S10-582	S10+515	46.57	119.33	418	Bov	233	629	
9	S10-582	S10+515	46.57	119.33	418	Ond	0	628	
10	S10+496	S11-548	-26.14	-119.33	418	Bov	0	628	
10	S10+496	S11-548	-26.14	-119.33	418	Ond	147*	629	1
11	S11-589	S11+622	53.52	119.33	418	Bov	270	629	
11	S11-589	S11+622	53.52	119.33	418	Ond	0	628	
12	S11+578	S12+0	-21.42	-119.33	418	Bov	0	628	
12	S11+578	S12+0	-21.42	-119.33	418	Ond	133*	629	54
13	S12-588	S12+606	57.65	119.33	418	Bov	293	629	
13	S12-588	S12+606	57.65	119.33	418	Ond	0	628	
14	S12+585	S13+0	-29.27	-119.33	418	Bov	0	628	
14	S12+585	S13+0	-29.27	-119.33	418	Ond	147*	629	1
15	S13-752	S13+771	66.81	119.33	418	Bov	342	629	
15	S13-752	S13+771	66.81	119.33	418	Ond	0	628	
16	S13+547	S14-256	-42.28	-119.33	418	Bov	0	628	
16	S13+547	S14-256	-42.28	-119.33	418	Ond	210	629	
17	S14-549	S14+0	25.90	119.33	418	Bov	147*	629	1
17	S14-549	S14+0	25.90	119.33	418	Ond	0	628	
18	S14+0	S14+144	25.90	32.78	120	Bov	584*	629	1,2,110
18	S14+0	S14+144	25.90	32.78	120	Ond	0	628	
19	S14+144	S14+150	-1.12	-32.78	120	Bov	0	628	
19	S14+144	S14+150	-1.12	-32.78	120	Ond	133*	629	2,54,110

Opmerkingen
[1] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening zijn toegepast, zie nationale bijlage art. 9.2.1.1(1).
[2] Benodigde wapening en inwendige hefboomsarm zijn bepaald volgens gedrongen ligger detaillering, zie nationale bijlage art. 6.1(10).
Alle maten zijn zonder verschuiving van de m-lijn en verankering
[54] * = Eisen met betrekking tot minimum wapening ten behoeve van gecontroleerde scheurvorming zijn toegepast volgens art. 7.3.2.
[110] **Art. 9.7 (1),(2): Een orthogonaal wapeningsnet dient toegepast te worden aan iedere zijde van de gedrongen liggers:**
Profiel 1 - B*H 300*500: 300 mm2/m aan elke zijde en in elke richting met een maximaal hoh 300 mm.

Scheurvorming volgens artikel 7.3.4

5

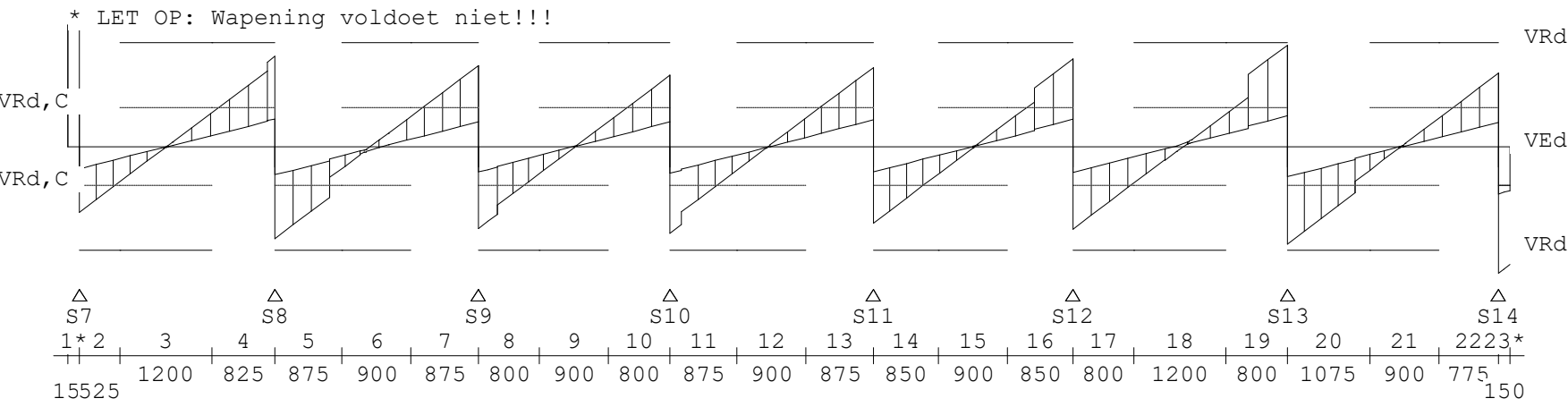
Geb.	Pos.	Zijde	M _{E,freq} [kNm]	S _{r,max} [mm]	ε _{sm} -ε _{cm} [%]	w _k [mm]	k _x	w _{max} [mm]	U.C.	Opm.
1	S7+0	Bov	17.07	265	0.195	0.052	1.17	0.350	0.15	
2	S7-150	Ond	-0.34	265	0.004	0.001	1.17	0.350	0.00	
3	S7+0	Bov	17.07	265	0.195	0.052	1.17	0.350	0.15	
4	S7+1139	Ond	-14.07	265	0.161	0.043	1.17	0.350	0.12	
5	S8+0	Bov	33.55	265	0.384	0.102	1.17	0.350	0.29	
6	S8+1253	Ond	-14.78	265	0.169	0.045	1.17	0.350	0.13	
7	S9+0	Bov	28.86	265	0.330	0.088	1.17	0.350	0.25	
8	S10-1233	Ond	-10.42	265	0.119	0.032	1.17	0.350	0.09	
9	S10+0	Bov	26.10	265	0.298	0.079	1.17	0.350	0.23	
10	S10+1282	Ond	-14.78	265	0.169	0.045	1.17	0.350	0.13	
11	S11+0	Bov	29.20	265	0.334	0.089	1.17	0.350	0.25	
12	S12-1273	Ond	-12.08	265	0.138	0.037	1.17	0.350	0.10	
13	S12+0	Bov	31.35	265	0.358	0.095	1.17	0.350	0.27	
14	S13-1361	Ond	-15.45	265	0.177	0.047	1.17	0.350	0.13	
15	S13+0	Bov	37.90	265	0.434	0.115	1.17	0.350	0.33	
16	S14-1266	Ond	-21.40	265	0.245	0.065	1.17	0.350	0.19	
17	S14+0	Bov	16.24	265	0.186	0.049	1.17	0.350	0.14	
19	S14+150	Ond	-0.73	265	0.008	0.002	1.17	0.350	0.01	

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Fundering

DWARSKRACHTEN

Fysisch lineair

5 Fundamentele combinatie



Wring- en dwarskrachtwapening

5

Geb.	Vanaf	Tot	Beugels	Lengte	<Wringing > <Dwarskr.>				V _{Ed}	T _{Ed}	Opm.
					A _{langs}	A _{bg1}	A _{bg1}	A _{opg}			
	[mm]	[mm]		[mm]	[mm ²]	[mm ² /m]	[mm ²]	[mm ²]	[kN]	[kNm]	
1	S7-150	S7+0	Ø8-300	150	0	0	215	0	191.2	0	10 Voldoet niet!,59,109
2	S7+0	S7+525	Ø8-300	525	0	0	215	0	96.7	0	6
3	S7+525	S8-825	Ø8-300	1200	0	0	215	0	52.0	0	
4	S8-825	S8+0	Ø8-300	825	0	0	291	0	132.2	0	6
5	S8+0	S8+875	Ø8-300	875	0	0	298	0	135.3	0	6
6	S8+875	S9-875	Ø8-300	900	0	0	215	0	44.1	0	
7	S9-875	S9+0	Ø8-300	875	0	0	261	0	118.6	0	6
8	S9+0	S9+800	Ø8-300	800	0	0	265	0	120.7	0	6
9	S9+800	S10-800	Ø8-300	900	0	0	215	0	39.5	0	
10	S10-800	S10+0	Ø8-300	800	0	0	230	0	104.7	0	6
11	S10+0	S10+875	Ø8-300	875	0	0	281	0	127.7	0	6
12	S10+875	S11-875	Ø8-300	900	0	0	215	0	41.7	0	
13	S11-875	S11+0	Ø8-300	875	0	0	255	0	116.2	0	6
14	S11+0	S11+850	Ø8-300	850	0	0	248	0	112.7	0	6
15	S11+850	S12-850	Ø8-300	900	0	0	215	0	40.3	0	
16	S12-850	S12+0	Ø8-300	850	0	0	282	0	128.3	0	6
17	S12+0	S12+800	Ø8-300	800	0	0	267	0	121.2	0	6
18	S12+800	S13-800	Ø8-300	1200	0	0	215	0	53.1	0	
19	S13-800	S13+0	Ø8-300	800	0	0	328	0	149.0	0	6
20	S13+0	S13+1075	Ø8-300	1075	0	0	315	0	143.4	0	6
21	S13+1075	S14-775	Ø8-300	900	0	0	215	0	41.5	0	
22	S14-775	S14+0	Ø8-300	775	0	0	236	0	107.5	0	6
23	S14+0	S14+150	Ø8-300	150	0	0	215	0	186.2	0	10 Voldoet niet!,59,109

Opmerkingen

[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.

[10] 6.3.2 (4) Combinatie wringing+dwarskracht te groot

[59] 6.2.3: Z is berekend m.b.v. de gedrongen ligger berekening art 6.1 (10)

[109] Bij de berekening van de beugels is geen rekening gehouden met de detailleringsregels van art 9.7 voor de gedrongen liggers.

Wring- en dwarskrachten

5

Geb.	Vanaf	Tot	θ	V _{Rd}	V _{Ed}	V _{Rd,C}	V _{Rd,Max}	T _{Ed}	T _{Rd,C}	T _{Rd,Max}	V _{opg}	Opm.
	[mm]	[mm]	[°]	[kN]								
1	S7-150	S7+0	45.0	17	191	57	132	0	16	59	0	10 Voldoet niet!,59,109
2	S7+0	S7+525	21.8	152	97	57	318	0	16	40	0	6
3	S7+525	S8-825	21.8	152	52	57	318	0	16	40	0	
4	S8-825	S8+0	21.8	152	132	57	318	0	16	40	0	6
5	S8+0	S8+875	21.8	152	135	57	318	0	16	40	0	6
6	S8+875	S9-875	21.8	152	44	57	318	0	16	40	0	
7	S9-875	S9+0	21.8	152	119	57	318	0	16	40	0	6
8	S9+0	S9+800	21.8	152	121	57	318	0	16	40	0	6
9	S9+800	S10-800	21.8	152	39	57	318	0	16	40	0	
10	S10-800	S10+0	21.8	152	105	57	318	0	16	40	0	6
11	S10+0	S10+875	21.8	152	128	57	318	0	16	40	0	6
12	S10+875	S11-875	21.8	152	42	57	318	0	16	40	0	
13	S11-875	S11+0	21.8	152	116	57	318	0	16	40	0	6
14	S11+0	S11+850	21.8	152	113	57	318	0	16	40	0	6
15	S11+850	S12-850	21.8	152	40	57	318	0	16	40	0	
16	S12-850	S12+0	21.8	152	128	57	318	0	16	40	0	6
17	S12+0	S12+800	21.8	152	121	57	318	0	16	40	0	6
18	S12+800	S13-800	21.8	152	53	57	318	0	16	40	0	
19	S13-800	S13+0	21.8	152	149	57	318	0	16	40	0	6
20	S13+0	S13+1075	21.8	152	143	57	318	0	16	40	0	6
21	S13+1075	S14-775	21.8	152	42	57	318	0	16	40	0	
22	S14-775	S14+0	21.8	152	107	57	318	0	16	40	0	6
23	S14+0	S14+150	45.0	17	186	57	132	0	16	59	0	10 Voldoet niet!,59,109

Project.....: 24-236 - Nautix Oegstgeest
Onderdeel.....: Fundering

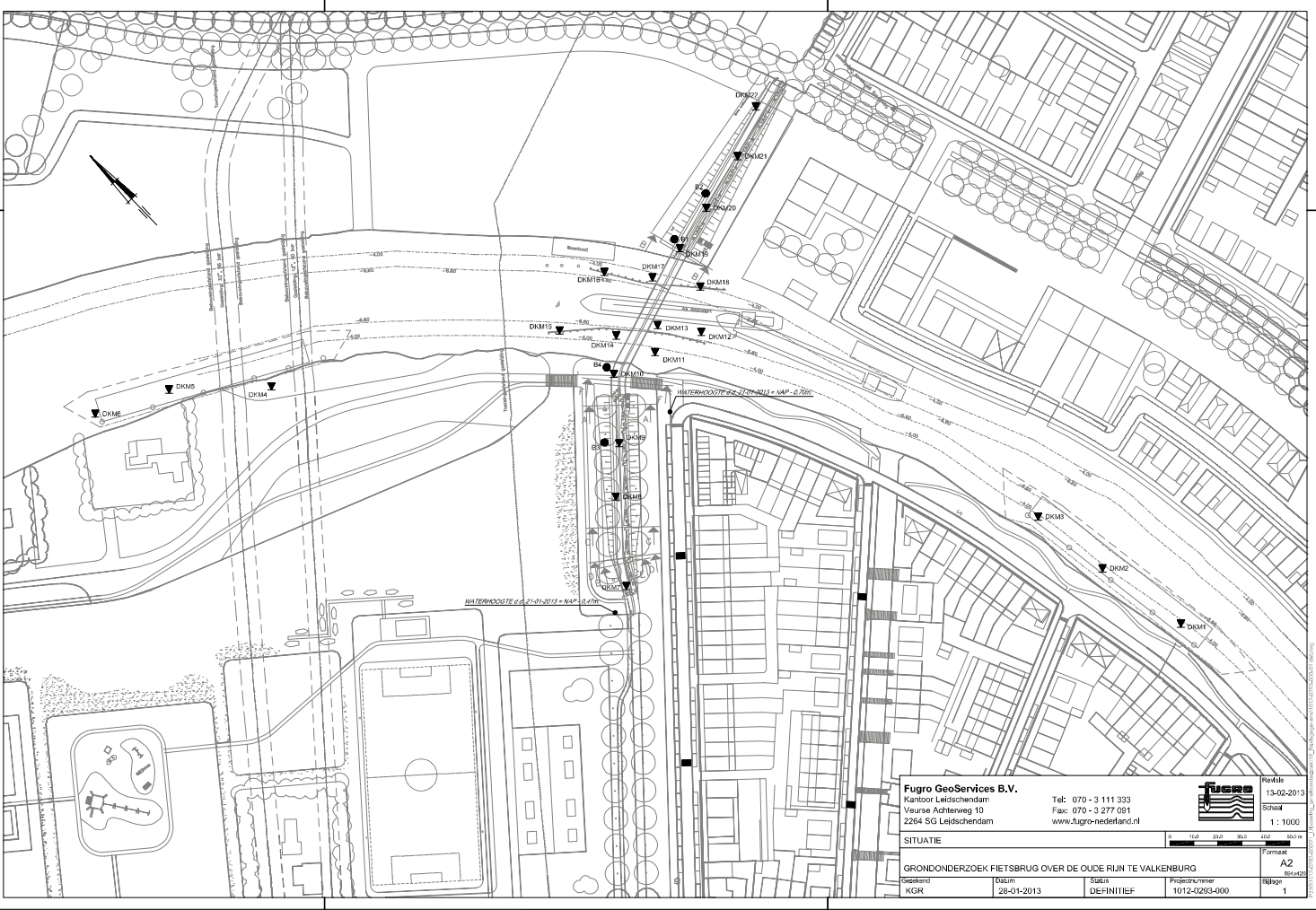
Schuifspanningen

5

Geb.	Vanaf	Tot	θ	V_{Ed}	$V_{Rd,C}$	$V_{Rd,S}$	$V_{Ed} < V_{Rd} < V_{Rd,Max}$	Opm.
	[mm]	[mm]	[°]	[kN]	----- [N/mm ²] -----			

Opmerkingen
[6] 9.2.2 (4) 50% van de dwarskrachtwapening moet uit beugels bestaan.
[10] 6.3.2 (4) *Combinatie wringing+dwarskracht te groot*
[59] 6.2.3: Z is berekend m.b.v. de gedrongen ligger berekening art 6.1 (10)
[109] Bij de berekening van de beugels is geen rekening gehouden met de detailleringsregels van art 9.7 voor de gedrongen liggers.

Bijlage A: Grondonderzoek



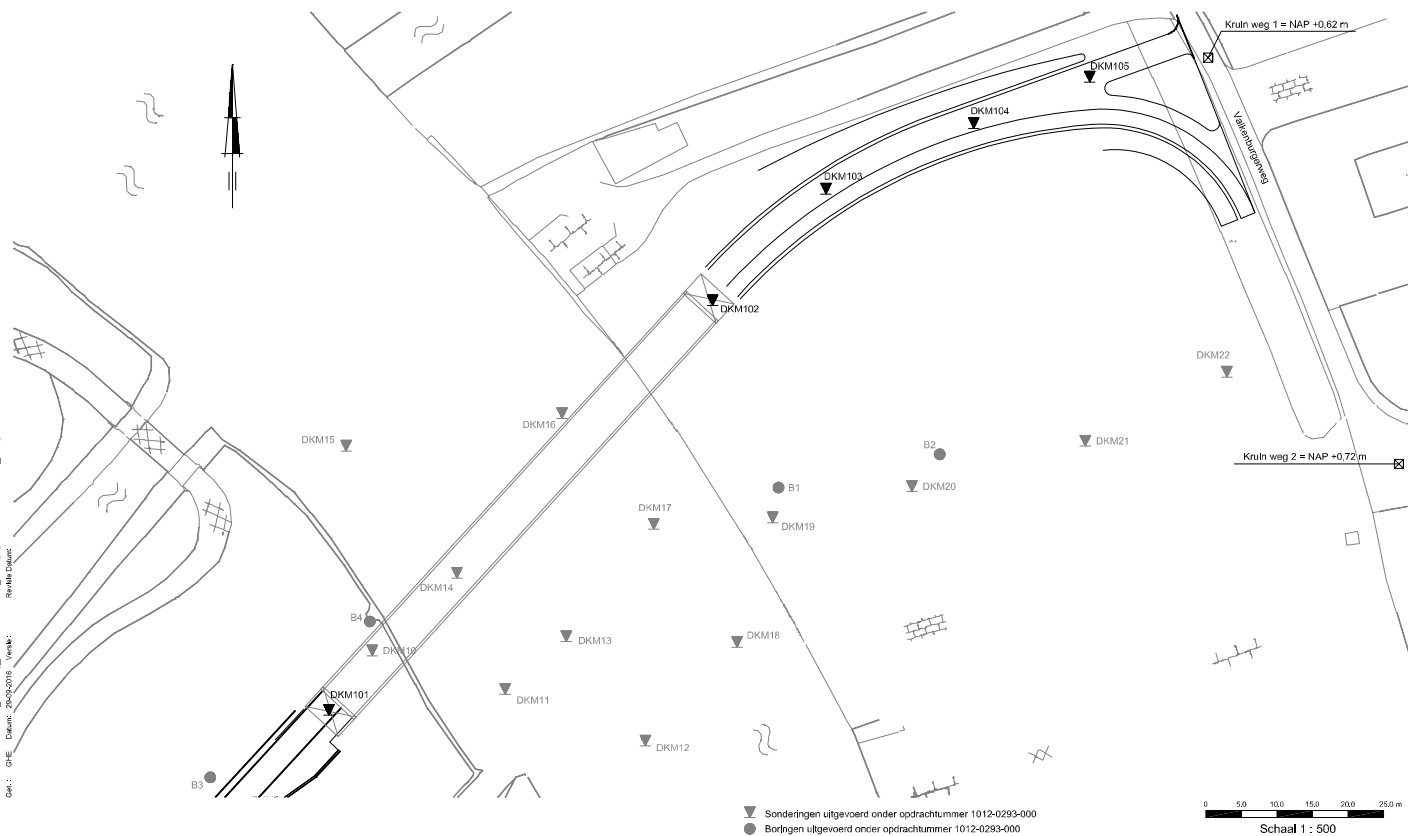
Fugro GeoServices B.V.
Kantoor Leidschendam
Veurse Achterweg 10
2264 SG Leidschendam
Tel: 070 - 3 111 333
Fax: 070 - 3 277 081
www.fugro-nederland.nl



Revisie
13-02-2013
Schied
1 : 1000

SITUATIE			
GRONDONDERZOEK FIETSBRUG OVER DE OUDE RIJN TE VALKENBURG			
Opdracht	Datum	Status	Projectnummer
KGR	28-01-2013	DEFINITIEF	1012-0293-000

Formaat
A2
Blad
1



SITUATIE

AANLEG FIETSBRUG OVER DE OUDE RIJN TE VALKENBURG

Opdr. : 1012-0293-001
 Bijl. : 1

ALGEMENE GEGEVENS

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagvermogen
 Datum : 10-09-2025
 Bestand : G:\Projecten\2024.236\Berekeningen\
 paalfundering berekenen.pvw
 Berekeningstype : Verticaal belaste paal
 Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1+A1:2013	NB:2016
	NEN 9997-1:2016	C2:2017	

GRONDSOORTEN

Nr.	Omschrijving	$\gamma_{k;1}$ [kN/m ³]	$\gamma_{sat;k;1}$ [kN/m ³]	$\phi'_{k;1}$ [°]	$\gamma_{k;2}$ [kN/m ³]	$\gamma_{sat;k;2}$ [kN/m ³]	$\phi'_{k;2}$ [°]
1	Zand - Schoon - Vast	19.00	21.00	35.00	20.00	22.00	40.00
2	Zand - Zwak siltig - Kleiig	18.00	20.00	27.00	19.00	21.00	32.50
3	Klei - Schoon - Slap	14.00	14.00	17.50	17.00	17.00	17.50

BODEMPROFIELGEGEVENS: Bodemprofiel 1

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

d50-reductie is meegenomen overeenkomstig NEN-EN 9997 art. 7.6.2.3 (i)

Laag	Van [m]	Tot [m]	Omschrijving	OCR	Aandeel pos. kleef [%]	α_s	d ₅₀ [mm]
1	0.00	-1.00	Zand - Schoon - Vast	1.0	100.0		
2	-1.00	-6.50	Klei - Schoon - Slap	1.0	0.0		
3	-6.50	-10.50	Zand - Zwak siltig - Kleiig	1.0	100.0		
4	-10.50	-12.50	Klei - Schoon - Slap	1.0	0.0		
5	-12.50	-30.00	Zand - Zwak siltig - Kleiig	1.0	100.0		

SONDERINGSGEGEVENS TABEL: Sondering 1

Regel	Niveau [m]	Conus [MPa]	Wrijving [MPa]	Regel	Niveau [m]	Conus [MPa]	Wrijving [MPa]
1	0.00	0.00	0.020	19	-16.00	15.00	0.010
2	-0.50	31.00	0.010	20	-17.50	15.00	0.010
3	-1.00	1.00	0.040	21	-18.00	9.00	0.010
4	-6.50	3.00	0.020	22	-18.50	15.00	0.010
5	-7.50	10.00	0.010	23	-19.00	14.00	0.010
6	-8.00	5.00	0.010	24	-20.00	28.00	0.010
7	-8.60	12.00	0.010	25	-20.50	22.00	0.010
8	-8.70	7.00	0.010	26	-22.00	34.00	0.010
9	-9.00	10.00	0.010	27	-23.00	34.00	0.010
10	-9.50	10.00	0.010	28	-24.00	14.00	0.010
11	-10.50	3.00	0.030	29	-24.50	25.00	0.010
12	-12.50	1.00	0.060	30	-25.00	14.00	0.010
13	-13.00	15.00	0.030	31	-25.50	25.00	0.010
14	-14.00	3.00	0.020	32	-27.00	32.00	0.010
15	-14.50	12.00	0.020	33	-27.50	16.00	0.010
16	-15.00	4.00	0.020	34	-28.50	23.00	0.010
17	-15.50	13.00	0.020	35	-29.00	17.00	0.010
18	-15.70	9.00	0.010	36	-30.00	23.00	0.010

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

PAALGEGEVENS Paal Ø 324

Type : Stalen paal - buis met gesloten punt
 Wijze van installeren : Heien
 Diameter [m] : 0.324
 Wanddikte t [mm] : 4.0
 Elasticiteitsmodulus [N/mm²] : 200000 (Staal)
 Elasticiteitsmodulus [N/mm²] : 20000 (Beton)
 Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.0100 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Factor α_t (tabel 7.c EC 7.1) : 0.0070 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Paalklassefactor α_p : 0.70
 Paalvoetvormfactor β : 1.00
 Type lastzakingsdiagram : Grondverdringende paal
 Verm.factor * $\phi'_{j,k}$: 0.75
 Groutomhulling : NEE

REKENGEGEVENS Geval 1

Berekening : Ontwerp
 Rekenmethode : Drukpalen volgens NEN-EN 1997-1, art. 7.6.2
 Sondering(en) : Sondering 1

Stijf bouwwerk : JA
 Paalgroep : NEE
 Aantal sonderingen : 1
 Factor ξ_3 (n=1) : 1.26
 Factor ξ_3 (gem) : 1.26
 Factor ξ_4 (min) : 1.26
 Weerstandsfactor γ_R : 1.20
 $\gamma_{f,nk}$: 1.0
 $R_{s,cal,max,i}$ begrenzen op $0.75 * R_{p,cal,max,i}$: JA
 UGT draagvermogen zonder negatieve kleef : JA

Paal : Paal Ø 324
 Niveau paalkop [m] : N.A.P. 0.00
 Bovenbel. [kN/m²] : 0.00

PAALPUNTNIVEAUS Paal Ø 324

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v. : N.A.P.

Nr	Beginniveau [m]	Eindniveau [m]	Stapgrootte [m]
1	-6.00	-20.00	0.50

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

RESULTATEN Geval 1 (n=1)

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Sondering Sondering 1

Niveau $F_{\text{netto;d}}$
[m] [kN]

-6.00	49
-6.50	63
-7.00	136
-7.50	168
-8.00	201
-8.50	282
-9.00	261
-9.50	173
-10.00	110
-10.50	67
-11.00	34
-11.50	18
-12.00	13
-12.50	115
-13.00	186
-13.50	151
-14.00	182
-14.50	233
-15.00	254
-15.50	416
-16.00	636
-16.50	620
-17.00	568
-17.50	579
-18.00	589
-18.50	738
-19.00	815
-19.50	1077
-20.00	1217

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-6.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-6.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -6.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 1.815 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 2.86 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 2.82 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.35 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * q_{b,max,i}$$

$$= 150 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$q_{s,max,z} = \alpha_s * q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta l,gem} * \sum q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 0 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
totaal		1.02	0.0000	0.00	0.000	-0.50	0.0

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 150 \text{ kN} (= 150 + 0)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \quad (n=1)$$

$$= 119 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \quad (n=1)$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 99 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-6.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-6.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -6.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 2.213 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 3.79 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 3.79 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.53 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * q_{b,max,i}$$

$$= 182 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$q_{s,max,z} = \alpha_s * q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta l,gem} * \sum q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 0 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
totaal		1.02	0.0000	0.00	0.000	0.00	0.0

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 182 \text{ kN} (= 182 + 0)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 145 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 121 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-7.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-7.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -7.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.292 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 7.88 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 5.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.97 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 271 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 22 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-7.00	1.02	0.0100	100	4.28	0.043	0.50	21.8
totaal		1.02	0.0100		4.28	0.043	0.50	21.8

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 293 \text{ kN } (= 271 + 22)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 233 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 194 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-7.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-7.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -7.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.407 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 7.50 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 5.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 3.48 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 281 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 60 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-7.50	1.02	0.0100	100	5.85	0.058	1.00	59.5
totaal		1.02	0.0100		5.85	0.058	1.00	59.5

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 340 \text{ kN } (= 281 + 60)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 270 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 225 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-8.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-8.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -8.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.600 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 6.32 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 6.32 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 3.96 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 297 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 94 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-8.00	1.02	0.0100	100	6.15	0.061	1.50	93.9
totaal		1.02	0.0100		6.15	0.061	1.50	93.9

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 391 \text{ kN } (= 297 + 94)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 310 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 258 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-8.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-8.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -8.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c,I,gem} + q_{c,II,gem})/2 + q_{c,III,gem})$$

$$= 4.644 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 10.07 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 7.02 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 4.73 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * q_{b,max,i}$$

$$= 383 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$q_{s,max,z} = \alpha_s * q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 130 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-8.50	1.02	0.0100	100	6.39	0.064	2.00	130.2
totaal		1.02	0.0100		6.39	0.064	2.00	130.2

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 513 \text{ kN } (= 383 + 130)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \quad (n=1)$$

$$= 407 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 339 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-9.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-9.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -9.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.738 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 8.29 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 4.43 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 4.32 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 308 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 173 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-9.00	1.02	0.0100	100	6.79	0.068	2.50	172.7
totaal		1.02	0.0100		6.79	0.068	2.50	172.7

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 481 \text{ kN } (= 308 + 173)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \quad (n=1)$$

$$= 382 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 318 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-9.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-9.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P. -9.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 2.411 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 5.67 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 2.70 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.70 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 199 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 149 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-9.50	1.02	0.0100	100	7.16	0.072	3.00	218.5
totaal		1.02	0.0100		7.16	0.072	3.00	218.5

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 198.8 = 149.1$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 348 \text{ kN } (= 199 + 149)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 276 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 230 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-10.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-10.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-10.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 1.757 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 3.43 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 2.20 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.20 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 145 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 109 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.00	1.02	0.0100	100	7.20	0.072	3.50	256.7
totaal		1.02	0.0100		7.20	0.072	3.50	256.7

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 144.9 = 108.7$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 254 \text{ kN } (= 145 + 109)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 201 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 168 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-10.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-10.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-10.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 1.306 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 2.35 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 1.70 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.70 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 108 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 81 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
totaal		1.02	0.0100		6.87	0.069	4.00	279.6

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 107.7 = 80.8$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 188 \text{ kN} (= 108 + 81)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \quad (n=1) \\ = 150 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 125 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-11.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-11.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-11.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 0.956 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 1.85 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 1.20 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.20 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 79 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 59 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-11.00	1.02	0.0000	0	2.74	0.000	0.50	0.0
totaal		1.02	0.0095		6.41	0.061	4.50	279.6
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 78.8 = 59.1$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 138 \text{ kN } (= 79 + 59)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 109 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 91 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-11.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-11.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-11.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 0.787 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 1.50 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 1.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.00 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 65 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 49 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c;cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-11.50	1.02	0.0000	0	2.48	0.000	1.00	0.0
totaal		1.02	0.0092		5.99	0.055	5.00	279.6
$R_{s;cal;max;i}$ is begrensd op $0.75 * 64.9 = 48.7$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i} \\ = 114 \text{ kN } (= 65 + 49)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 90 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 75 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-12.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-12.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-12.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 0.744 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 1.25 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 1.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.00 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 61 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 46 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c;cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.00	1.02	0.0000	0	2.21	0.000	1.50	0.0
totaal		1.02	0.0089		5.60	0.050	5.50	279.6
$R_{s;cal;max;i}$ is begrensd op $0.75 * 61.3 = 46.0$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i} \\ = 107 \text{ kN } (= 61 + 46)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 85 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 71 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-12.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-12.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-12.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 1.811 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 4.18 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 4.18 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.00 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 17.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 149 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 112 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paaldraagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
totaal		1.02	0.0088		5.23	0.046	6.00	279.6

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 149.3 = 112.0$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 261 \text{ kN } (= 149 + 112)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 207 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 173 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-13.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-13.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 2.549 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 8.24 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 3.61 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.36 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 210 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 158 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-13.00	1.02	0.0100	100	7.11	0.071	0.50	36.2
totaal		1.02	0.0089		5.37	0.048	6.50	315.7

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 210.1 = 157.6$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 368 \text{ kN } (= 210 + 158)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 292 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 243 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-13.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-13.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-13.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 2.185 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 6.00 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 3.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 1.74 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 180 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 135 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-13.50	1.02	0.0100	100	8.85	0.089	1.00	90.1
totaal		1.02	0.0090		5.75	0.052	7.00	369.7
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 180.2 = 135.1$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 315 \text{ kN } (= 180 + 135)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 250 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 209 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-14.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-14.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-14.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 2.510 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 5.04 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 5.04 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.13 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 207 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 155 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-14.00	1.02	0.0100	100	7.70	0.077	1.50	117.6
totaal		1.02	0.0091		5.72	0.052	7.50	397.1
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 206.9 = 155.2$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 362 \text{ kN } (= 207 + 155)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 287 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 240 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-14.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-14.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-14.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.044 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 8.00 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 4.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 2.70 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 251 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 188 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-14.50	1.02	0.0100	100	7.46	0.075	2.00	151.9
totaal		1.02	0.0092		5.79	0.053	8.00	431.5
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 251.0 = 188.2$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 439 \text{ kN } (= 251 + 188)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 349 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 290 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-15.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-15.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-15.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 3.261 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 6.04 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 6.04 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 3.28 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 269 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 202 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-15.00	1.02	0.0100	100	7.41	0.074	2.50	188.6
totaal		1.02	0.0092		5.87	0.054	8.50	468.1
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 268.9 = 201.7$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i}$$

$$= 471 \text{ kN } (= 269 + 202)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 373 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$$

$$= 311 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-15.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-15.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-15.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 4.962 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 10.80 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 9.03 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 4.26 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 409 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 307 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paaldraagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-15.50	1.02	0.0100	100	7.45	0.075	3.00	227.5
totaal		1.02	0.0093		5.97	0.055	9.00	507.1
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 409.1 = 306.9$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 716 \text{ kN } (= 409 + 307)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 568 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 474 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-16.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-16.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-16.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 7.269 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 15.00 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 15.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 5.77 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 599 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 449 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-16.00	1.02	0.0100	100	7.86	0.079	3.50	280.0
totaal		1.02	0.0093		6.20	0.058	9.50	559.6
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 599.3 = 449.5$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1049 \text{ kN } (= 599 + 449)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 832 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 694 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-16.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-16.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-16.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 7.104 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 14.59 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 11.45 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 7.28 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 586 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 439 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-16.50	1.02	0.0100	100	8.38	0.084	4.00	341.1
totaal		1.02	0.0094		6.49	0.061	10.00	620.6
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 585.7 = 439.3$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1025 \text{ kN } (= 586 + 439)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 814 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 678 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-17.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-17.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-17.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 6.556 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 12.88 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 9.41 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 7.59 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 541 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 405 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-17.00	1.02	0.0100	100	8.78	0.088	4.50	402.1
totaal		1.02	0.0094		6.75	0.064	10.50	681.7
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 540.5 = 405.4$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 946 \text{ kN } (= 541 + 405)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 751 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 626 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-17.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-17.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-17.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 6.669 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 12.00 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 9.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 8.55 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 550 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 412 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-17.50	1.02	0.0100	100	9.10	0.091	5.00	463.2
totaal		1.02	0.0095		6.99	0.066	11.00	742.8
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 549.9 = 412.4$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 962 \text{ kN } (= 550 + 412)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 764 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 636 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-18.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-18.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-18.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 6.776 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 10.36 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 10.36 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 9.00 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 559 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 419 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-18.00	1.02	0.0100	100	9.24	0.092	5.50	517.1
totaal		1.02	0.0095		7.15	0.068	11.50	796.7
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 558.7 = 419.0$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 978 \text{ kN } (= 559 + 419)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 776 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 647 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-18.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-18.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-18.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 8.334 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 14.50 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 14.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 9.56 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 687 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 515 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-18.50	1.02	0.0100	100	9.36	0.094	6.00	571.7
totaal		1.02	0.0096		7.29	0.070	12.00	851.3
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 687.2 = 515.4$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1203 \text{ kN } (= 687 + 515)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 954 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 795 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-19.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-19.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-19.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 9.140 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 15.59 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 15.59 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 10.53 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 754 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0824 m ²

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 565 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-19.00	1.02	0.0100	100	9.61	0.096	6.50	635.8
totaal		1.02	0.0096		7.51	0.072	12.50	915.4
$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 753.6 = 565.2$								

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1319 \text{ kN } (= 754 + 565)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 1047 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 872 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-19.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-19.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-19.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 11.886 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 22.59 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 21.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 12.17 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 980 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 735 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-19.50	1.02	0.0100	100	9.96	0.100	7.00	709.9
totaal		1.02	0.0096		7.78	0.075	13.00	989.4

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 980.0 = 735.0$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1715 \text{ kN } (= 980 + 735)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 1361 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.26 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 1134 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-20.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-20.00 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. -6.50 m
 tot: N.A.P.-20.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$$Q_{b,max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((Q_{c,I,gem} + Q_{c,II,gem})/2 + Q_{c,III,gem})$$

$$= 13.356 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$Q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 25.00 MPa
$Q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 22.00 MPa
$Q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 14.66 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 27.0 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstand in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{b,cal,max,i} = A_b * Q_{b,max,i}$$

$$= 1101 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = \text{oppervlak van de paalvoet} = 0.0824 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$$Q_{s,max,z} = \alpha_s * Q_{c,z,a}$$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta 1,gem} * \sum Q_{s,max,z,i} * d_z$$

$$= 826 \text{ kN}$$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	-6.50	--	--	--	--	--	--
1 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-10.50	1.02	0.0100	100	6.87	0.069	4.00	279.6
2 Klei - Schoon - Slap	-12.50	1.02	0.0000	0	1.95	0.000	2.00	0.0
3 Zand - Zwak siltig - Kleiig	-20.00	1.02	0.0100	100	10.30	0.103	7.50	786.2
totaal		1.02	0.0096		8.04	0.078	13.50	1065.8

$R_{s,cal,max;i}$ is begrensd op $0.75 * 1101.2 = 825.9$

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$$R_{c,cal;i} = R_{b,cal,max;i} + R_{s,cal,max;i} \\ = 1927 \text{ kN } (=1101 + 826)$$

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 bedraagt:

$$R_{c;k} = R_{c,cal} / \xi_3 \text{ (n=1)} \\ = 1529 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.26 -$

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 1275 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$
 tabel A.6, A.7 of A.8 $= 1.20 -$

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-6.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P. -6.00 m
 - paalkopniveau : N.A.P. 0.00 m
 - traject negatieve kleeftot : N.A.P. -6.50 m
 - $P_{sur;k}$: -0.00 kN/m²

Berekening negatieve kleeft

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0$$

$$= -50.3 \text{ kN}$$

waarin :

$O_{s;gem}$ = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
 d_j = de dikte van de grondlaag i
 $K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale
 gronddrukfactor in laag i
 $\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
 $\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve
 verticale spanning onder in laag j

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	0.00	--	--	-0.00
1 Zand - Schoon - Vast	-1.00	1.00	1.02	0.25	20.00
2 Klei - Schoon - Slap	-6.00	5.00	1.02	0.25	55.00

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -50.3 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleeft
 (art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-6.50

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P. -6.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeft	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: -0.00 kN/m ²

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Nr	Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} \cdot \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	0.00	--	--	--	-0.00
1	Zand - Schoon - Vast	-1.00	1.00	1.02	0.25	20.00
2	Klei - Schoon - Slap	-6.50	5.50	1.02	0.25	58.50

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1.0	-

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-7.00

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P. -7.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft	
	(art. 7.3.2.2 (b))	1.0

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-7.50

$\gamma_{f;nk}$	= belastingsfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-8.00

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P. -8.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-8.50

$\gamma_{f;nk}$	= belastingsfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-9.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P. -9.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-9.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P. -9.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$$\delta_{i:k} = \text{de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek}$$

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-10.00

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-10.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1.0	-

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-10.50

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-10.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft	
	(art. 7.3.2.2 (b))	1.0

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-11.00

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-11.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft	
	(art. 7.3.2.2 (b))	1.0

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-11.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-11.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-12.00

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-12.50

$\gamma_{f;nk}$	= belastingsfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-13.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-13.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeft	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-13.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-13.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-14.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-14.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeft	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-14.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-14.50 m
 - paalkopniveau : N.A.P. 0.00 m
 - traject negatieve kleeftot : N.A.P. -6.50 m
 - $P_{sur;k}$: 0.00 kN/m²

Berekening negatieve kleeft

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} \sum d_j \cdot K_{0;j;k} \cdot \tan \delta_{j;k} \cdot (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0$$

$$= -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

$O_{s;gem}$ = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
 d_j = de dikte van de grondlaag i
 $K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale
 gronddrukfactor in laag i
 $\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
 $\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve
 verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} \cdot \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleeft
 (art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 - in dit geval :

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-15.00

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-15.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

O_s ; gem	= omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j	= de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de neutrale grondddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$	= de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$	= de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-15.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-15.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-16.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-16.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeft	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-16.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-16.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-17.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-17.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-17.50

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1.0	-

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-18.00

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-18.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-18.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- p _{sur;k}	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-19.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-19.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleeftbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$$\begin{aligned} F_{nk;k} &= O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ &= -57.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

waarin :

O_s ; gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht

d_j = de dikte van de grondlaag i

$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i

$\delta_{j:k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek

$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleeftbelasting van een
alleenstaande paal bedraagt :

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -57.5 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$ = belastingsfactor voor de negatieve kleeft
(art. 7.3.2.2 (b)) 1

1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-19.50

- gehanteerde sondering	: Sondering 1
- gehanteerde paal	: Paal Ø 324
- paalpuntniveau	: N.A.P.-19.50 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleef	: N.A.P. 0.00 m
	tot : N.A.P. -6.50 m
- $p_{sur;k}$	: 0.00 kN/m ²

1.0 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Geval 1; Sondering 1; N.A.P.-20.00

$\gamma_{f;nk}$	= belastingsfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1

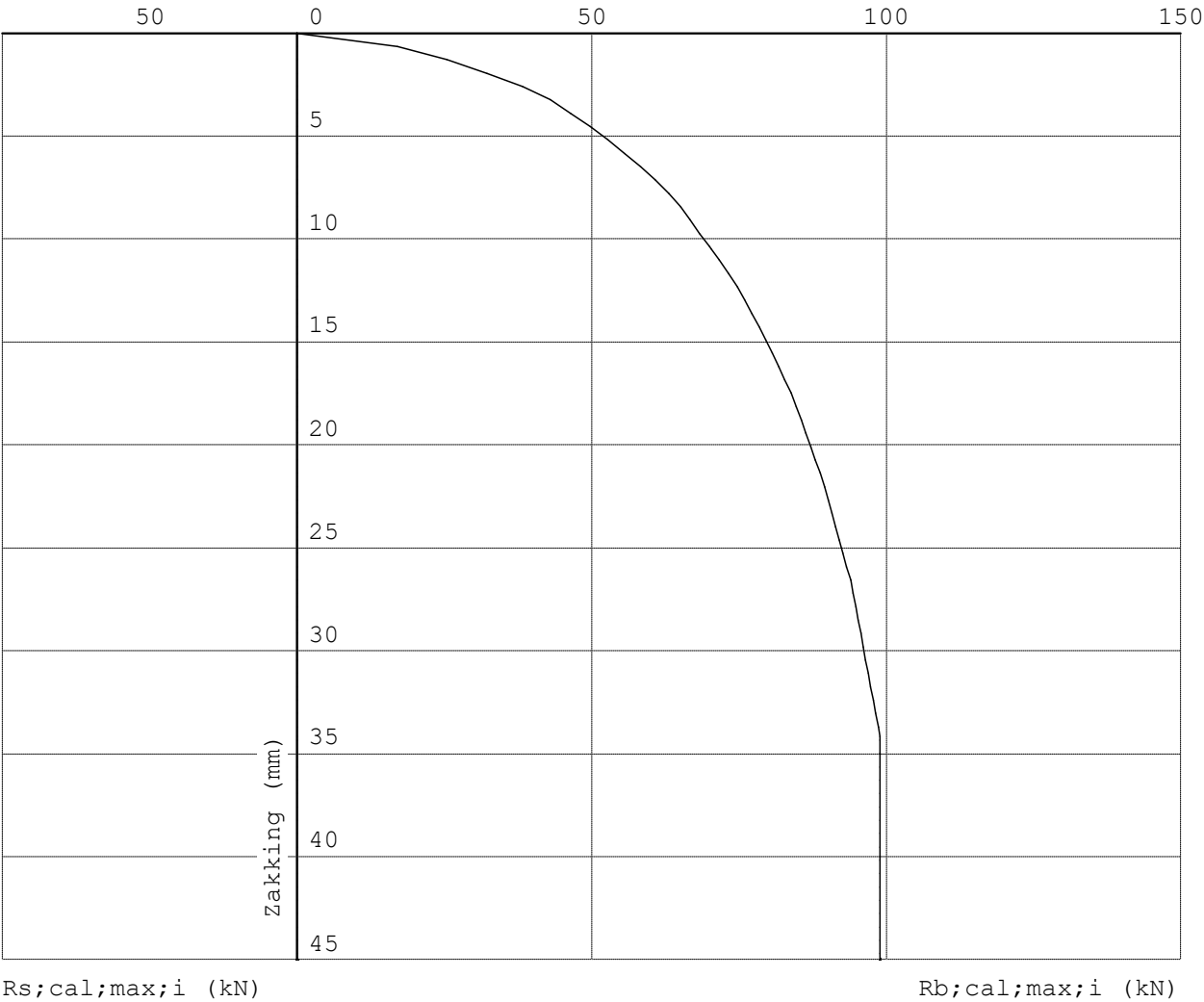
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-6.00 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

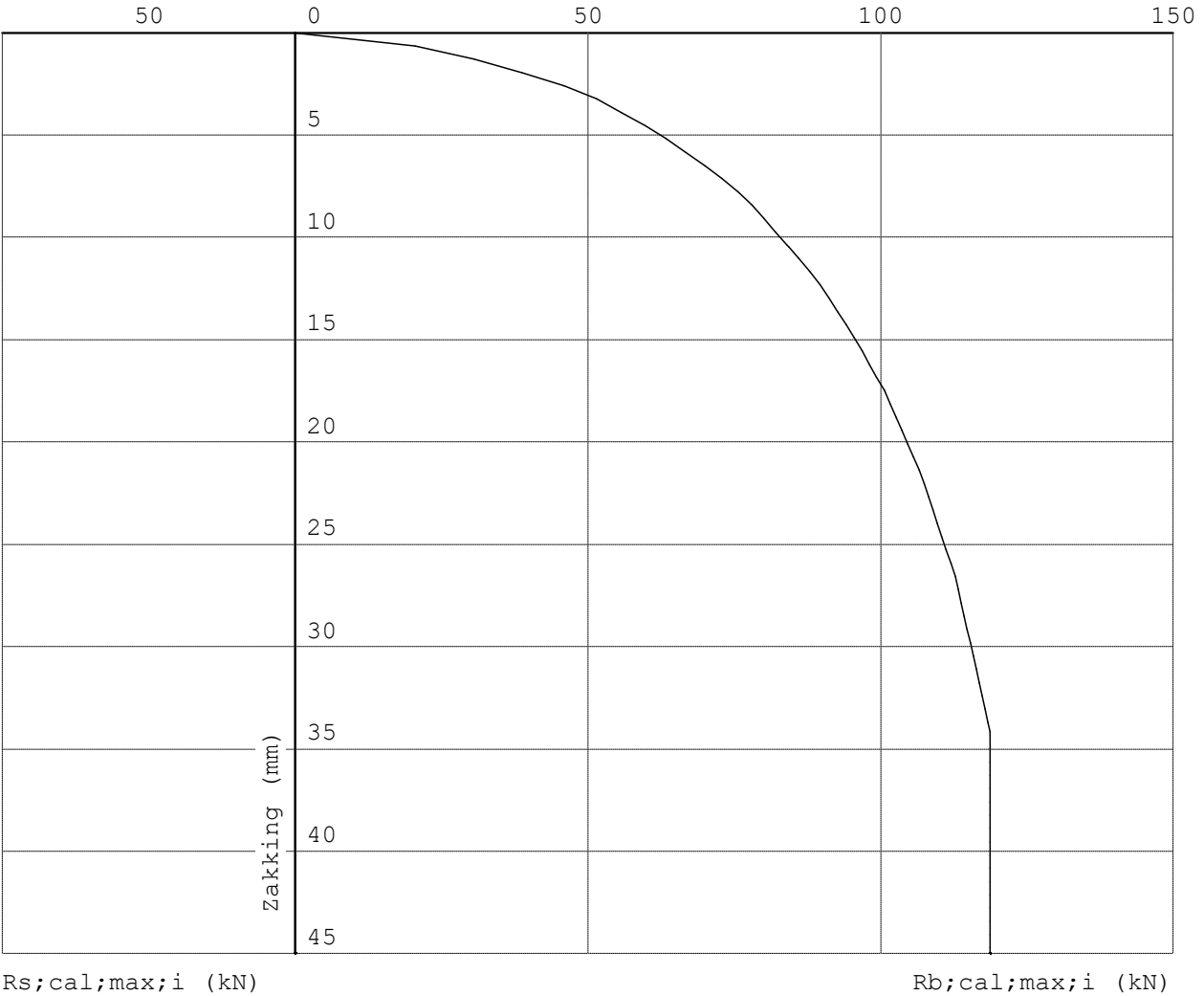
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



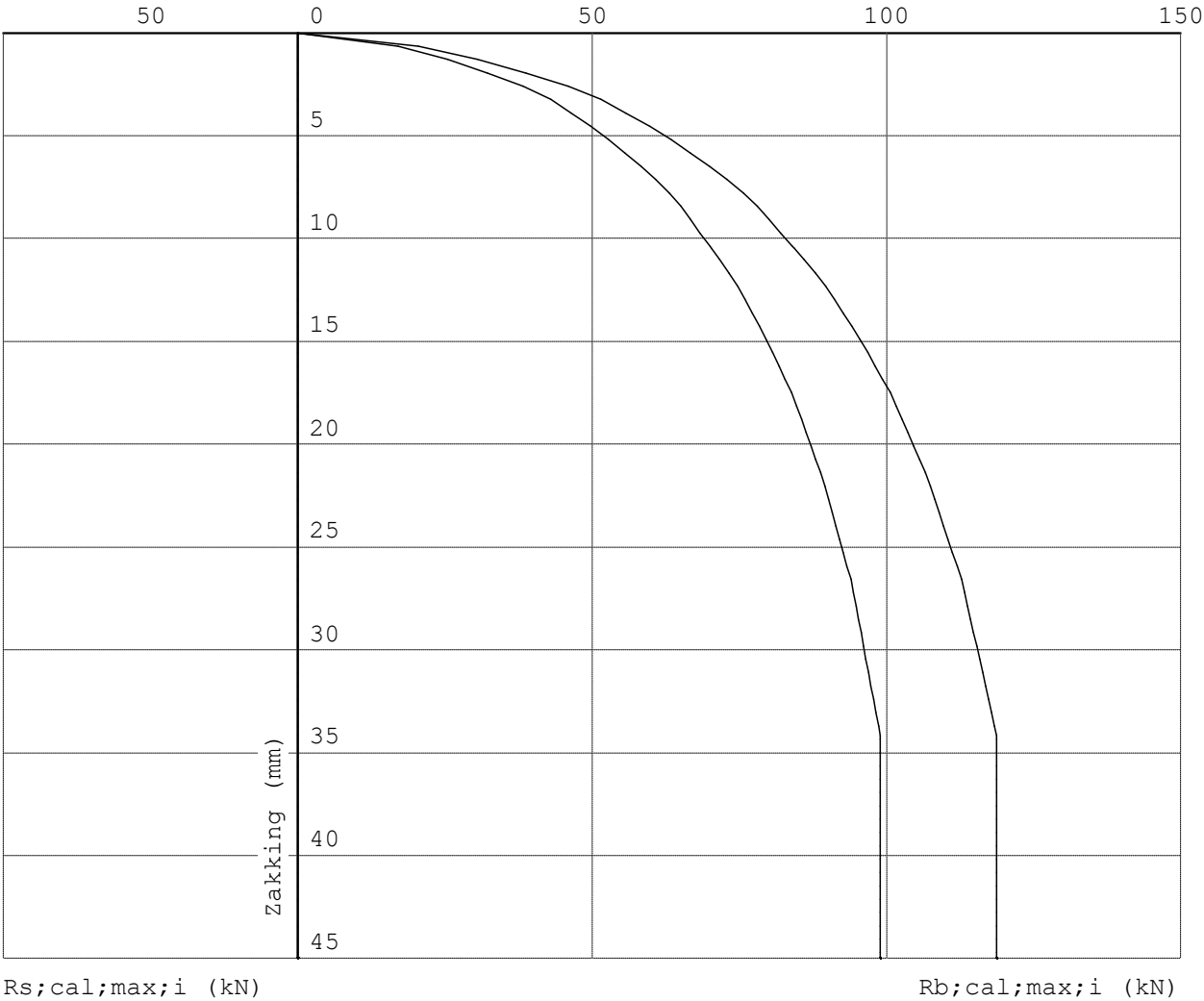
Rs;cal;max;i (kN)

Rb;cal;max;i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



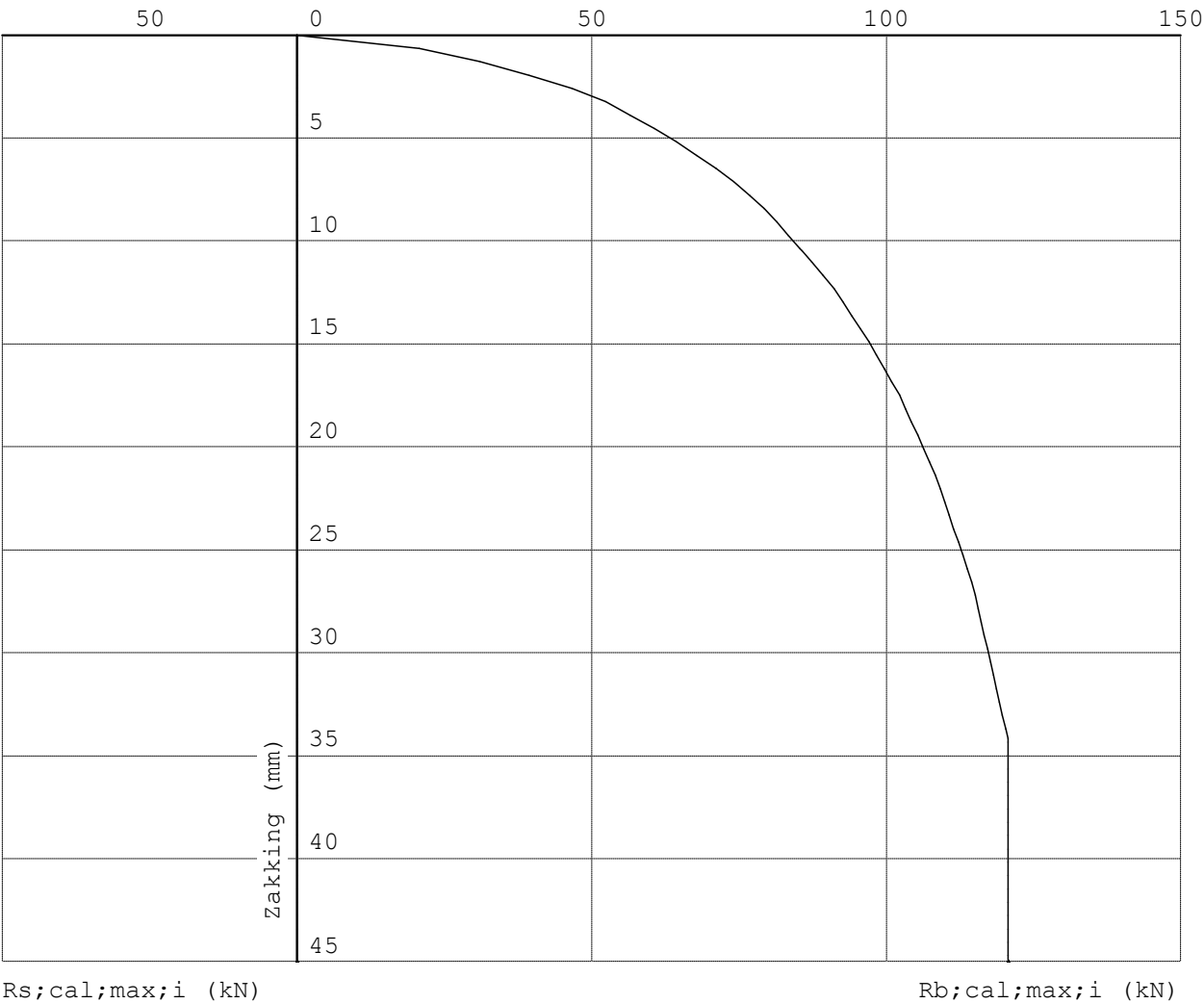
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-6.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

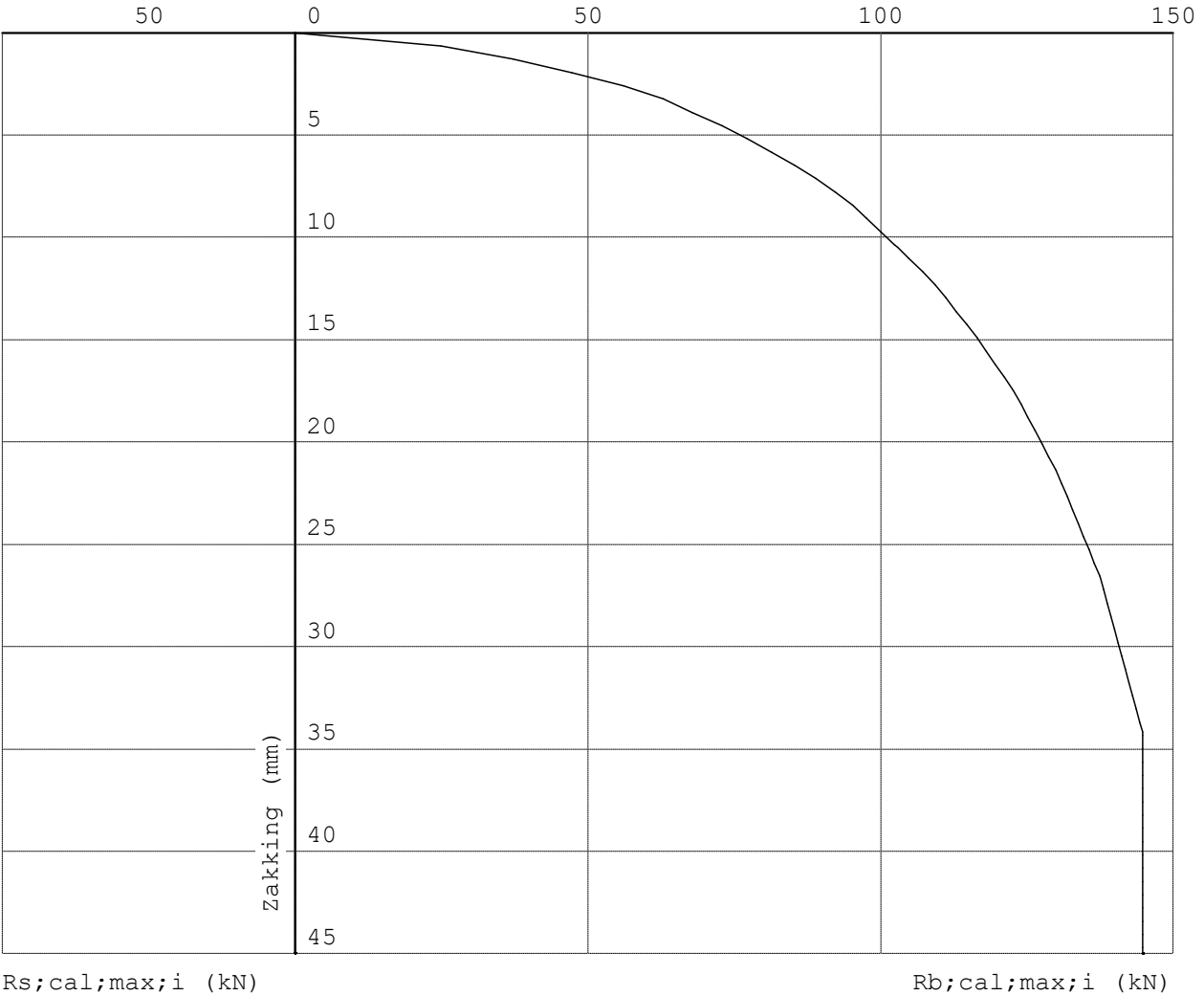
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

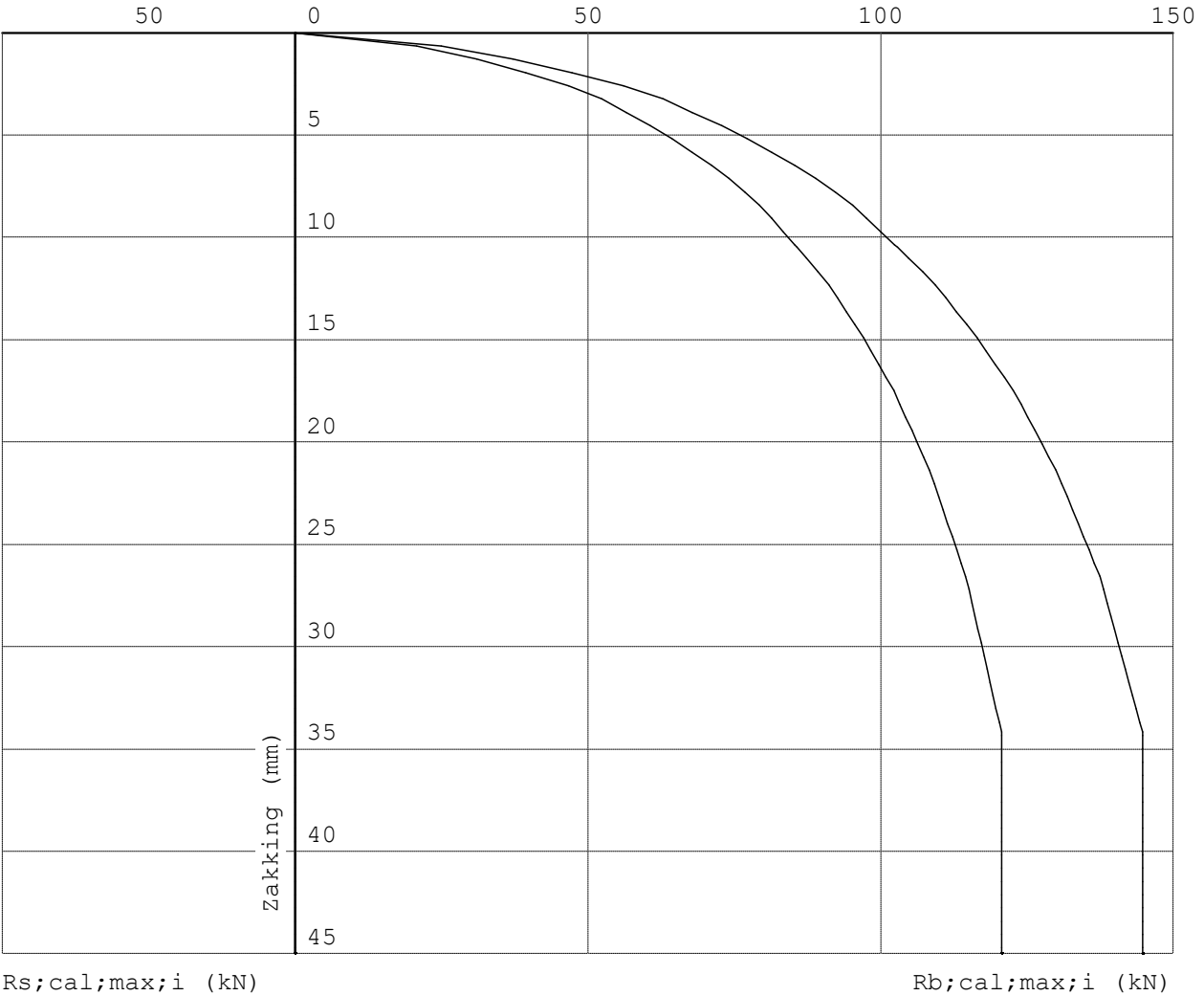
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



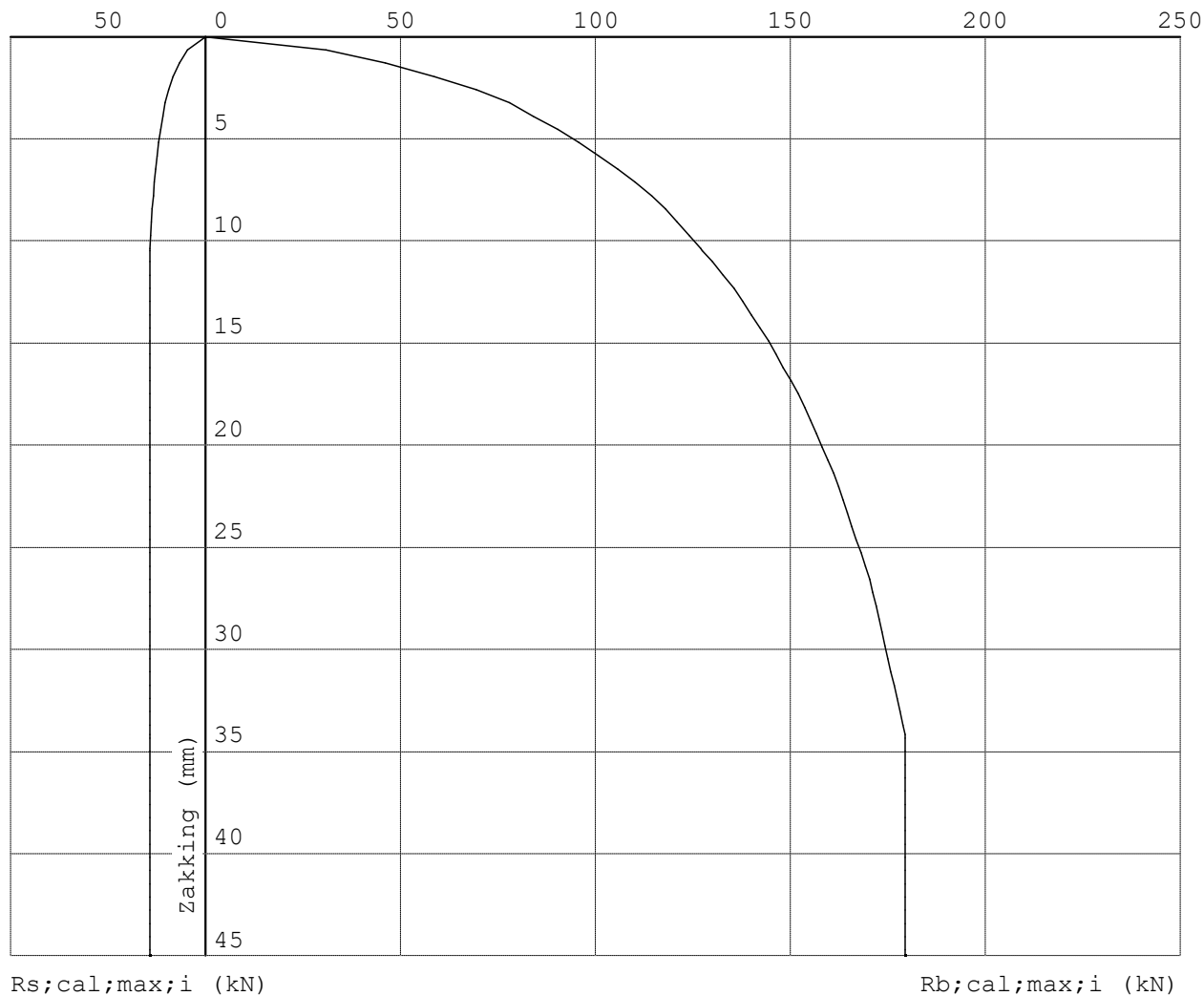
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-7.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

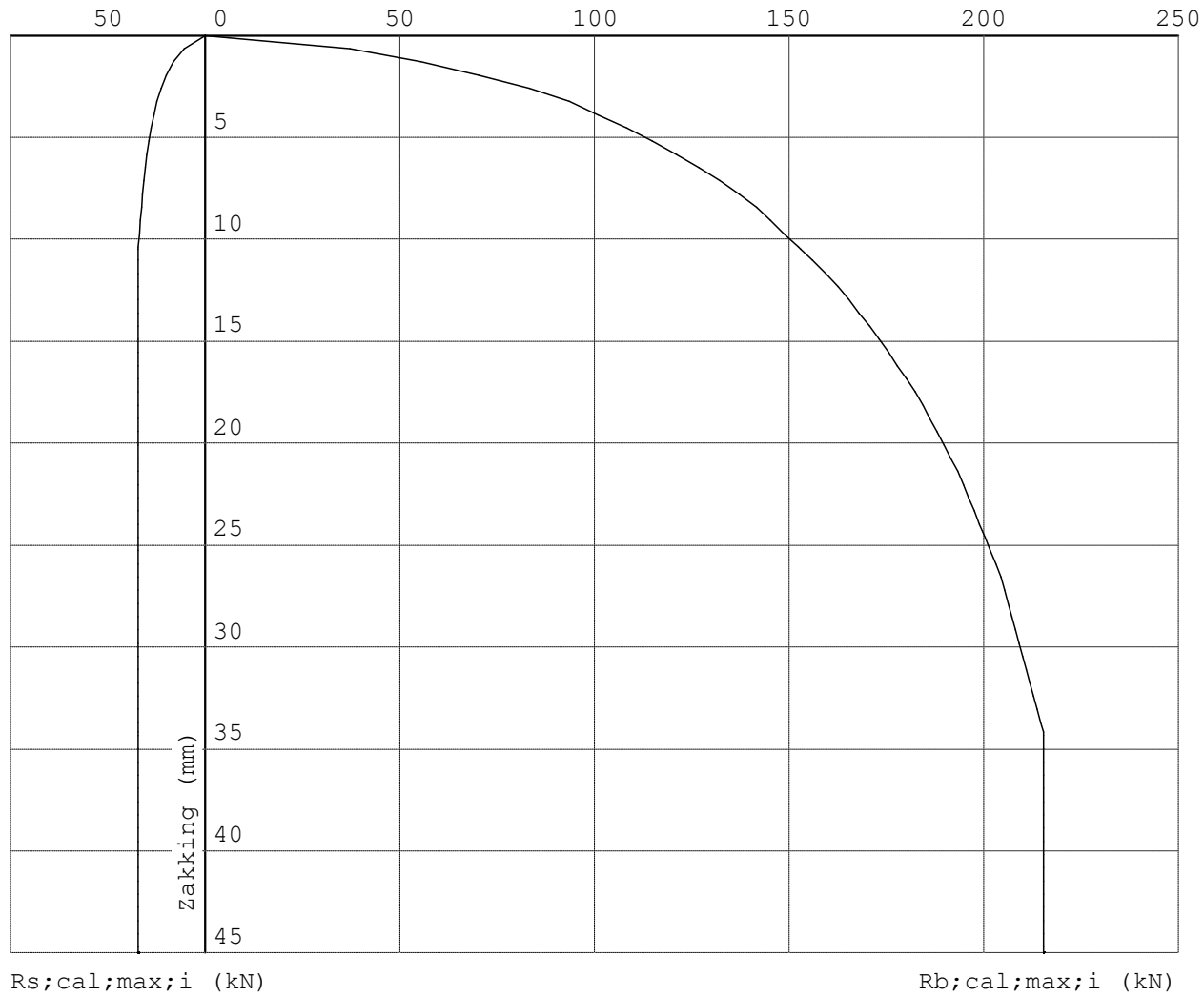
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

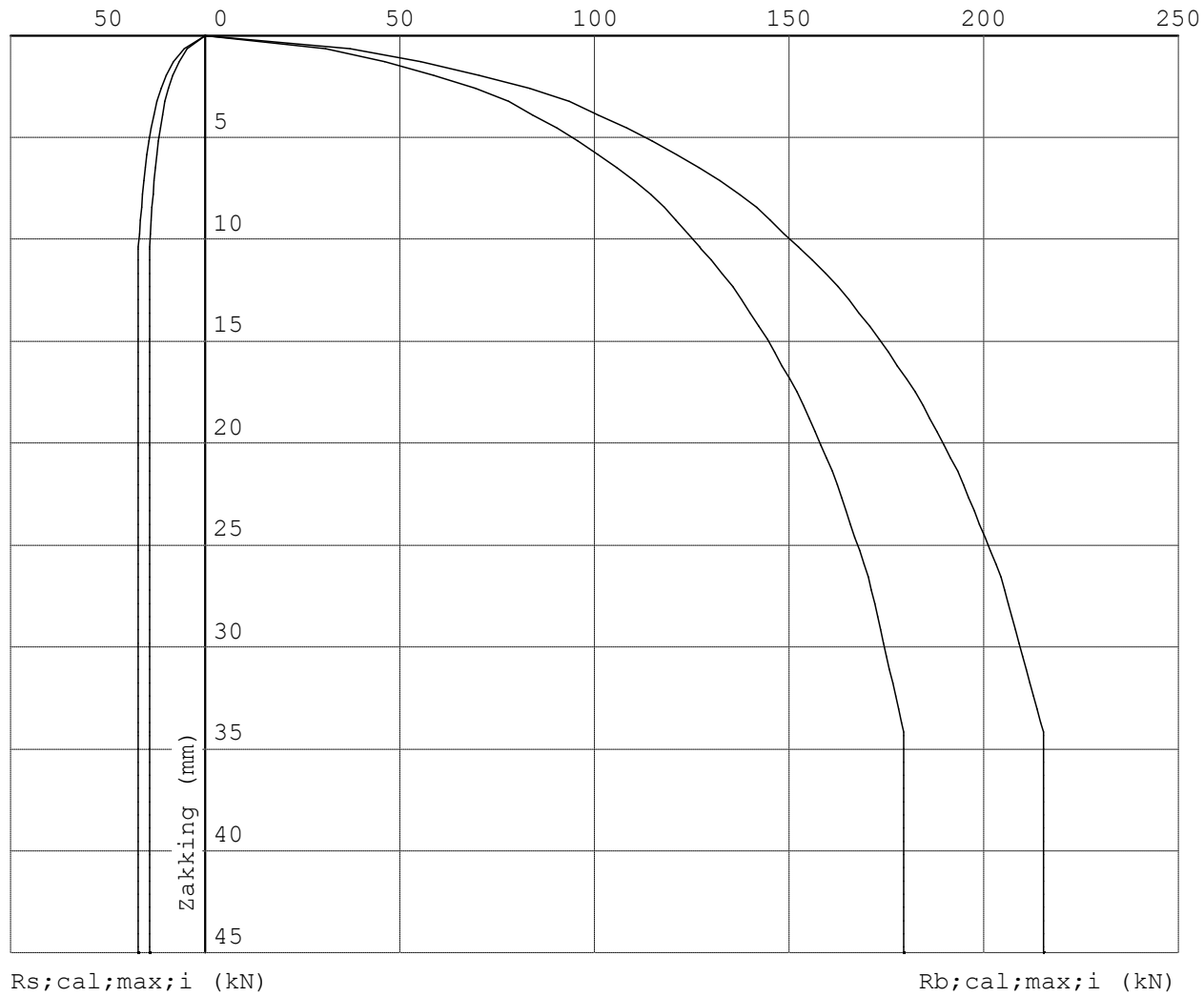
Last-zakingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakingsdiagram grenstoestand 1B en 2



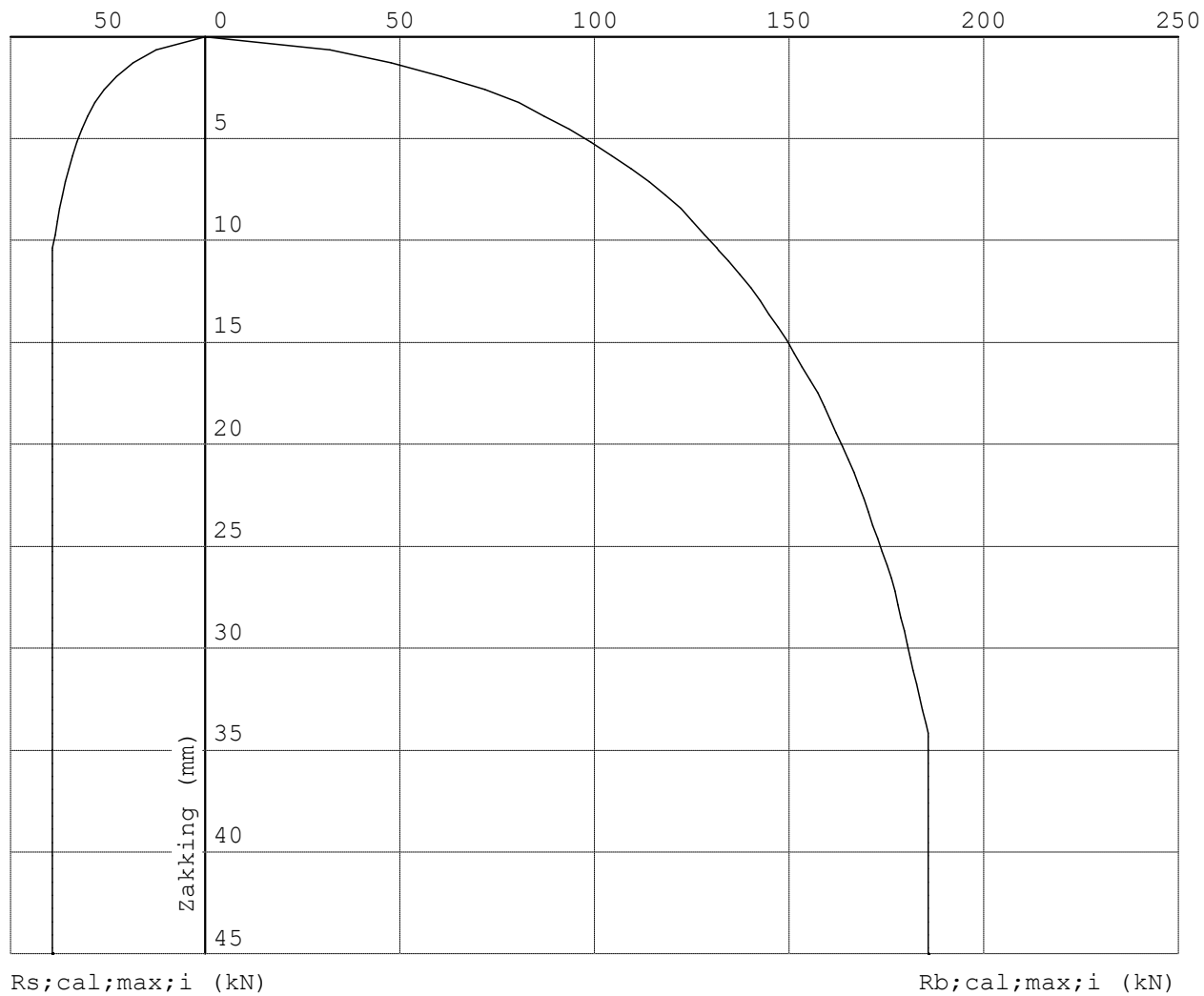
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-7.50 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

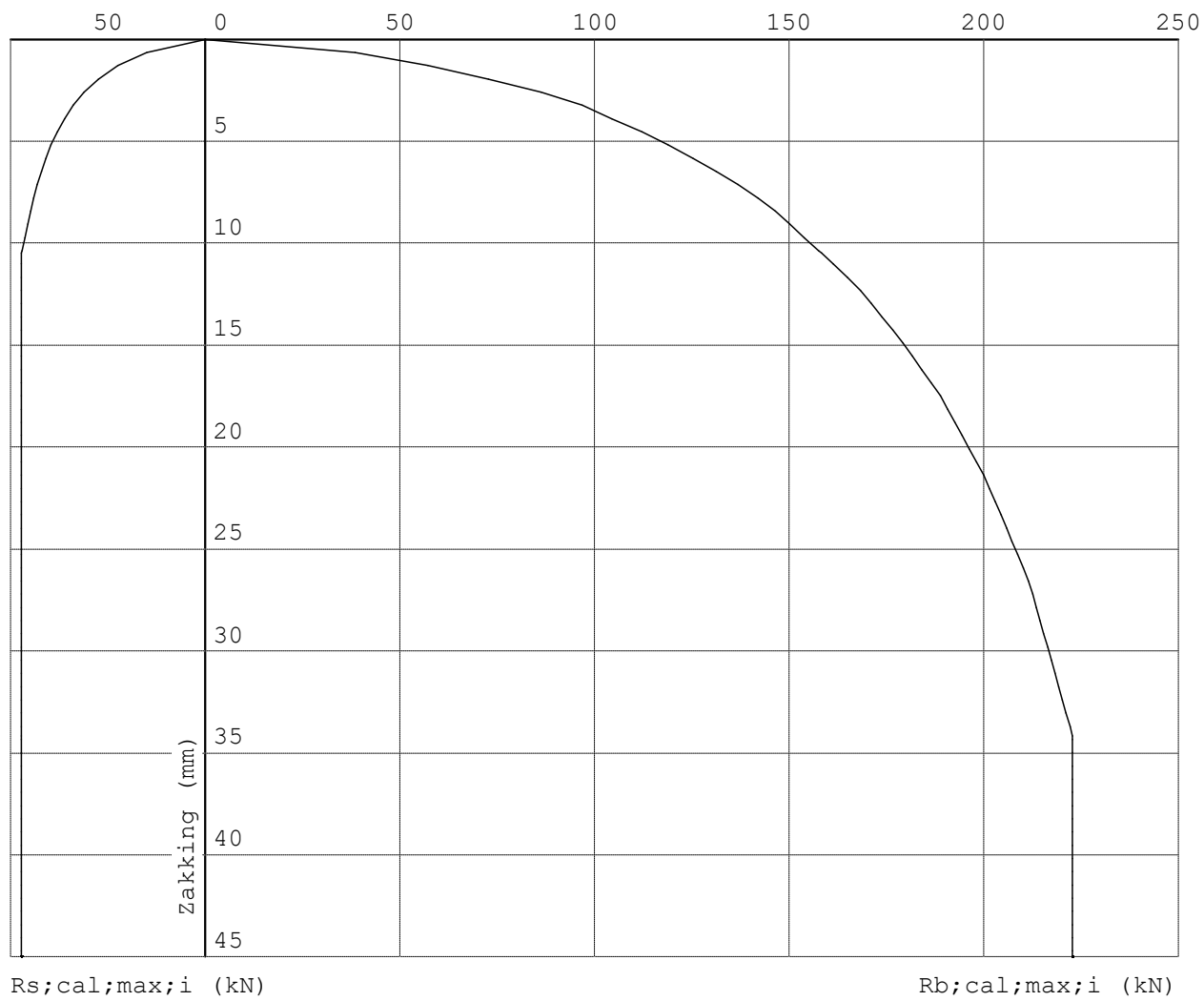
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

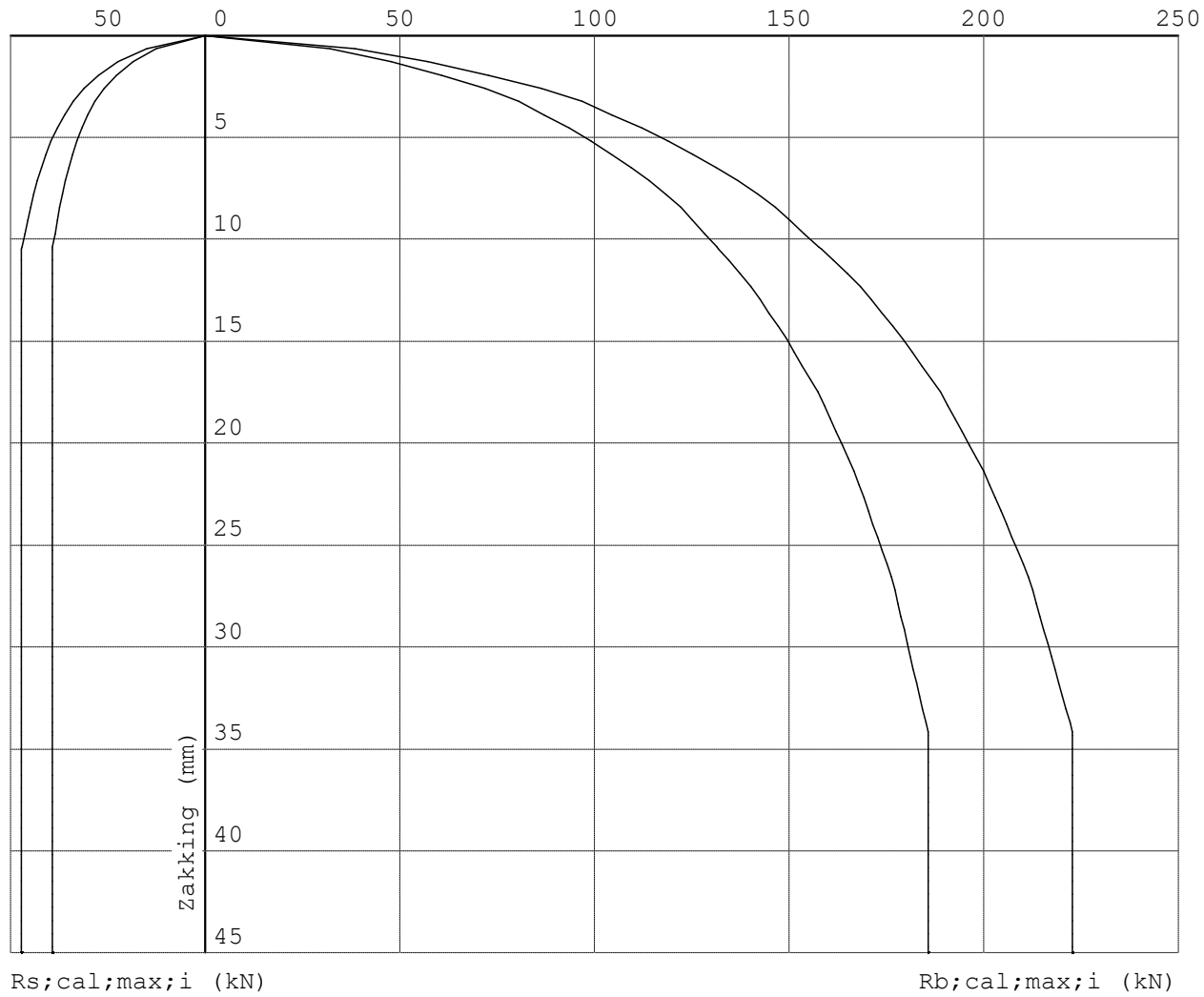
Last-zakingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakingsdiagram grenstoestand 1B en 2



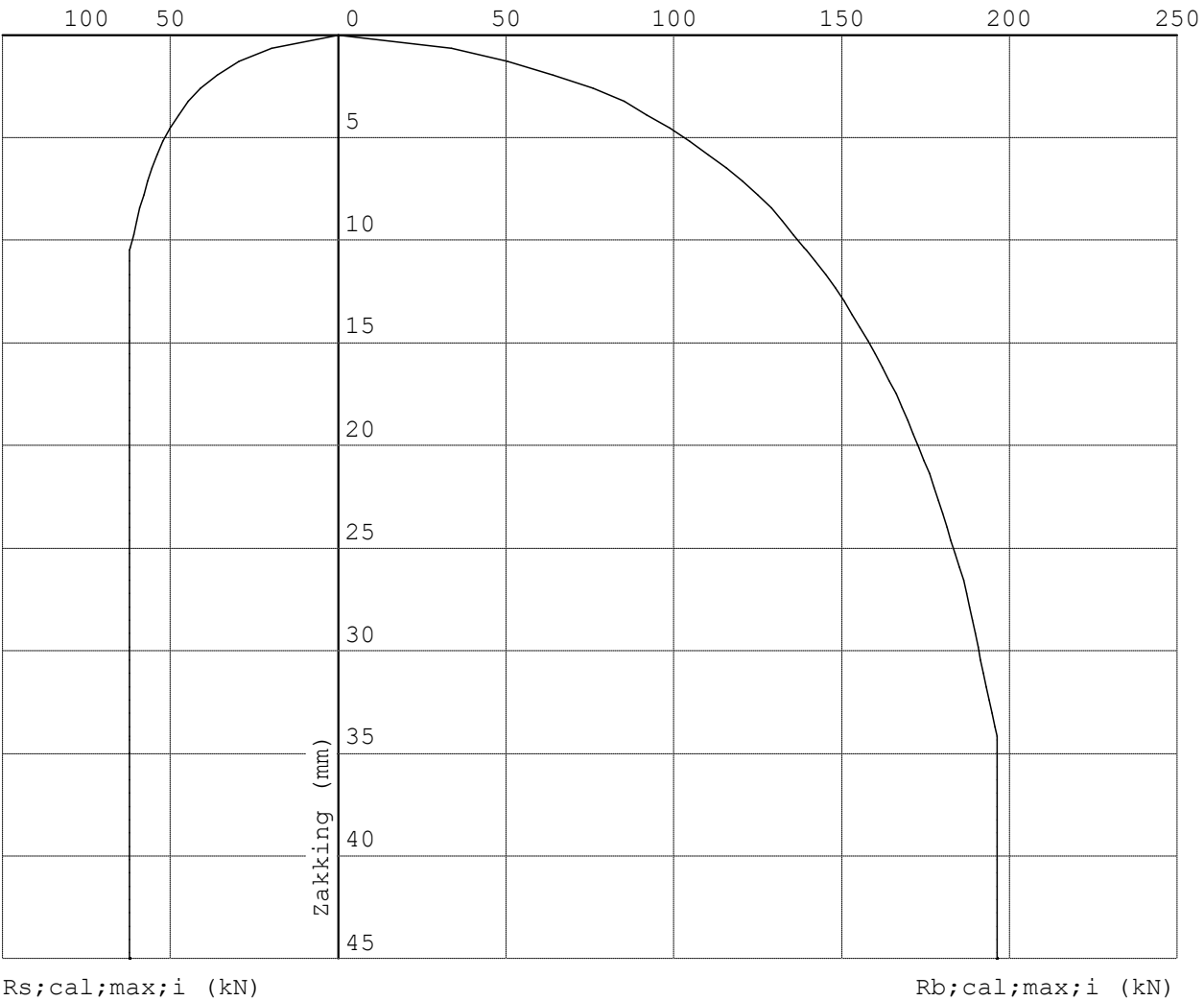
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

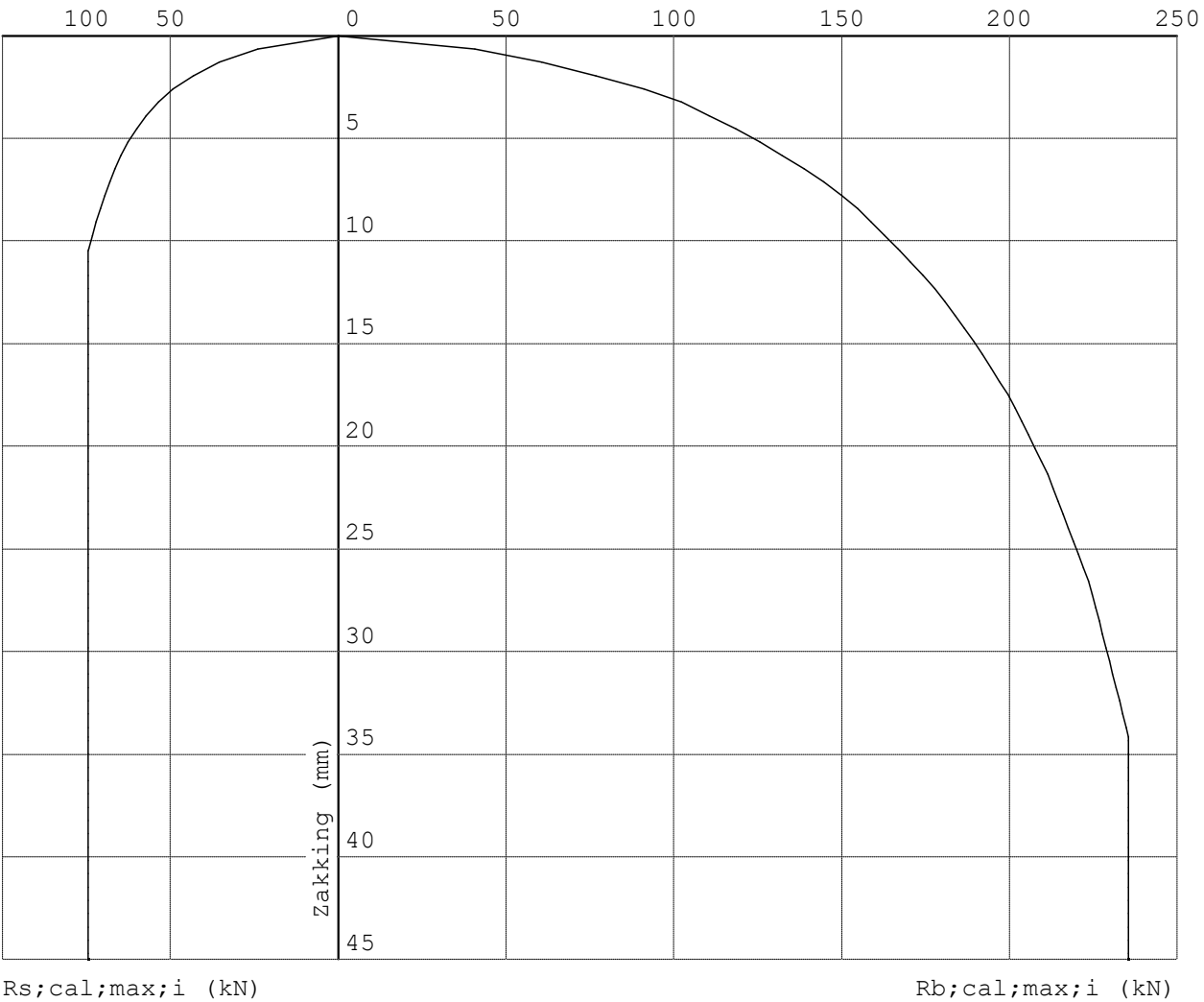
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-8.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



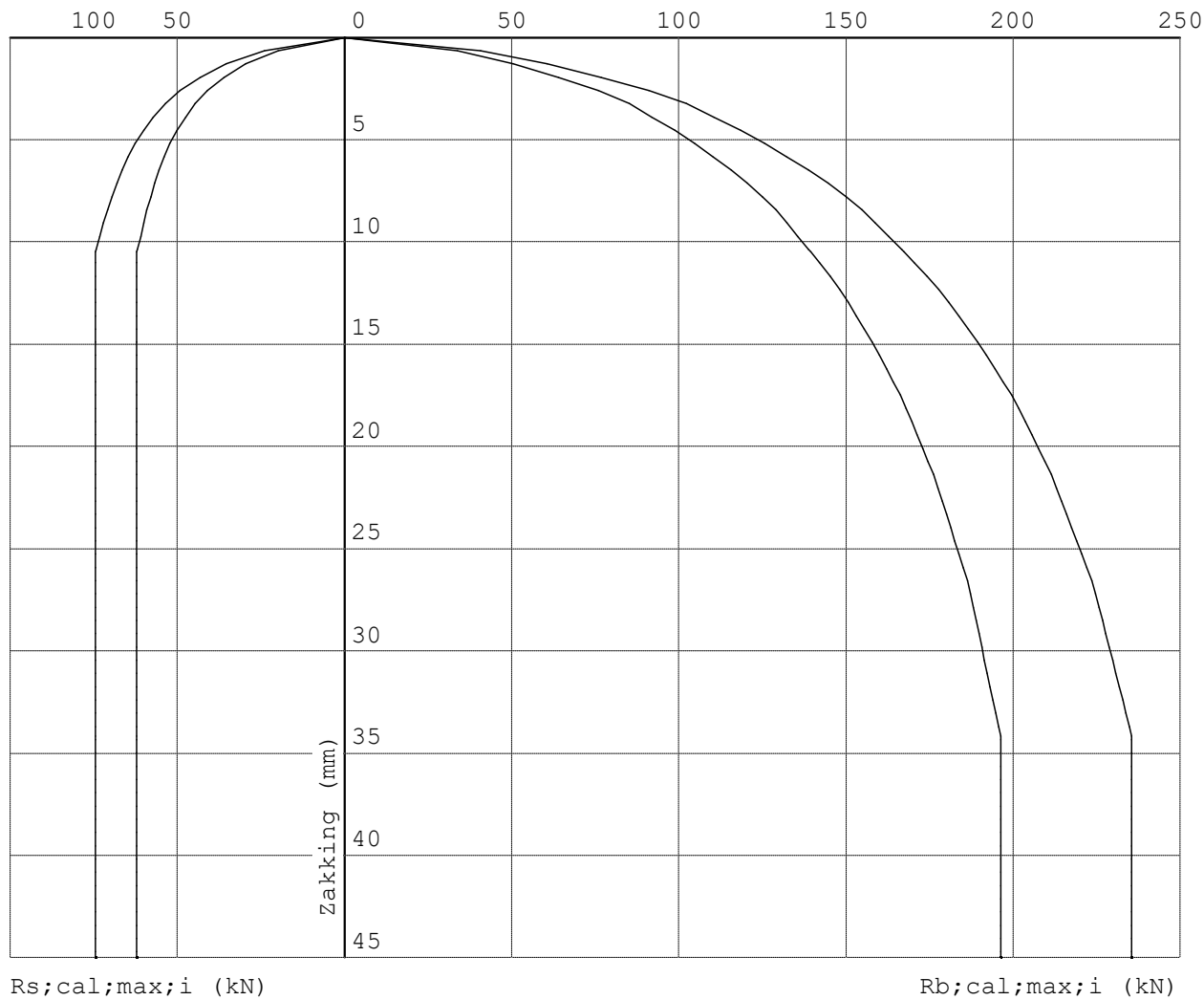
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



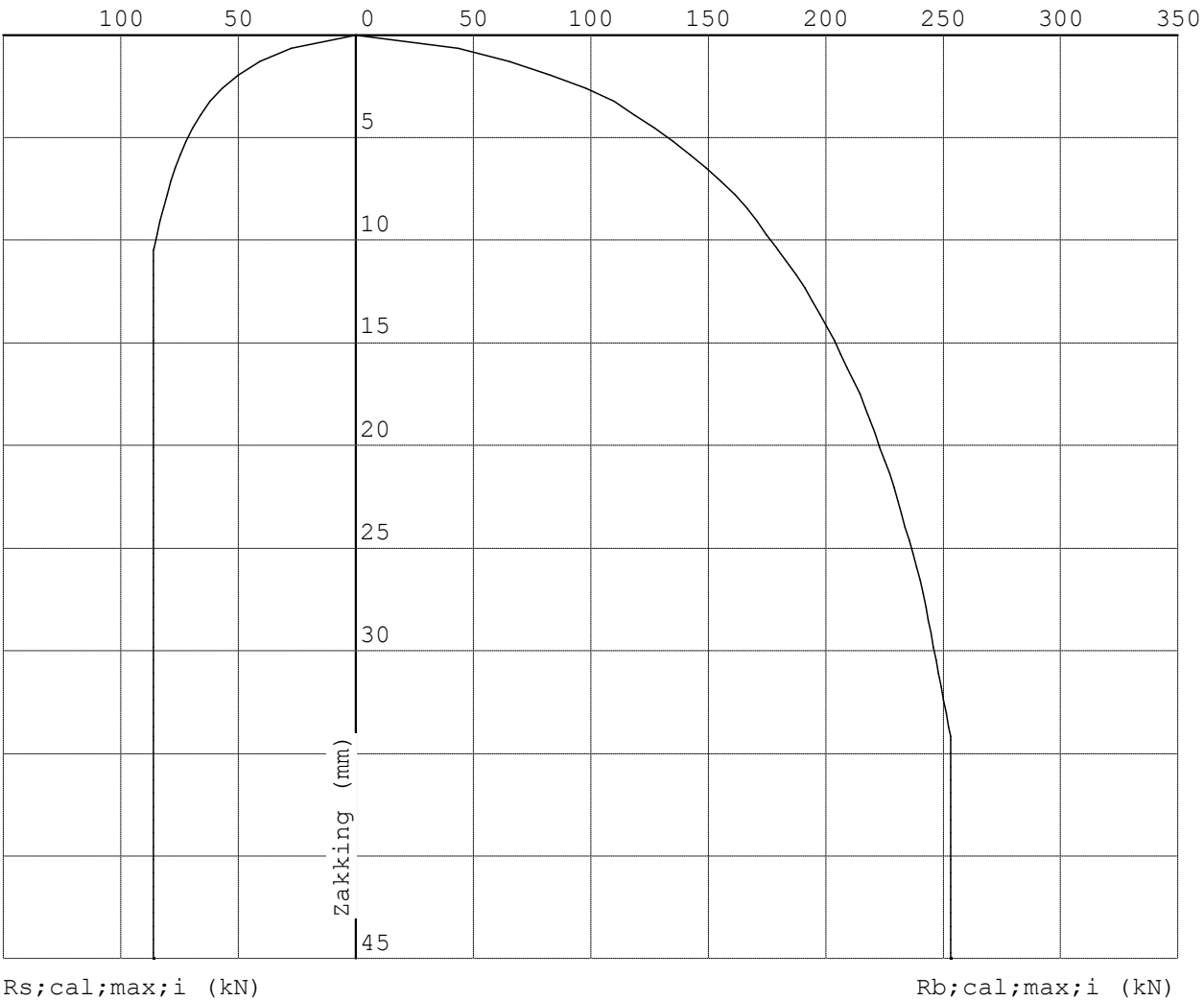
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

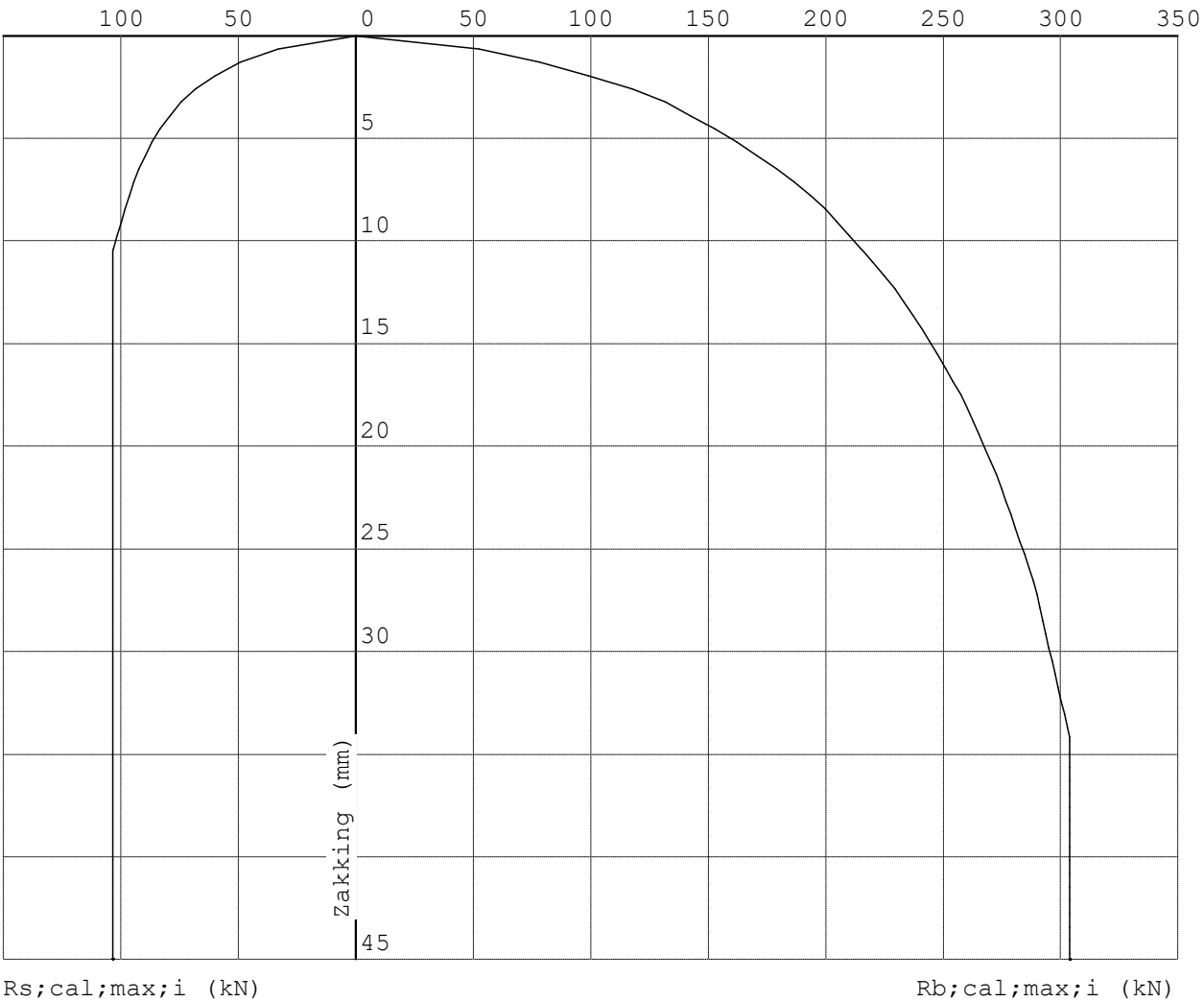
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-8.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

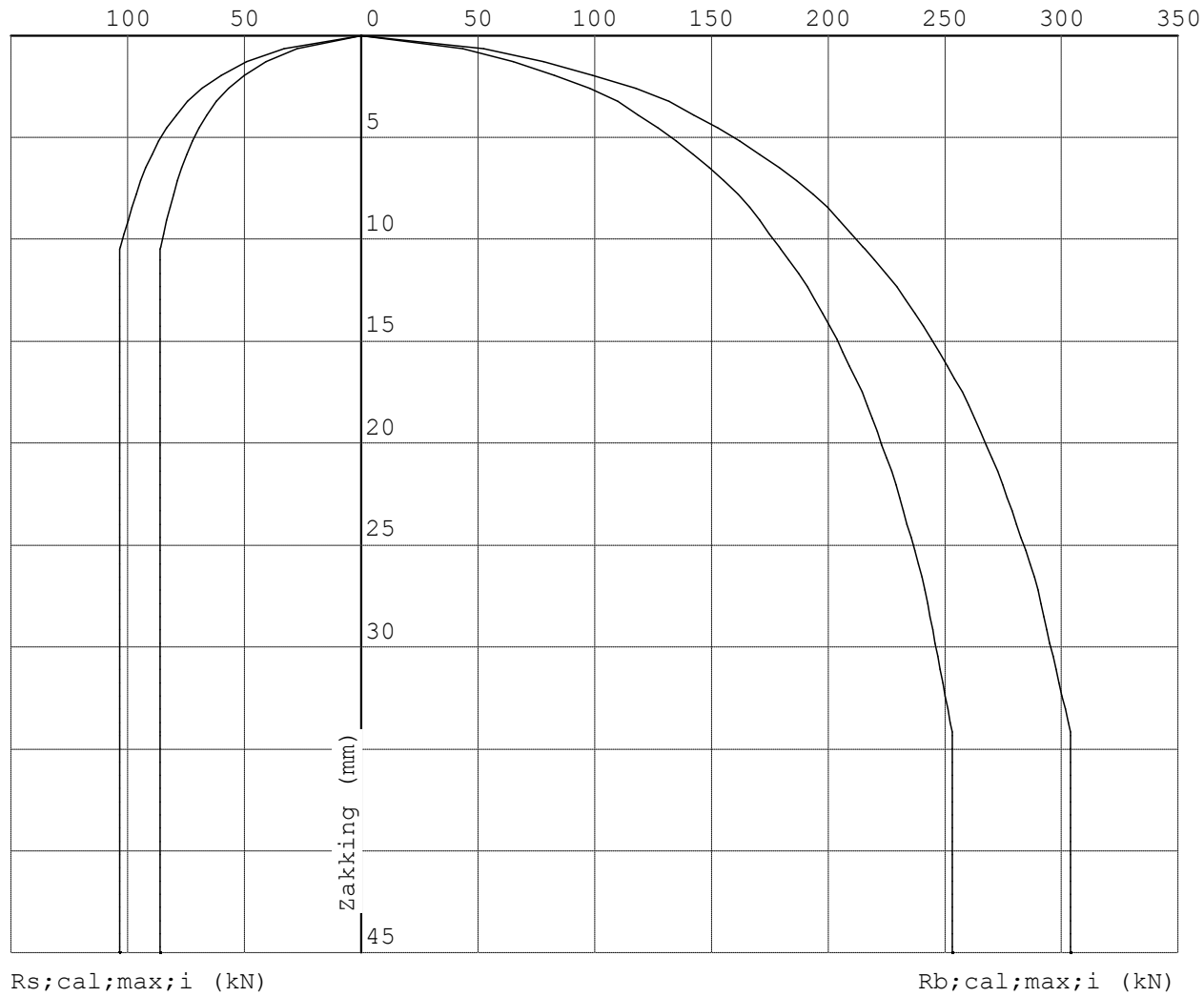
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



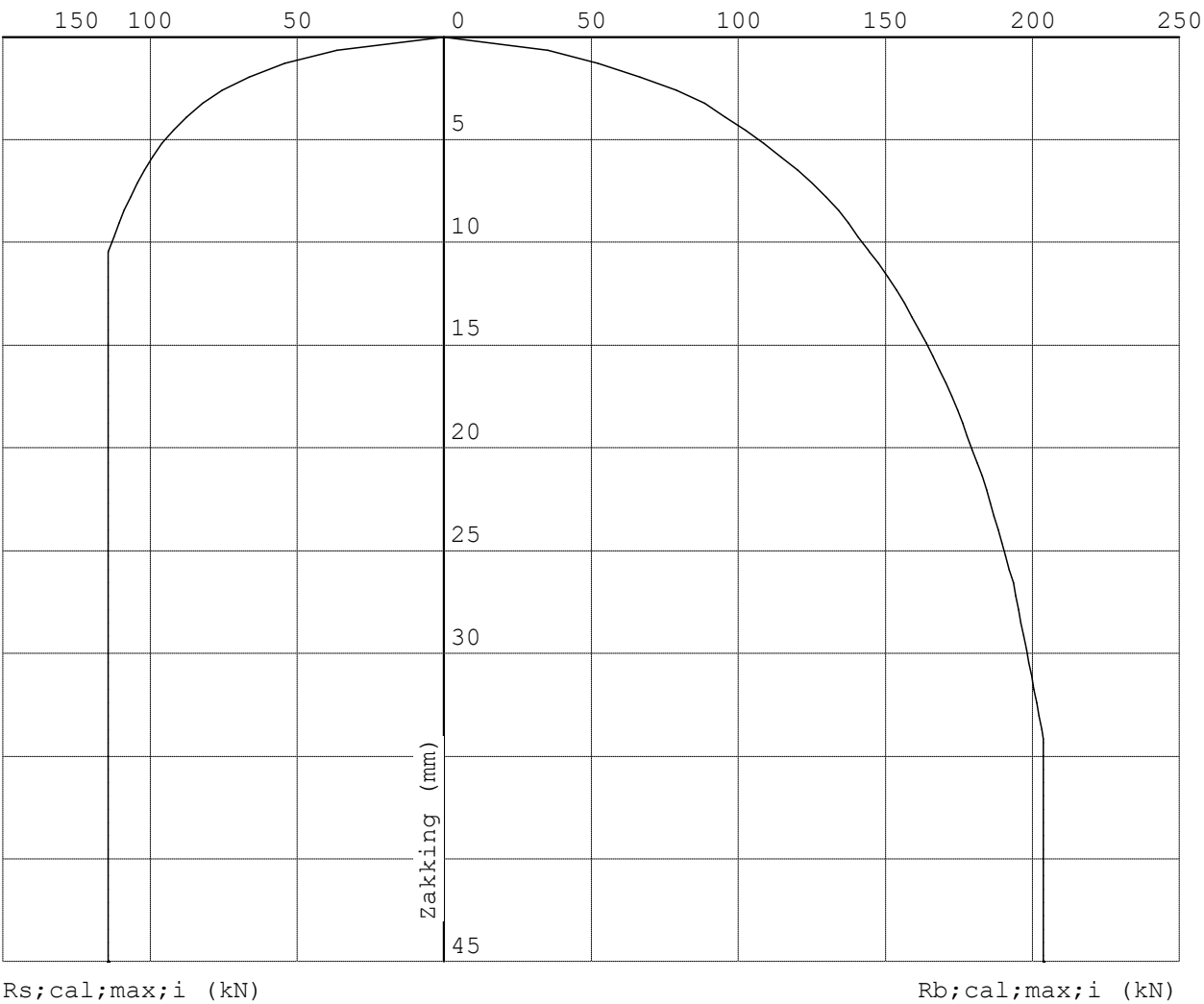
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

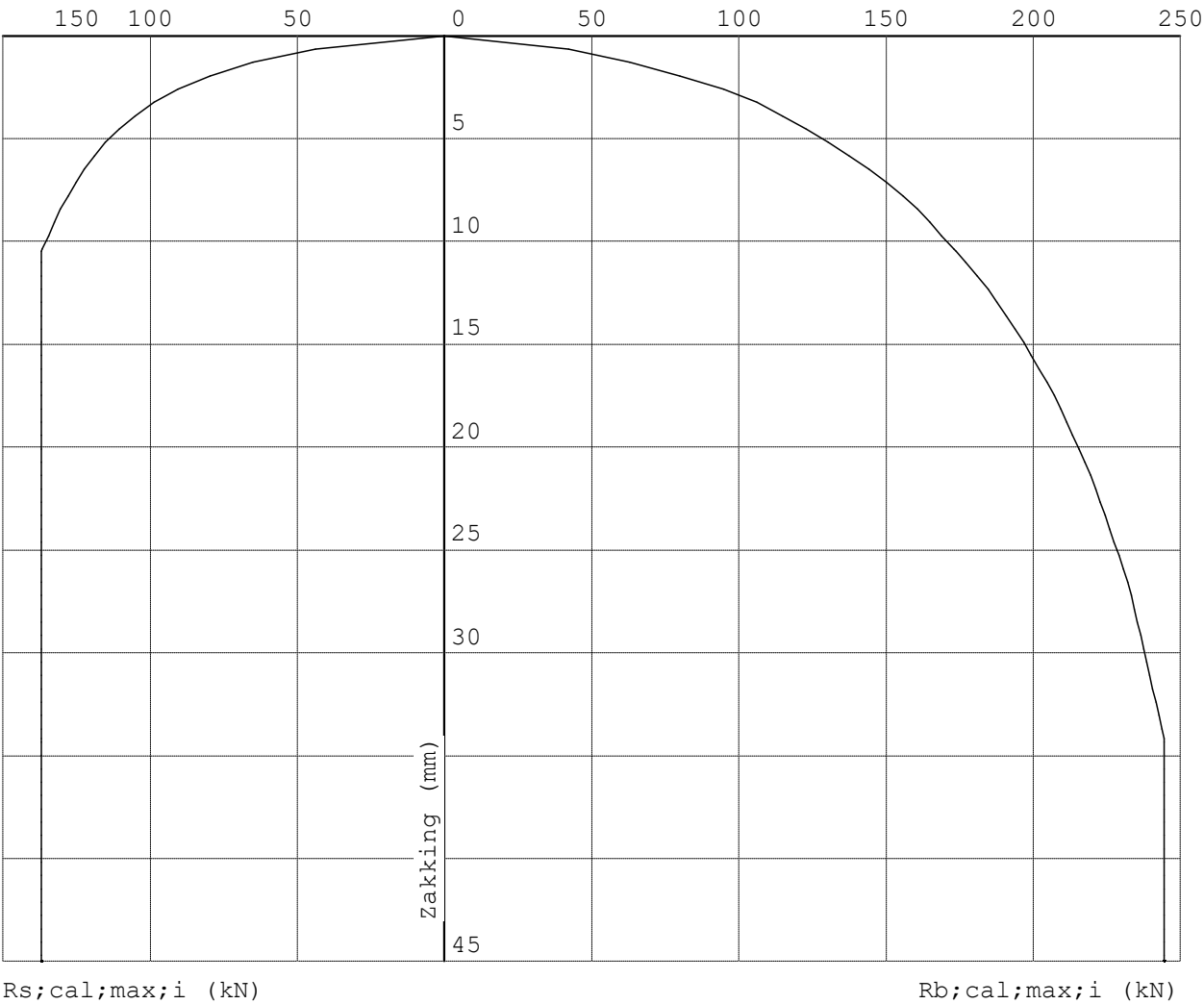
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-9.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

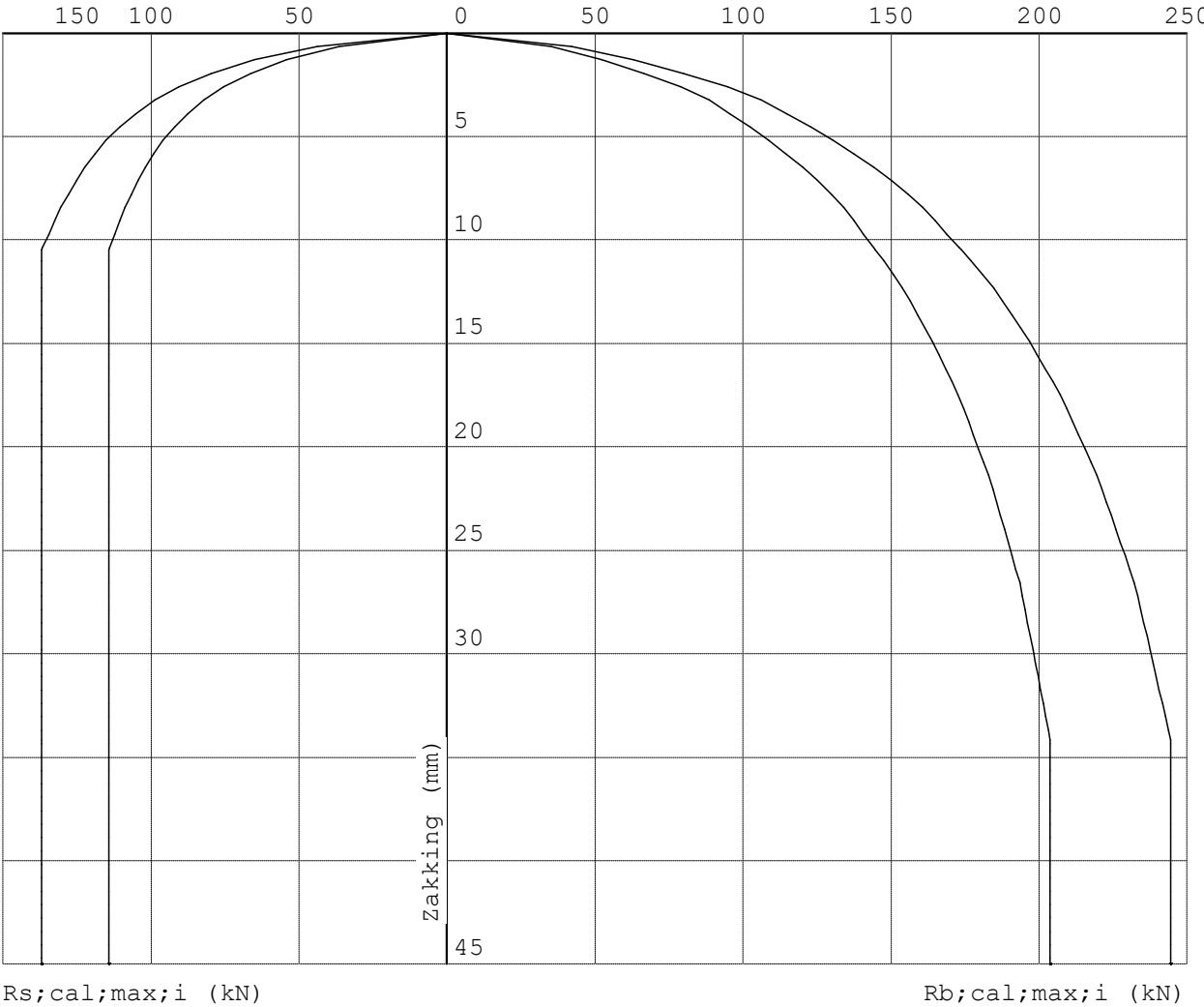
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



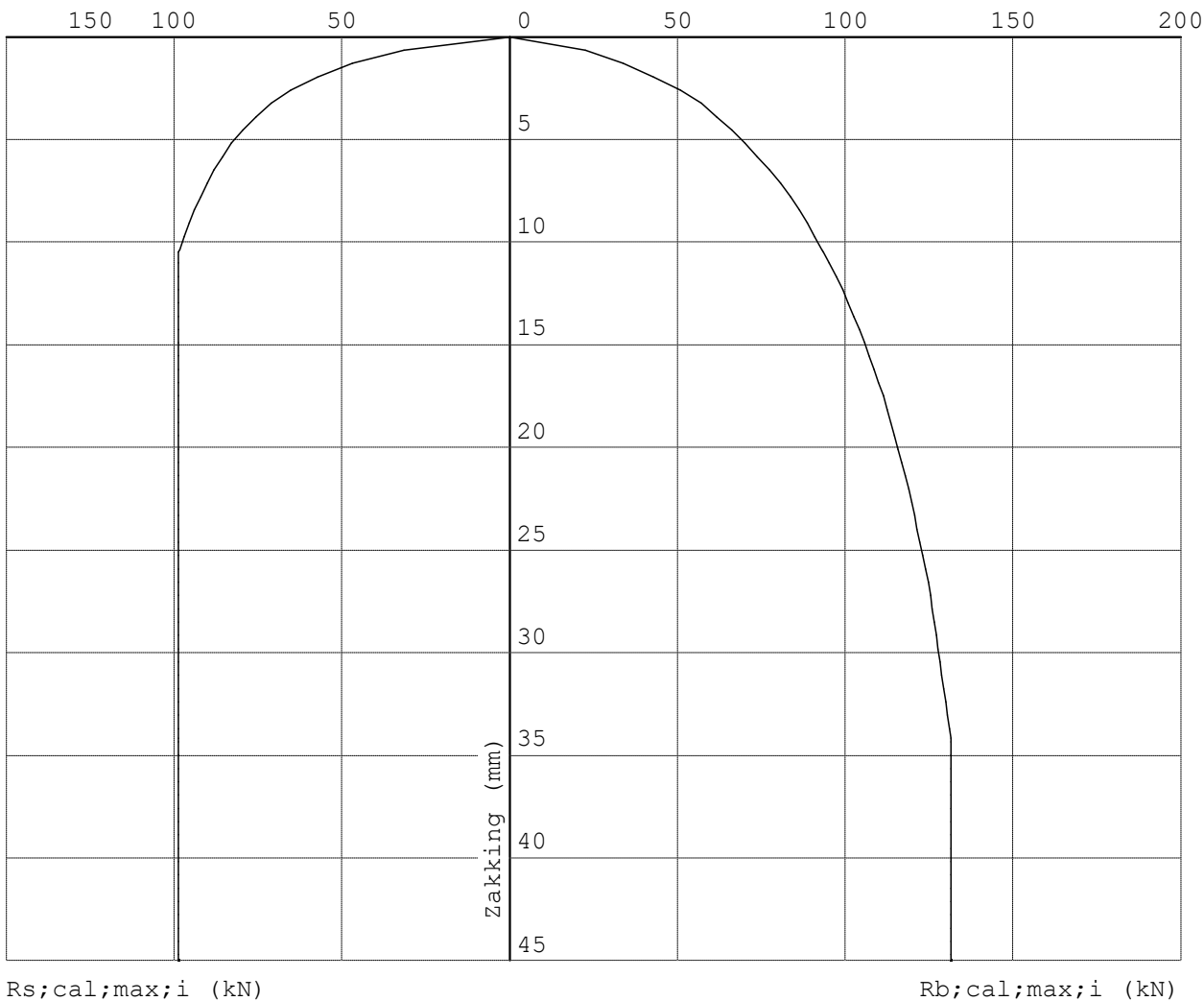
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-9.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

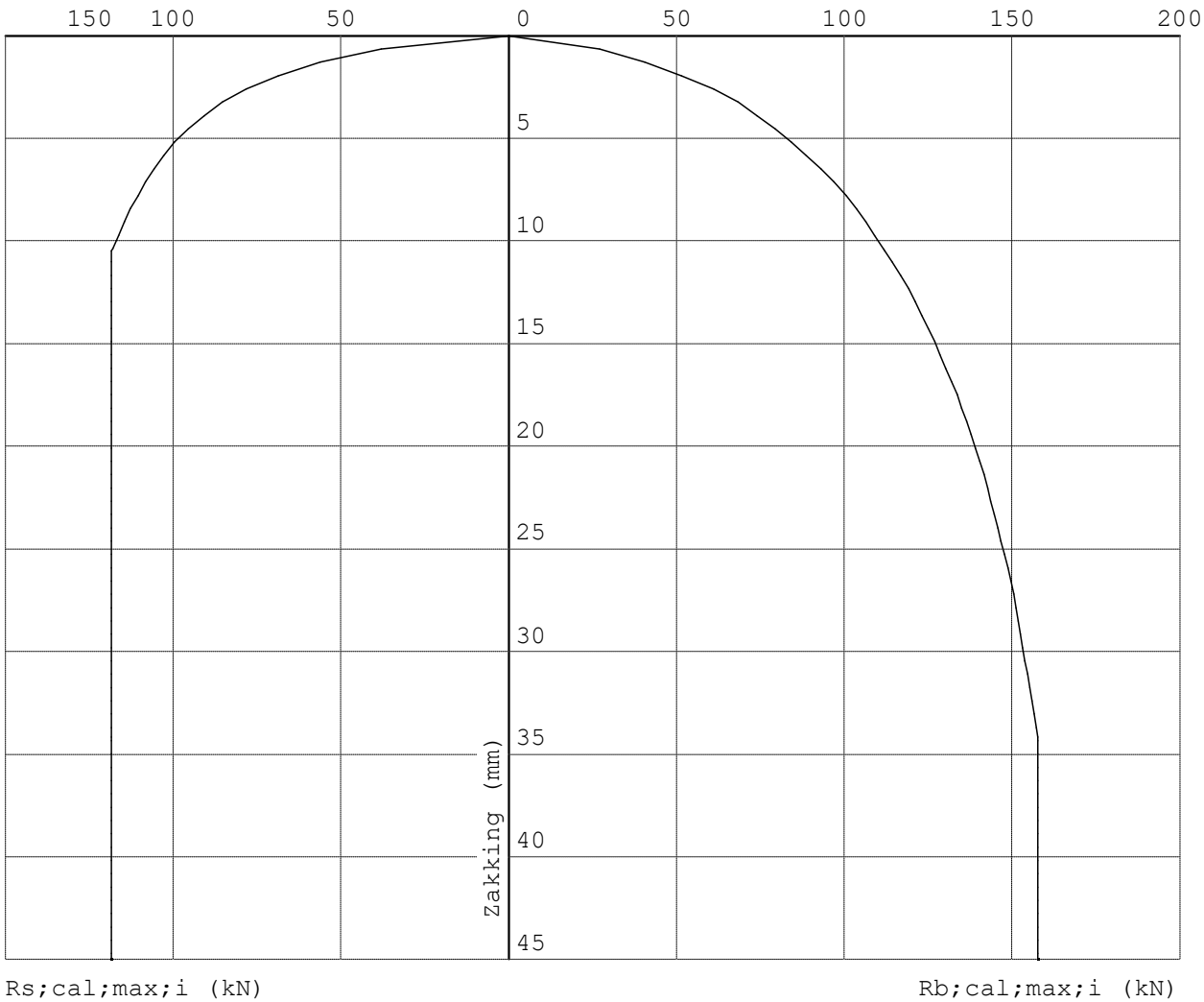
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

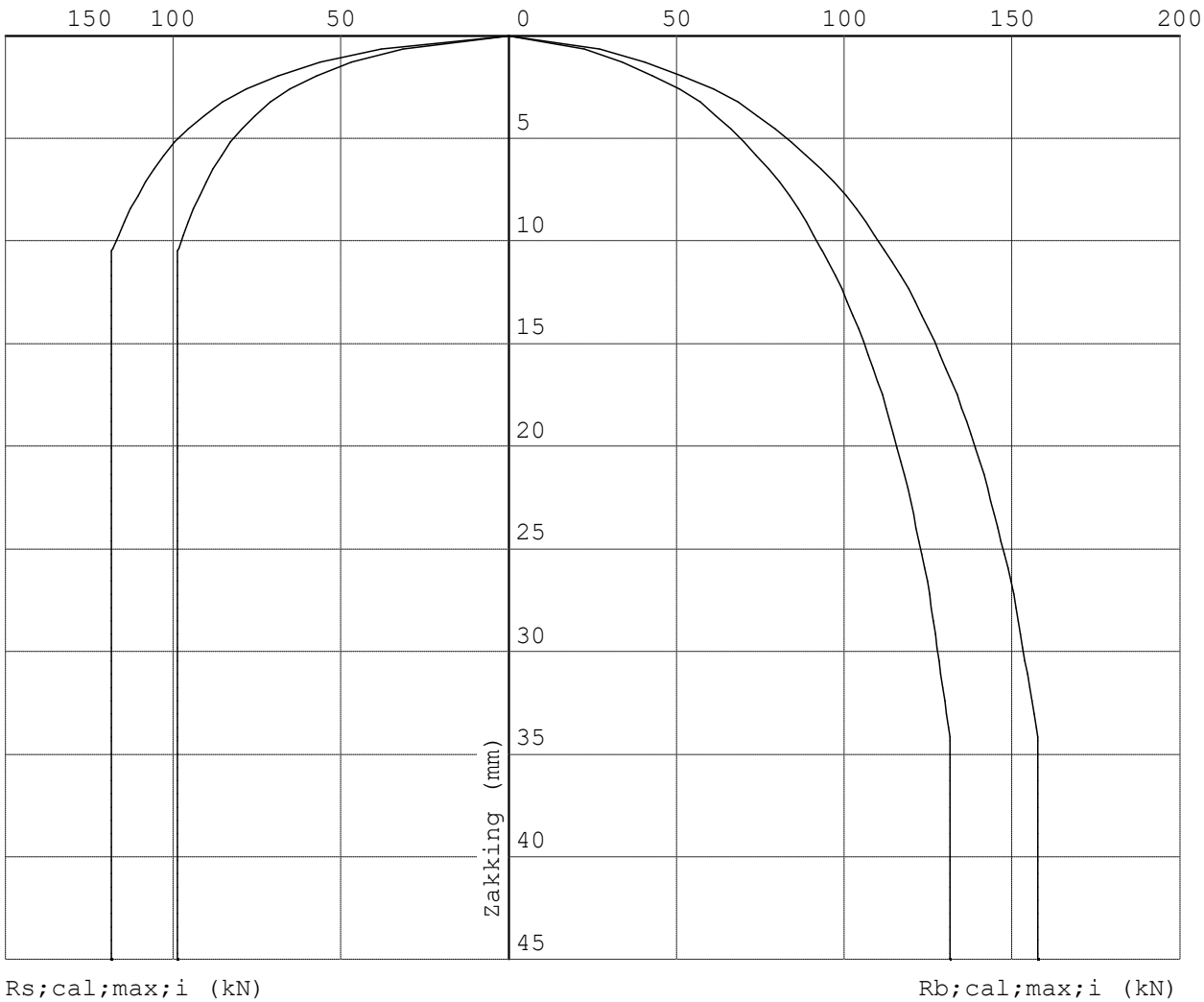
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



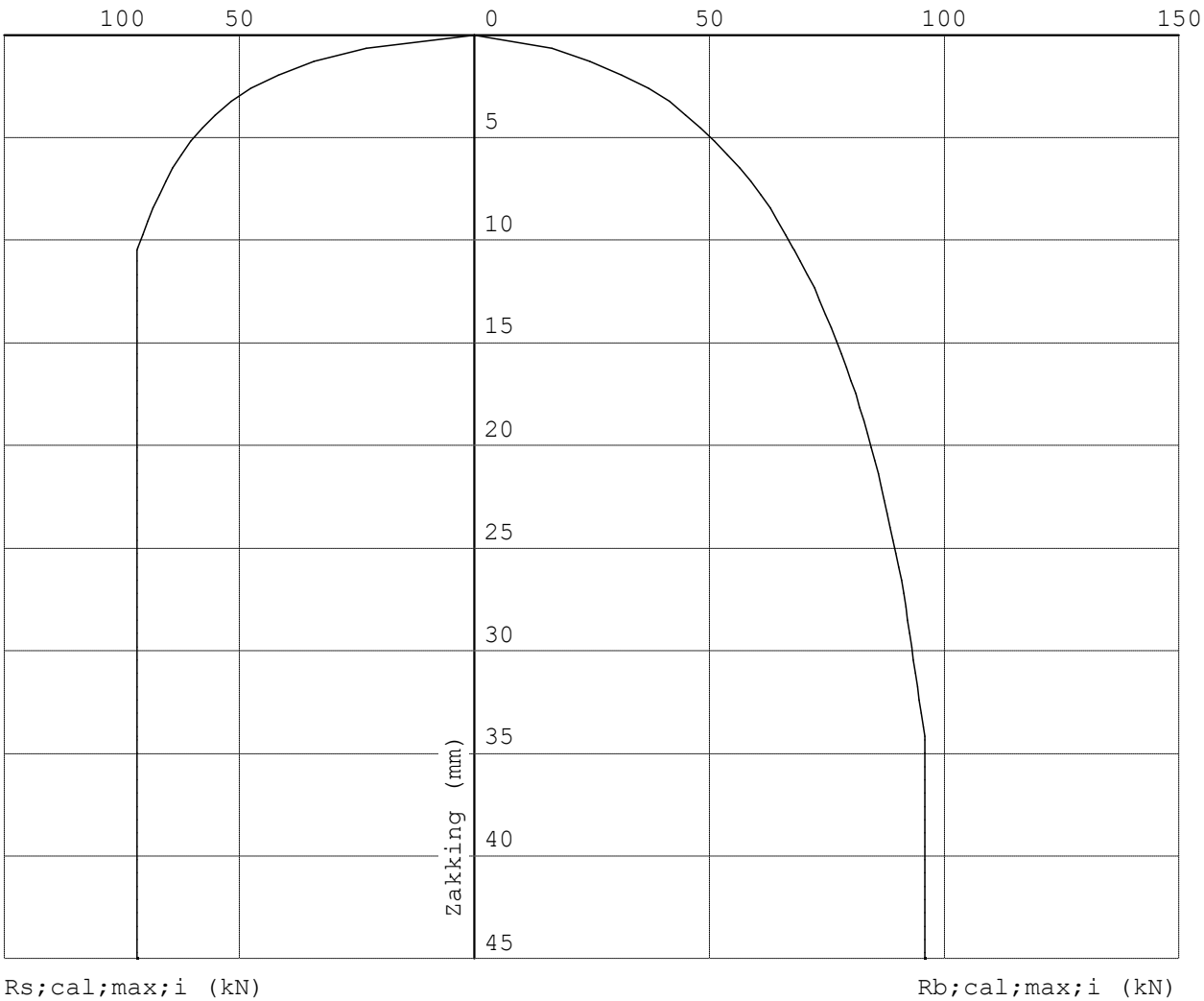
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-10.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



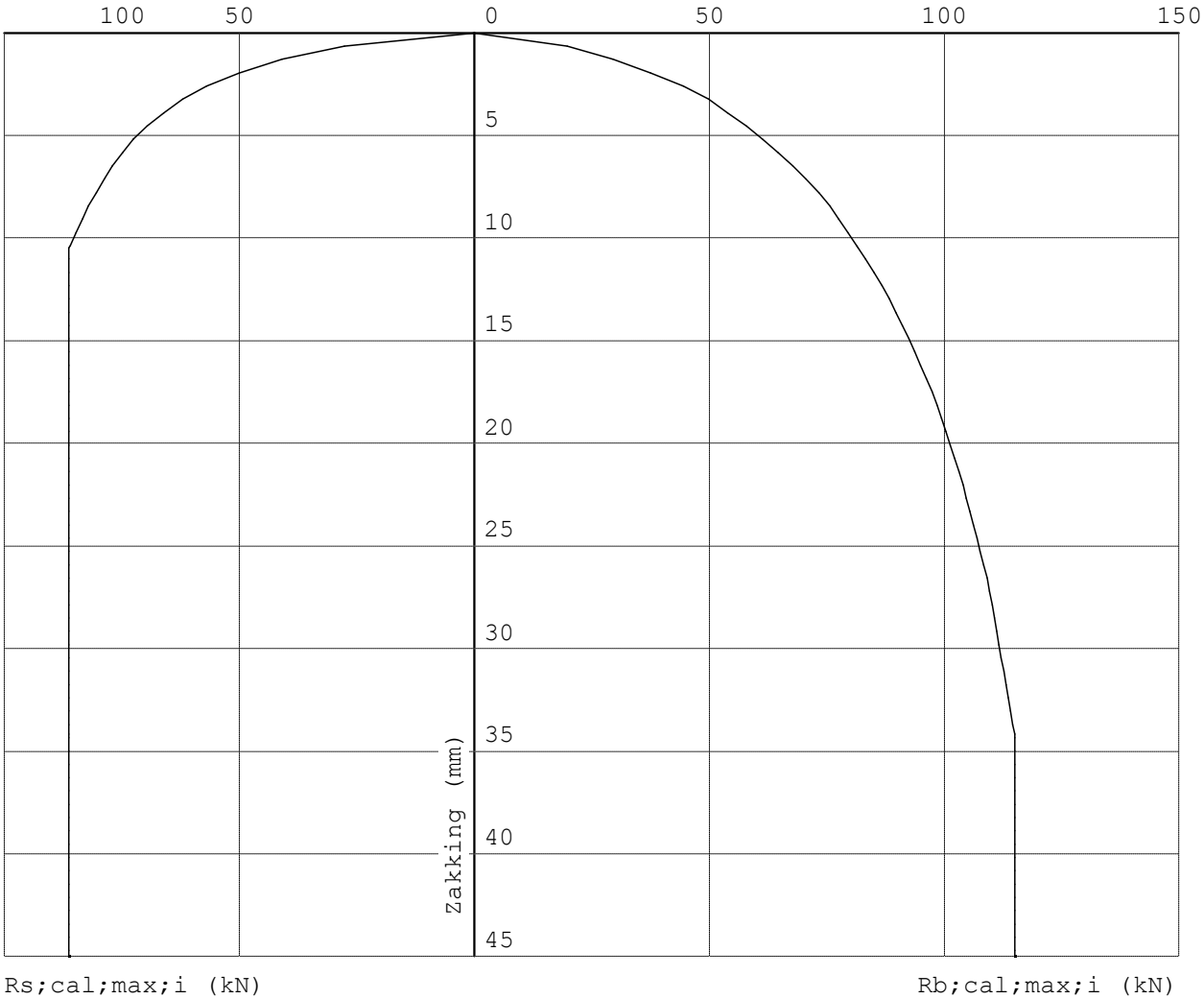
Rs; cal; max; i (kN)

Rb; cal; max; i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

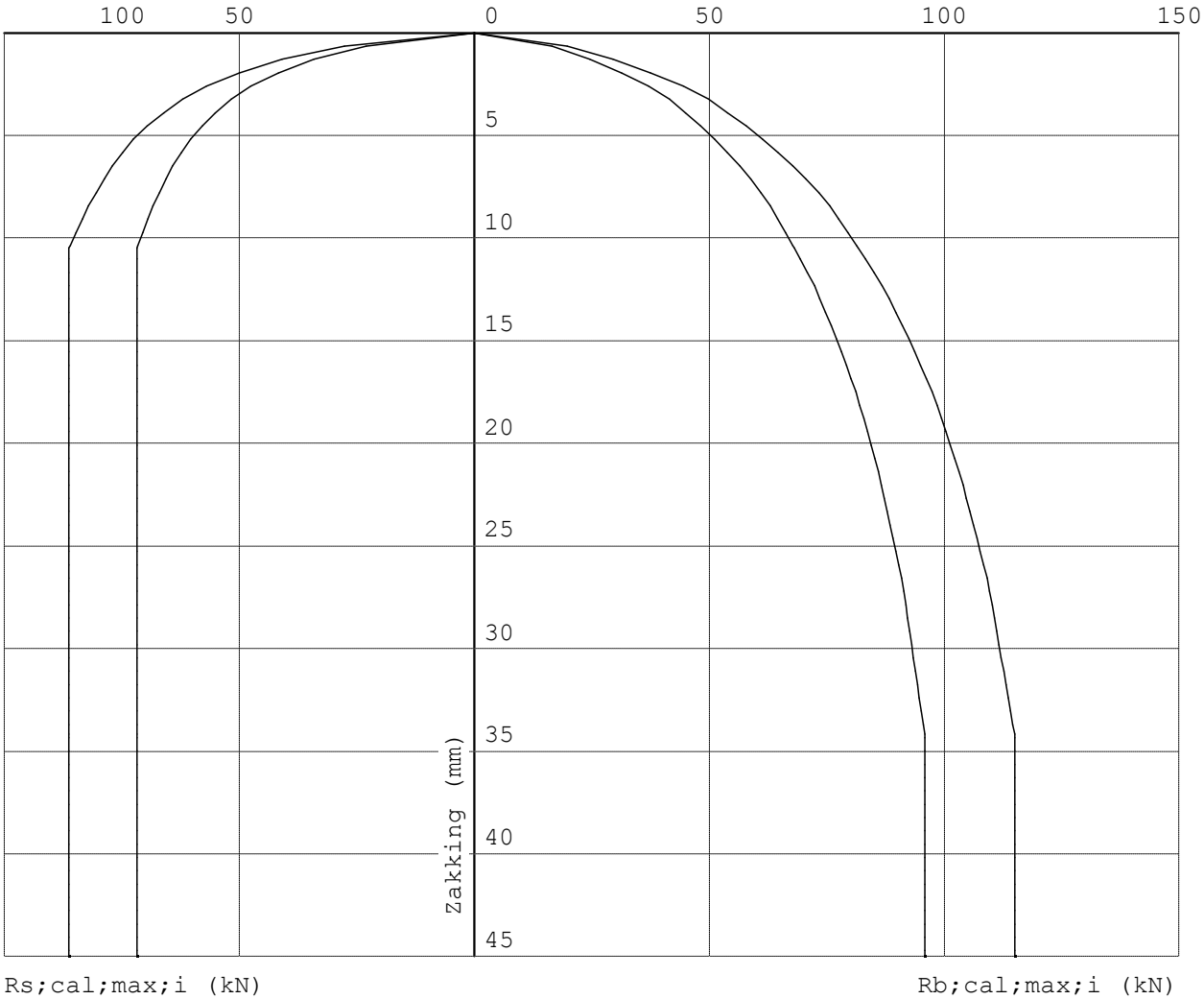
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



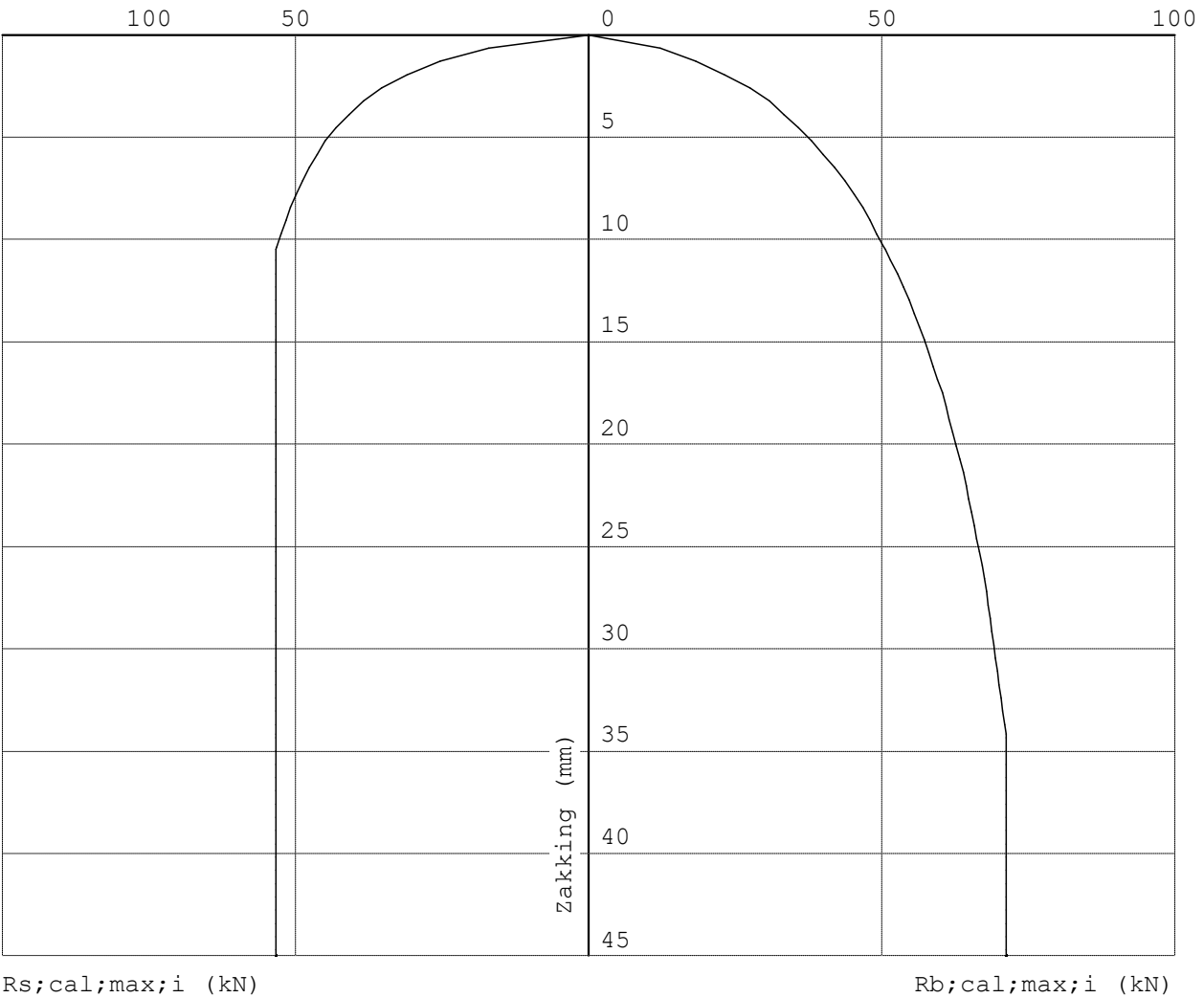
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-10.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

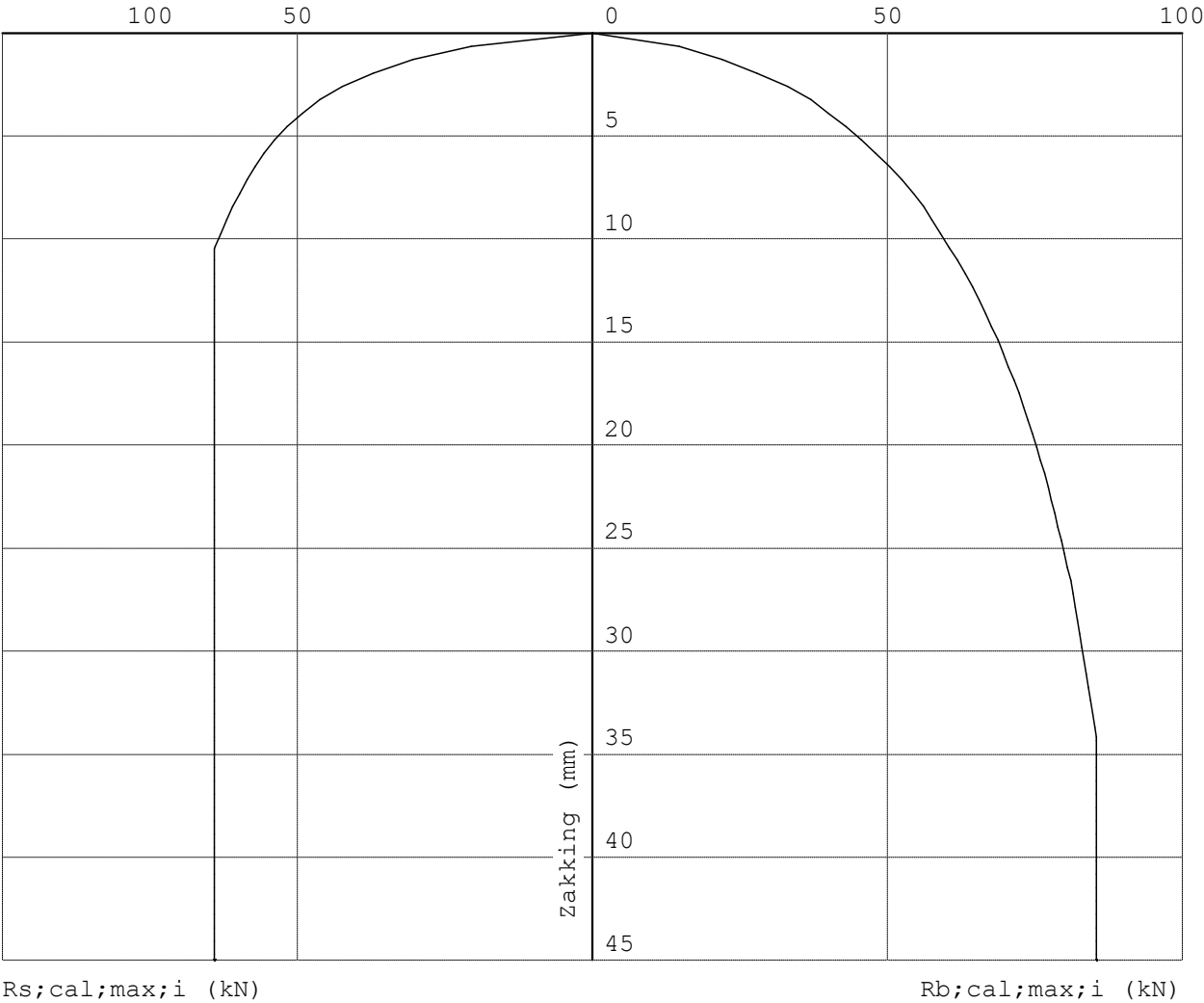
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

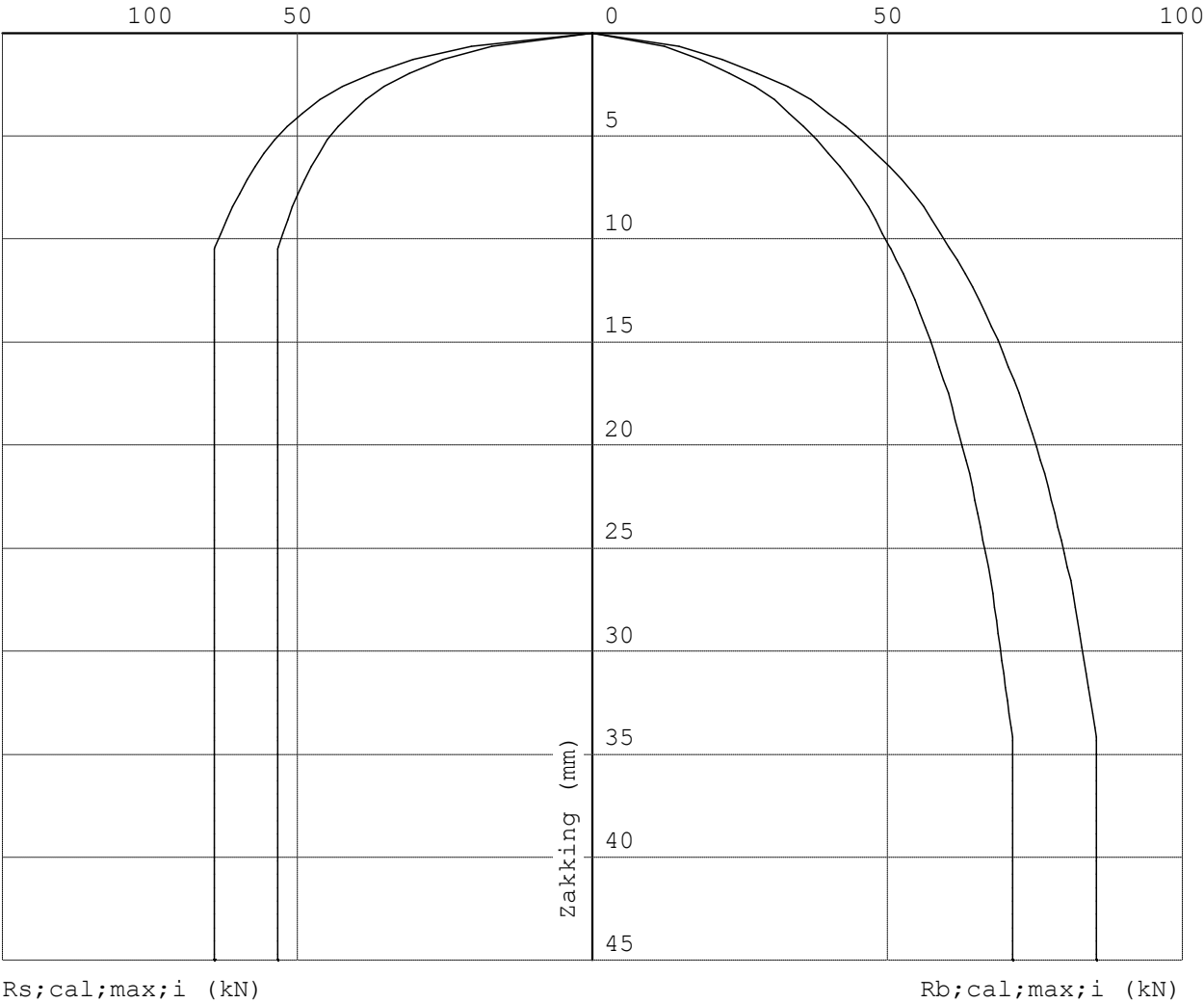
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2

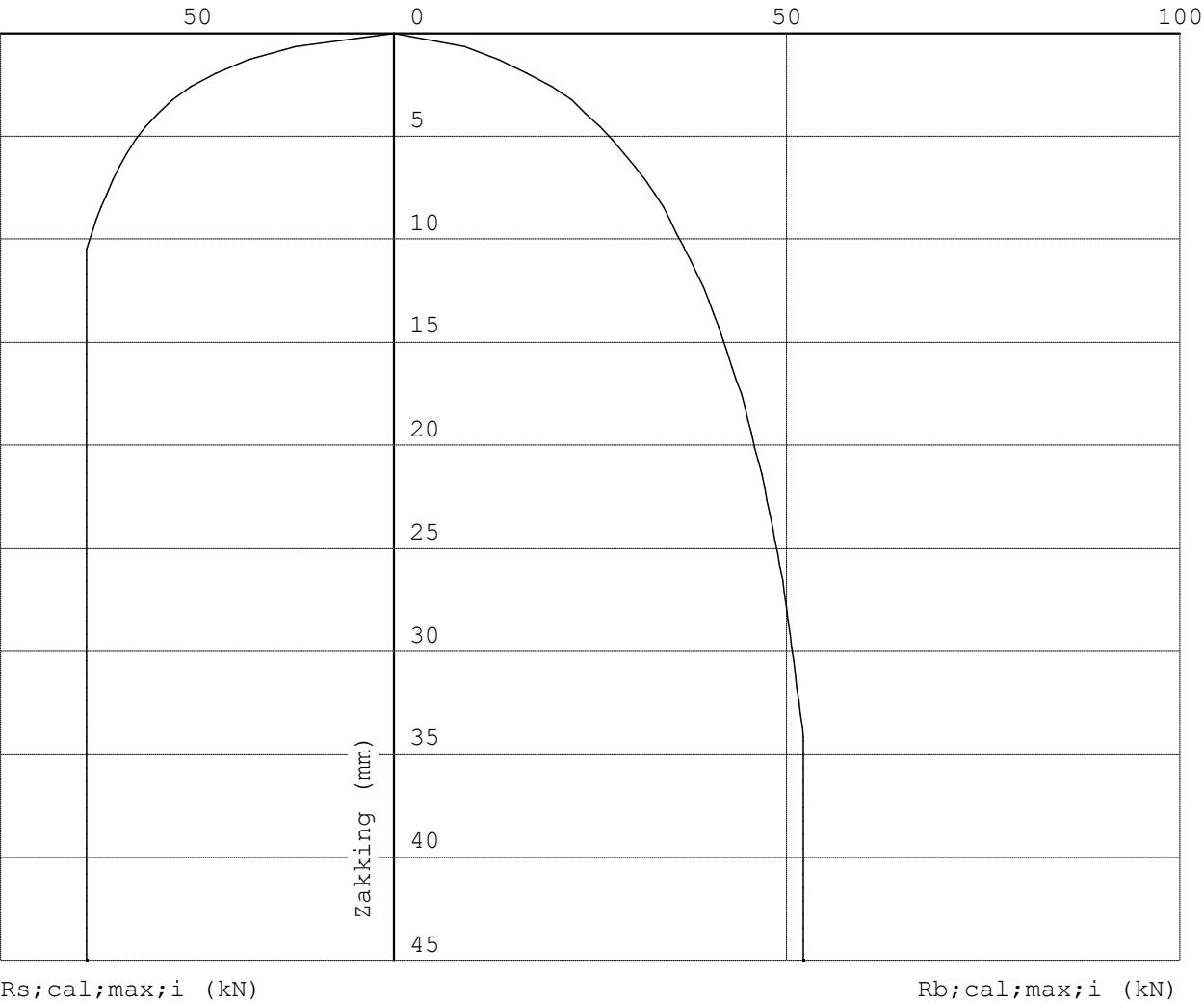


Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-11.00 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

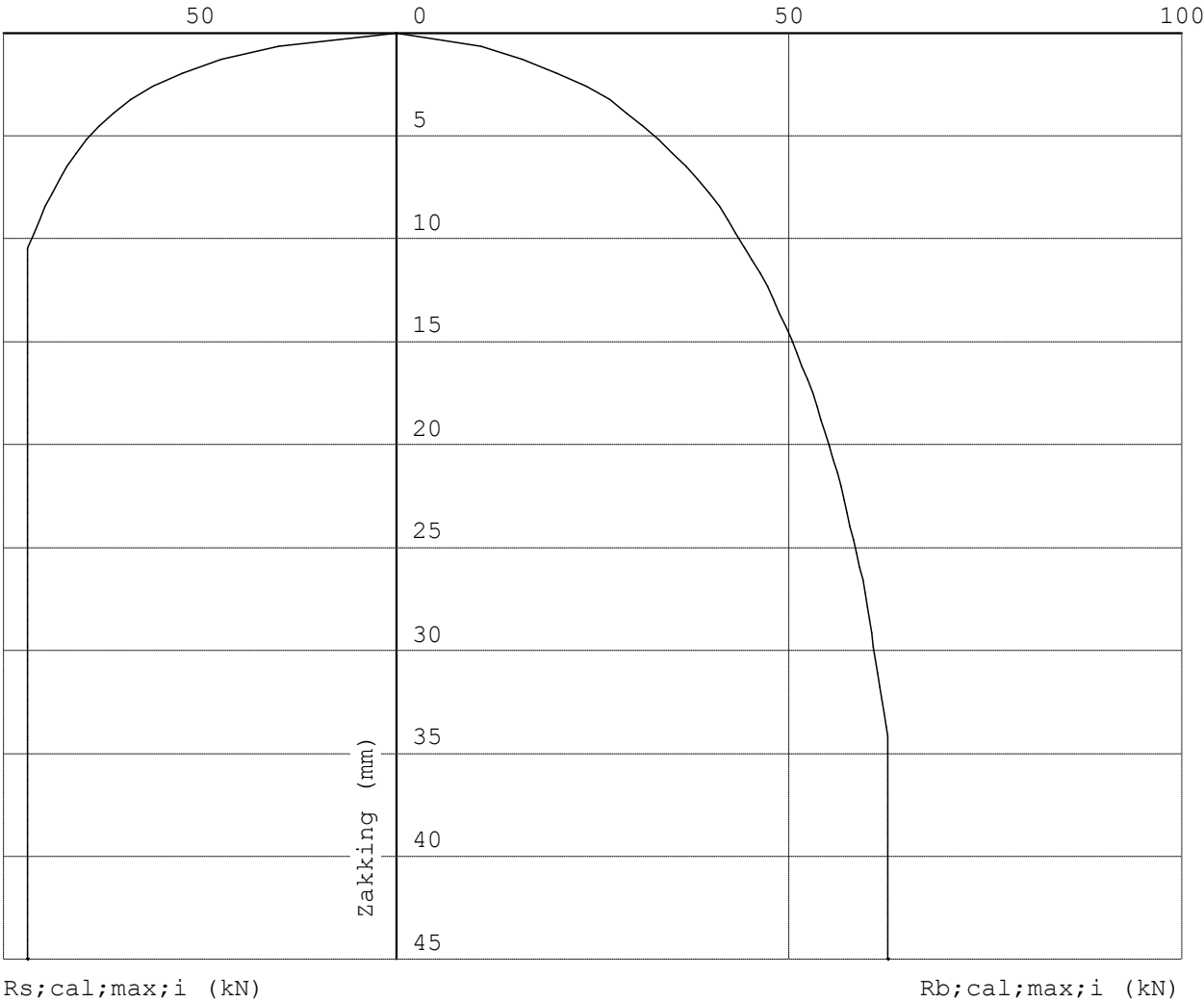
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



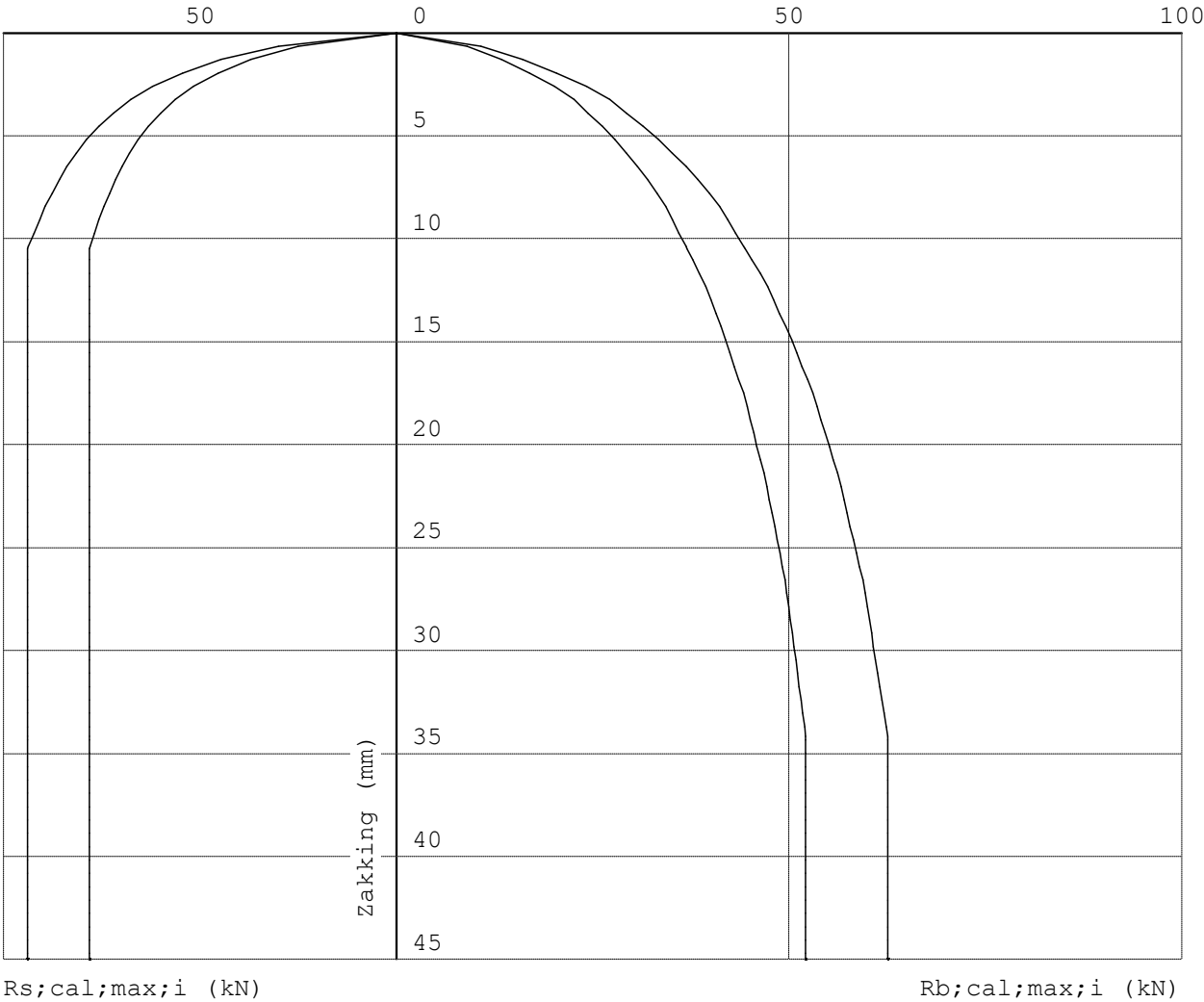
Rs;cal;max;i (kN)

Rb;cal;max;i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



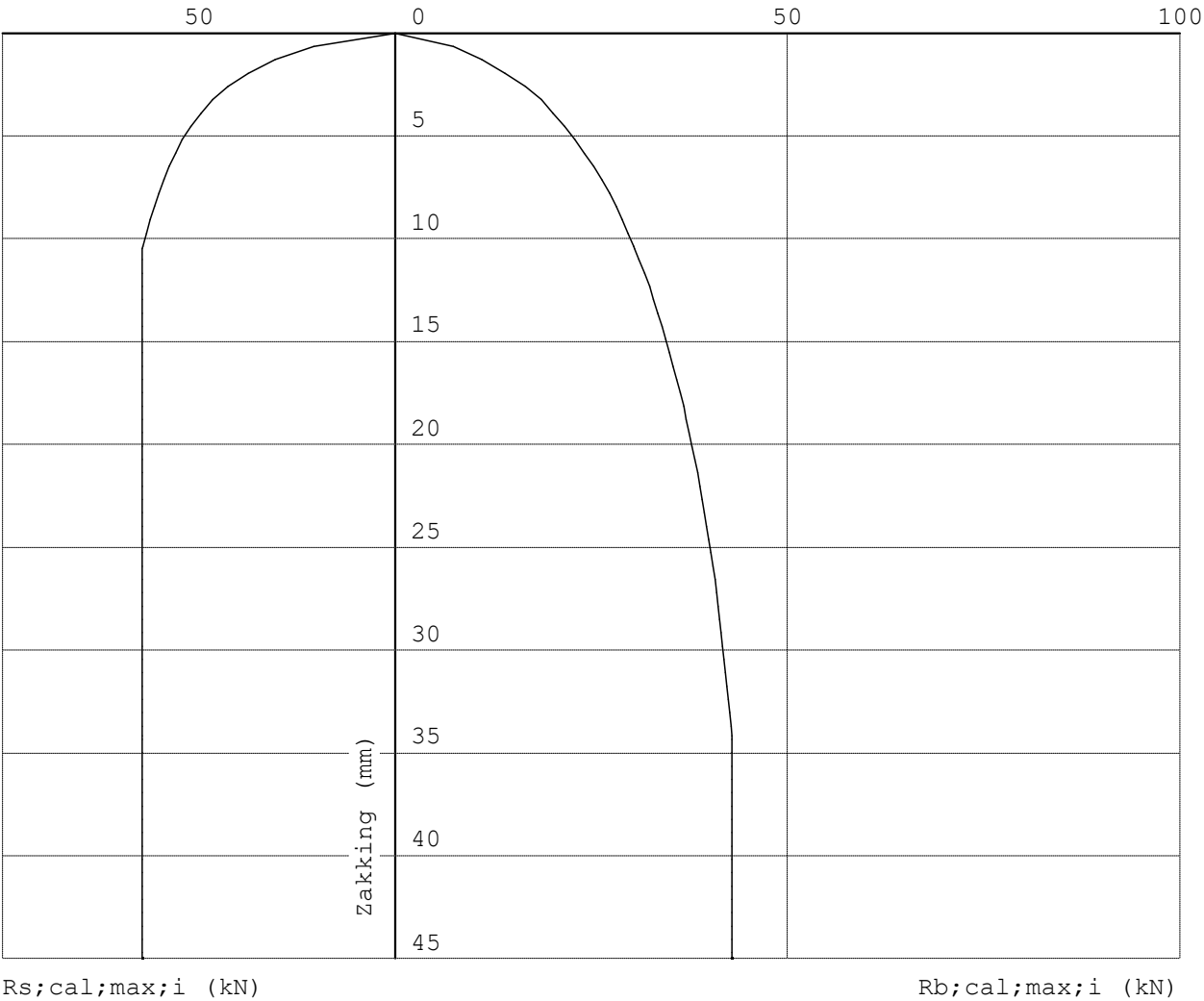
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-11.50 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

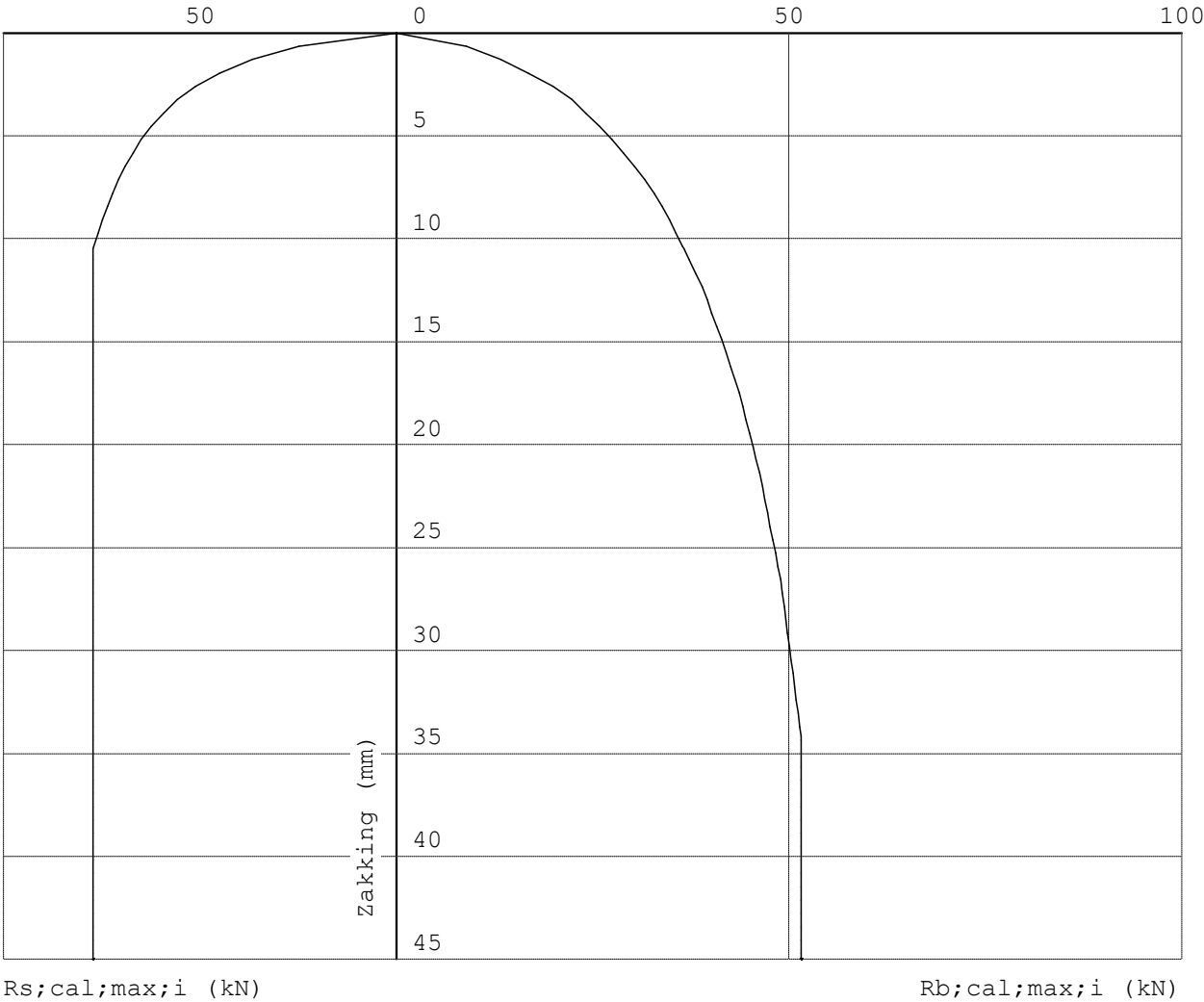
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

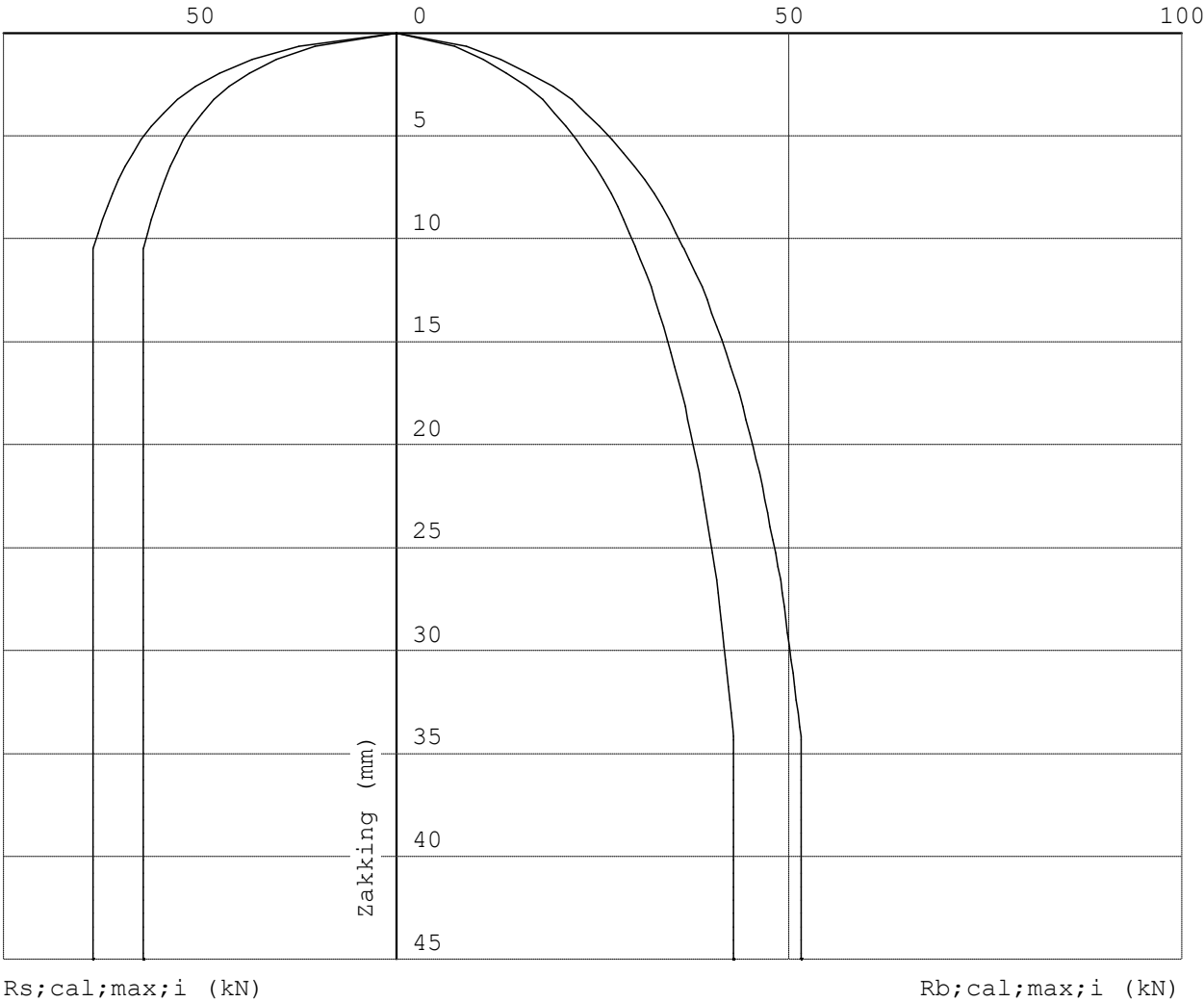
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



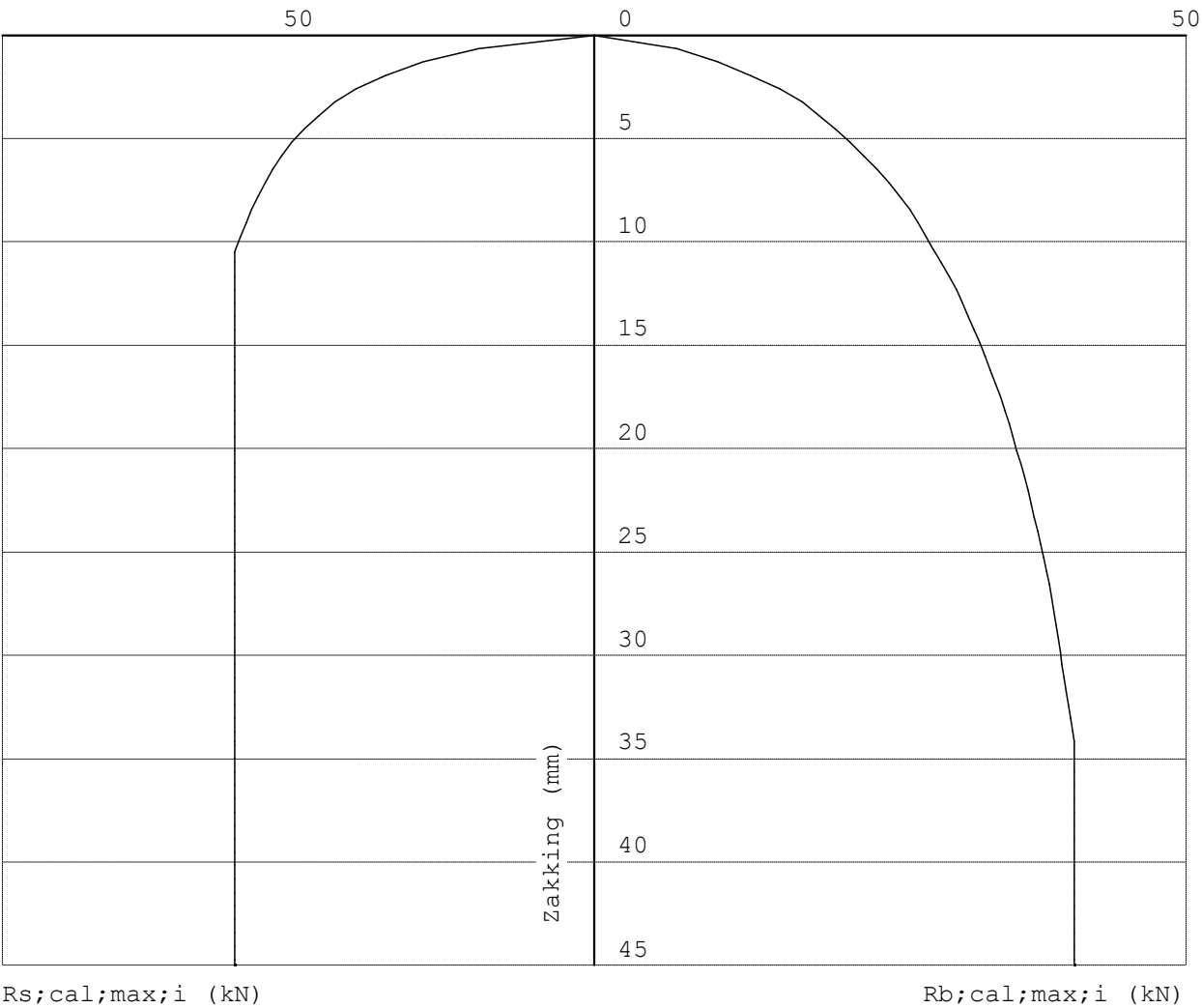
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-12.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

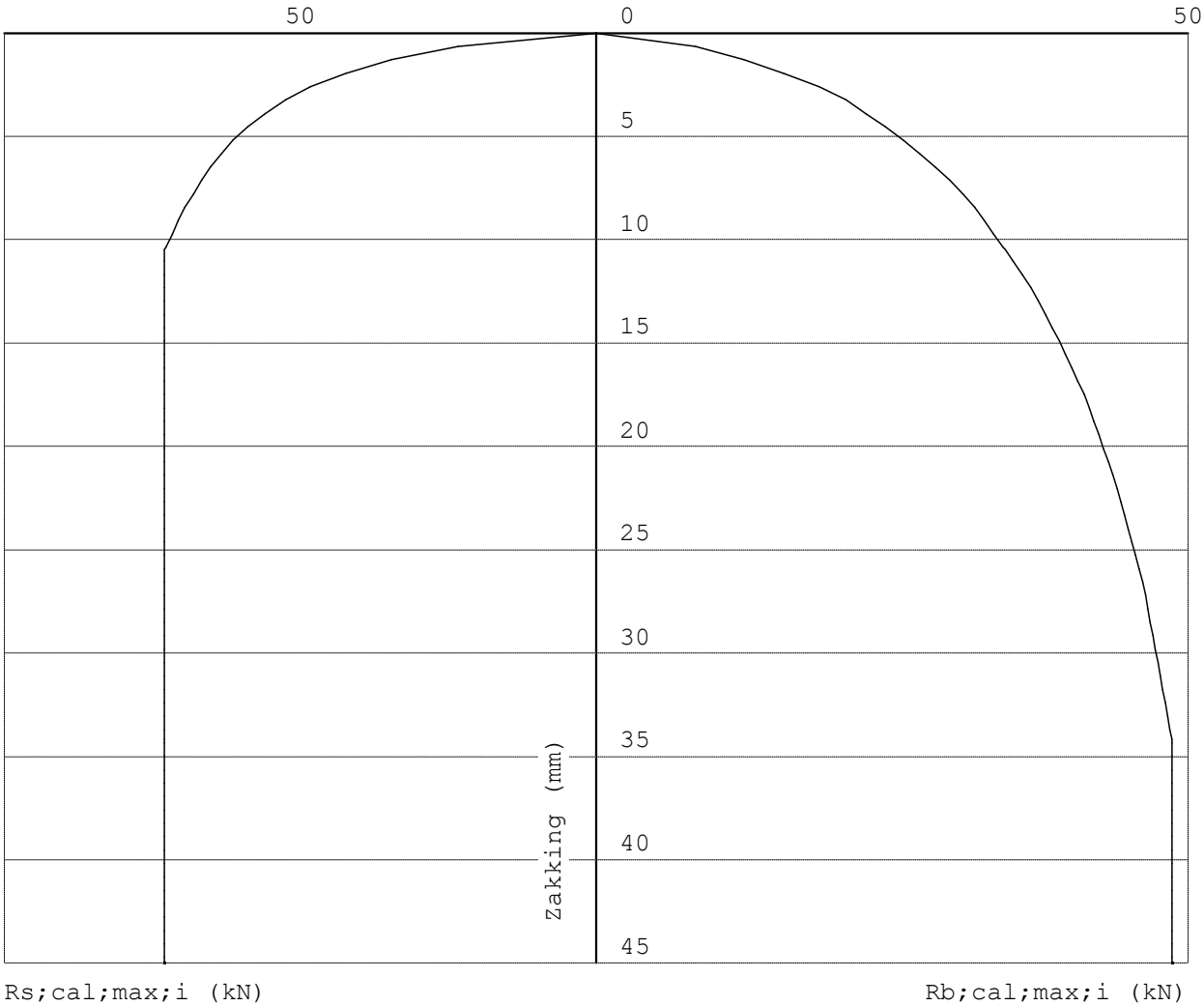
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

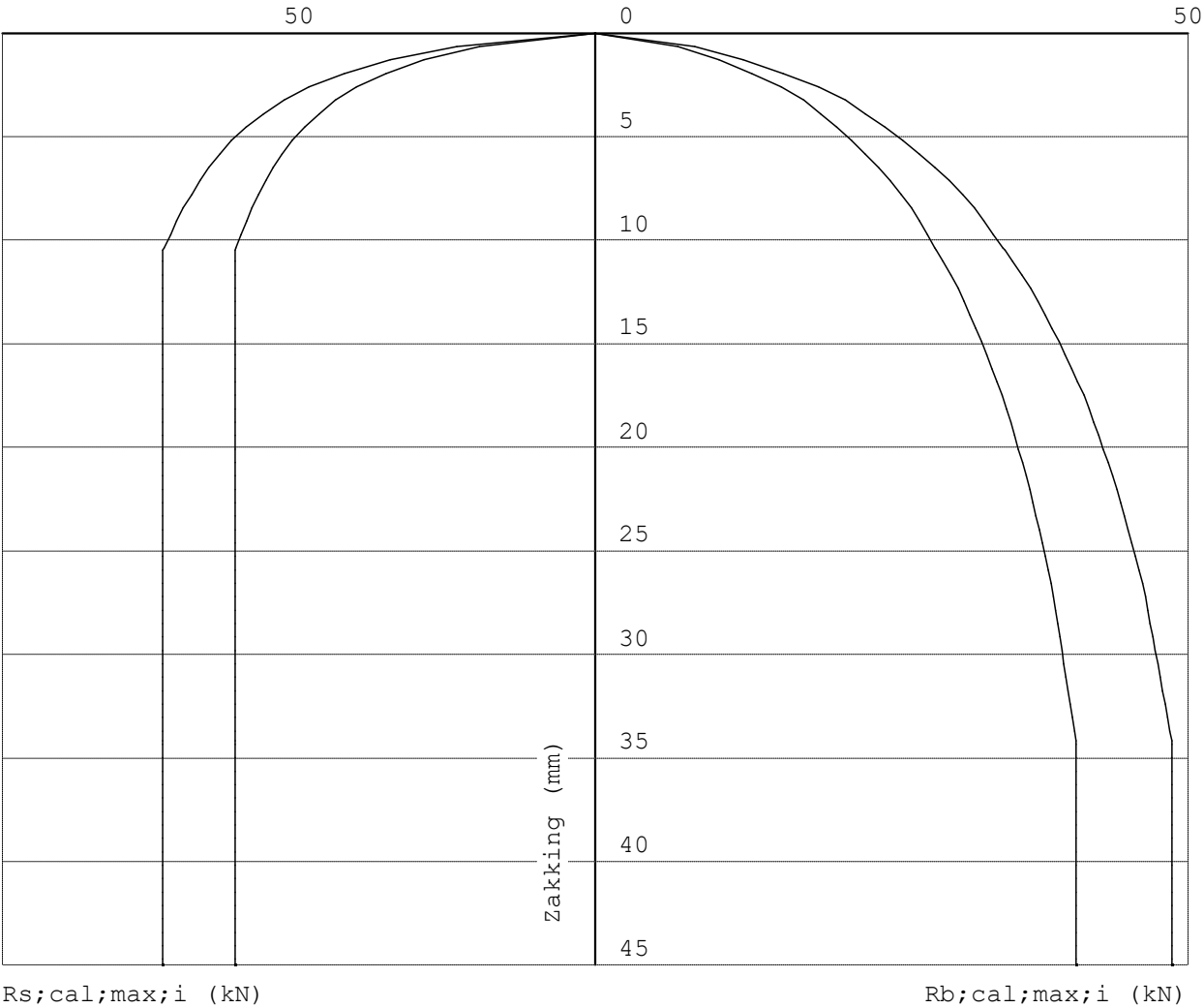
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



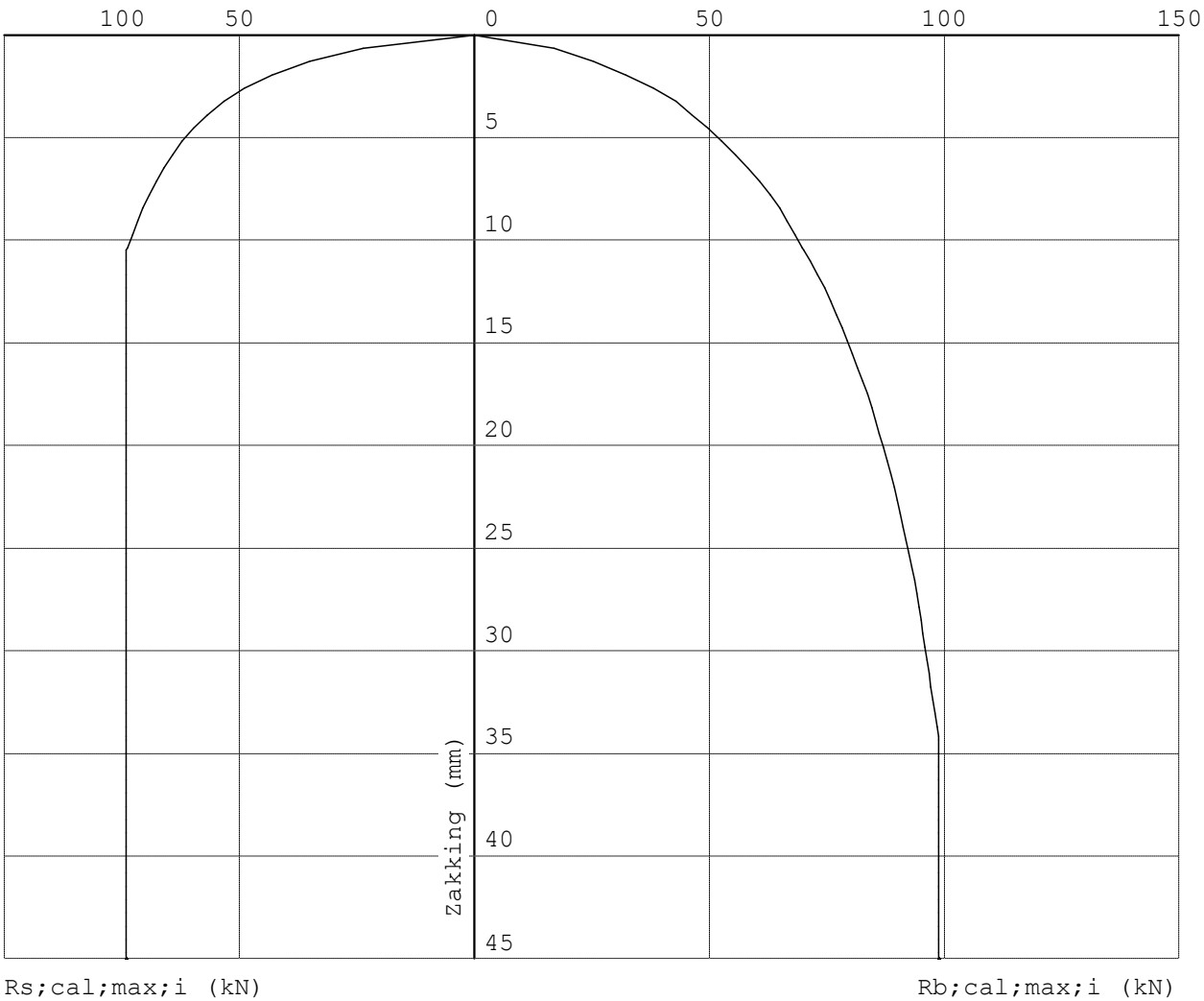
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagvermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-12.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



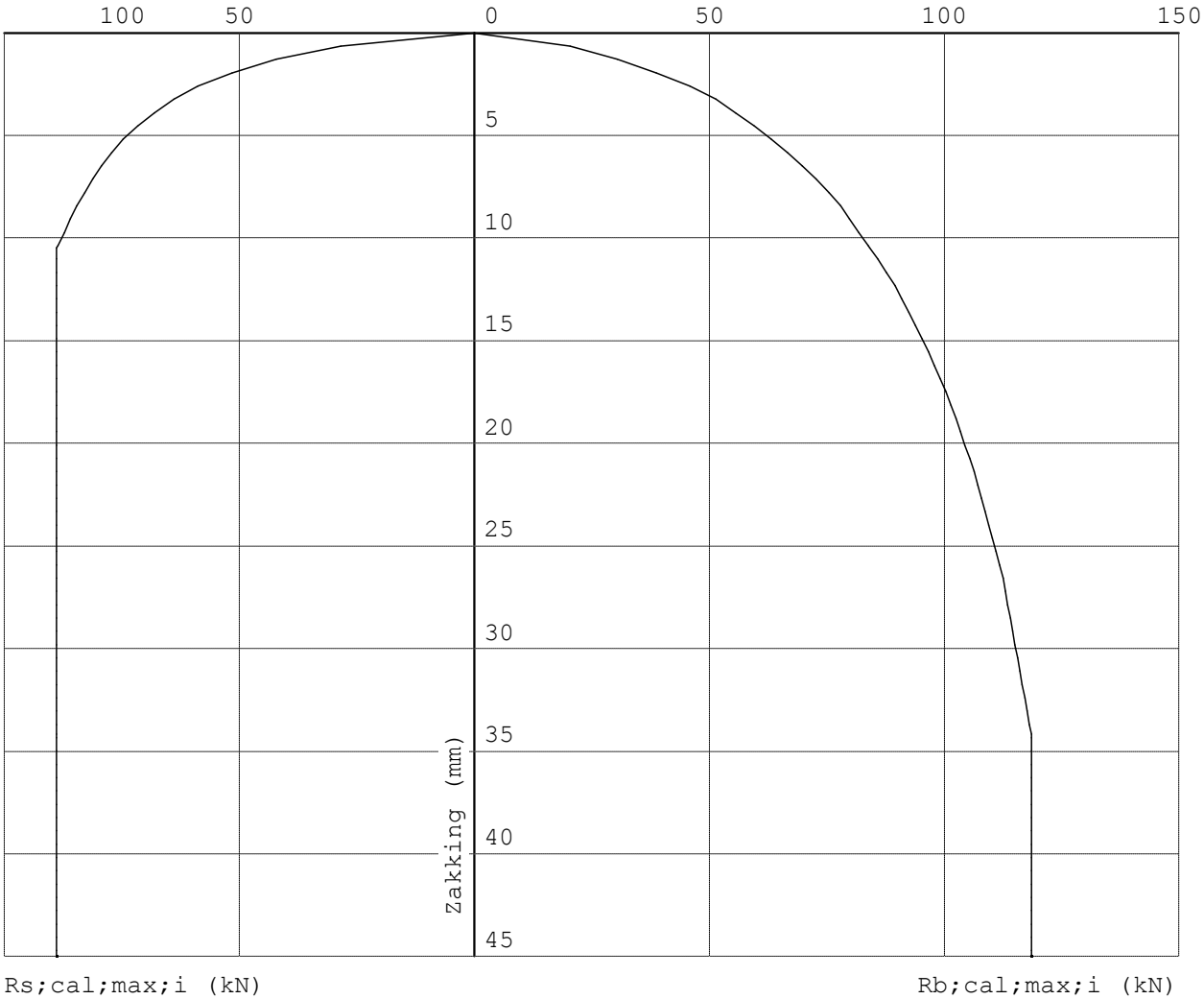
Rs; cal; max; i (kN)

Rb; cal; max; i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

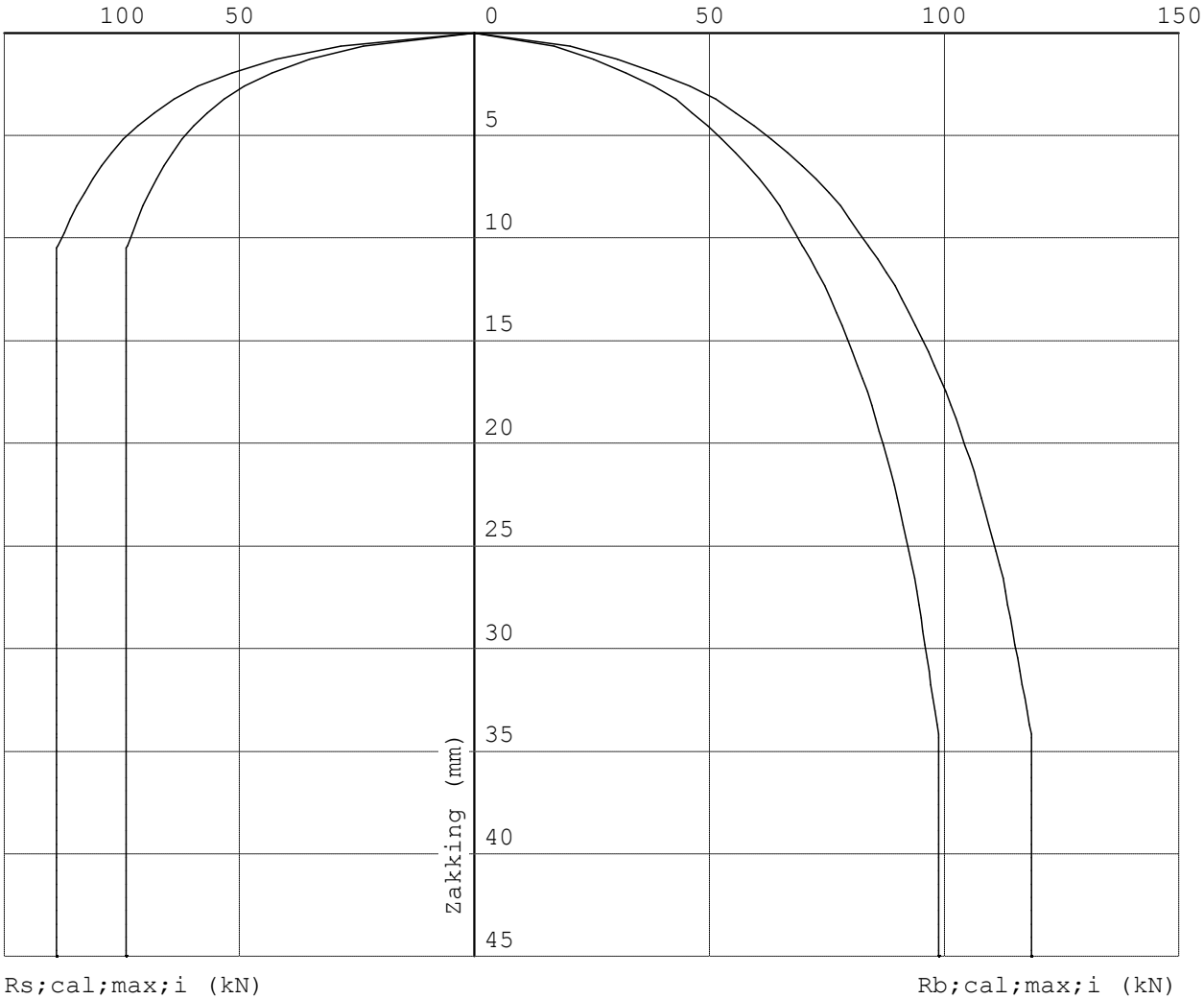
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



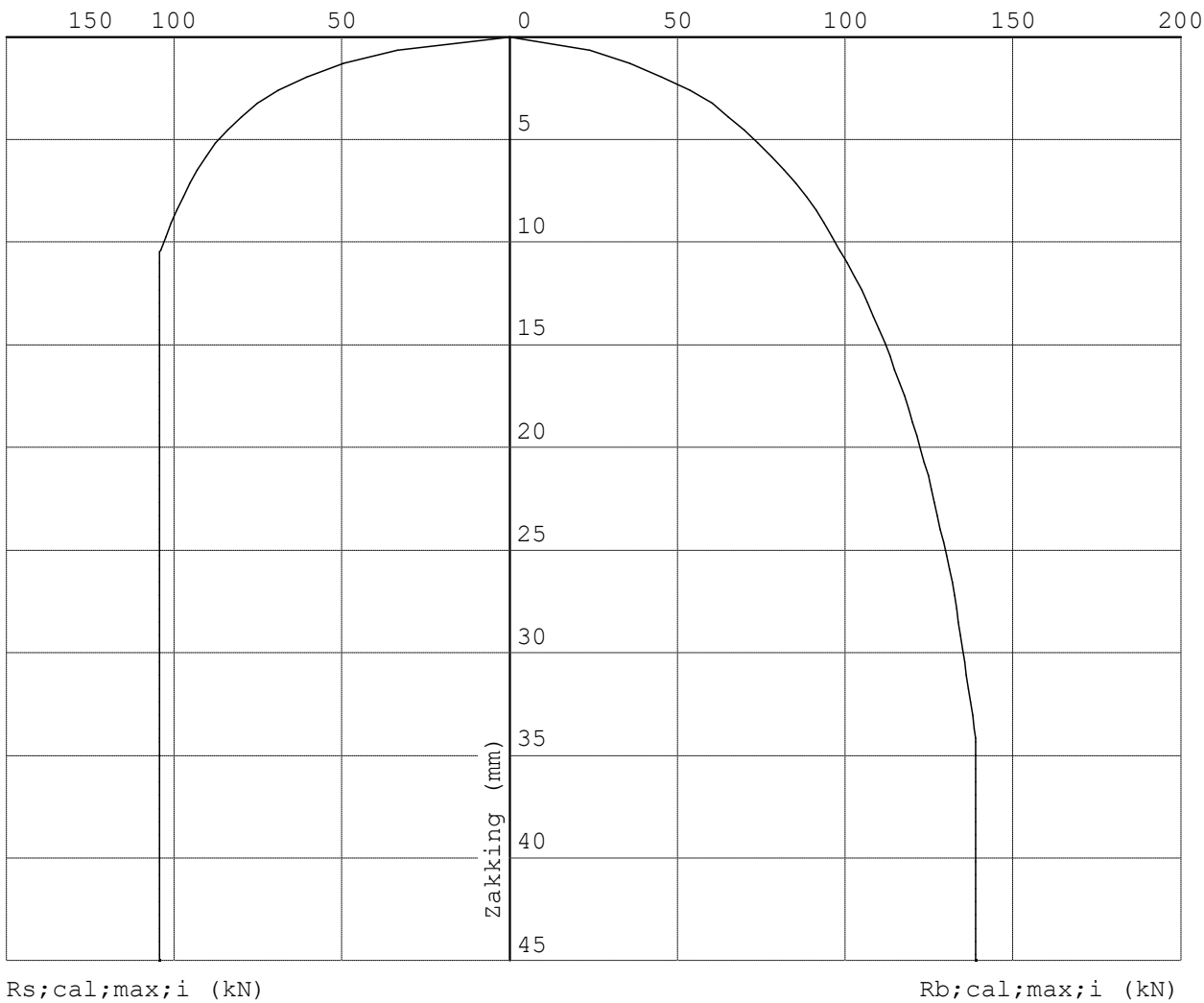
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

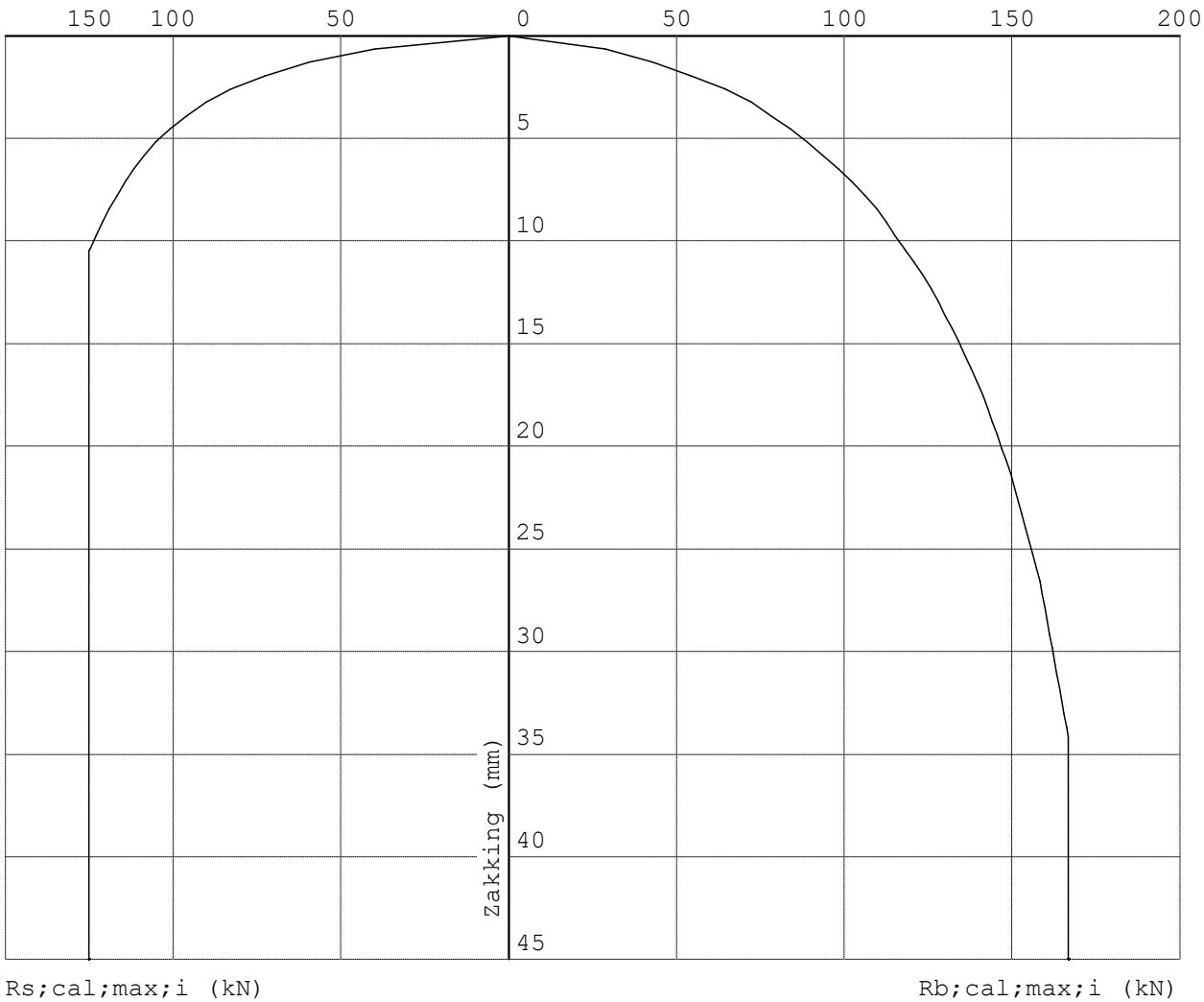
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



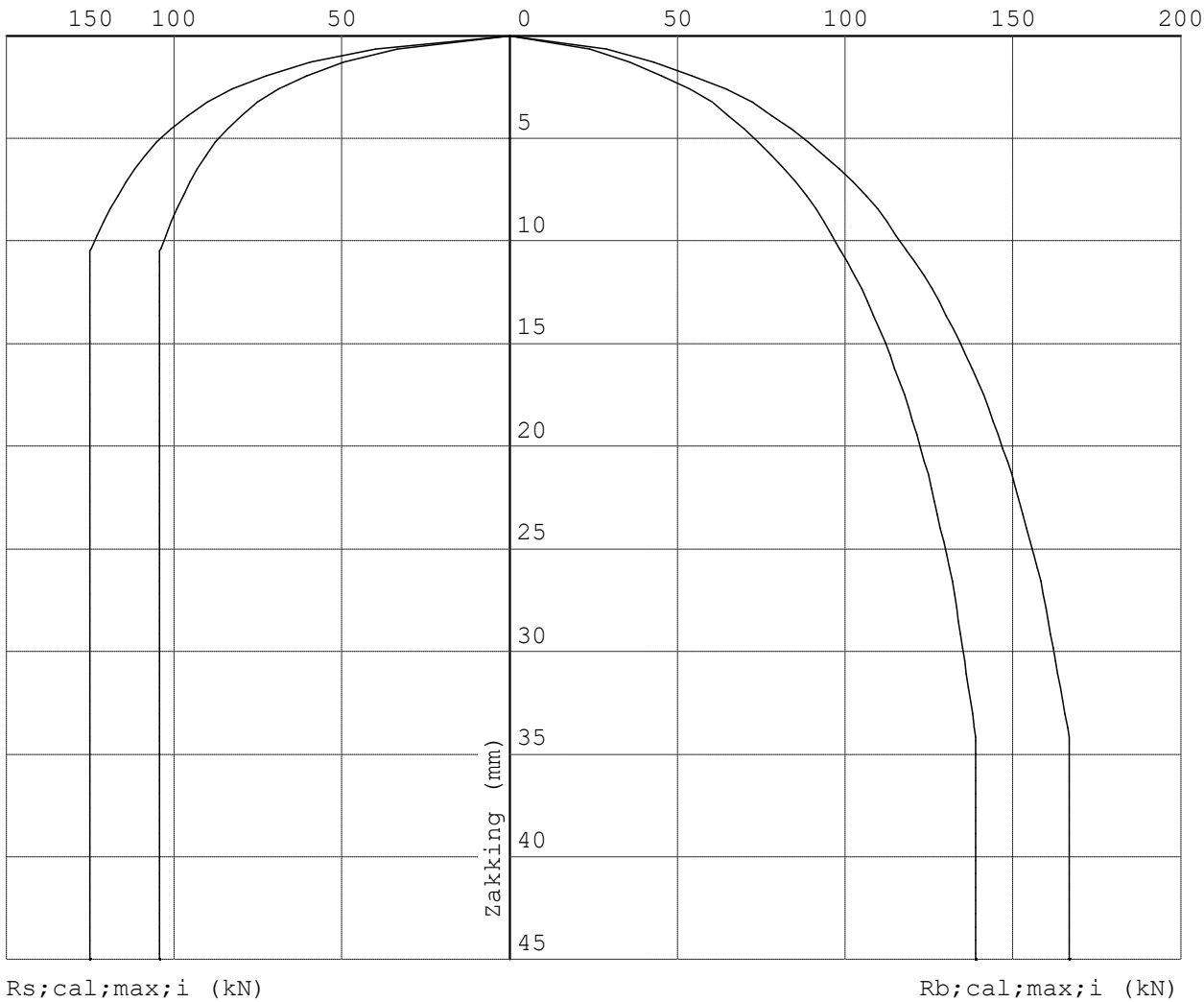
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



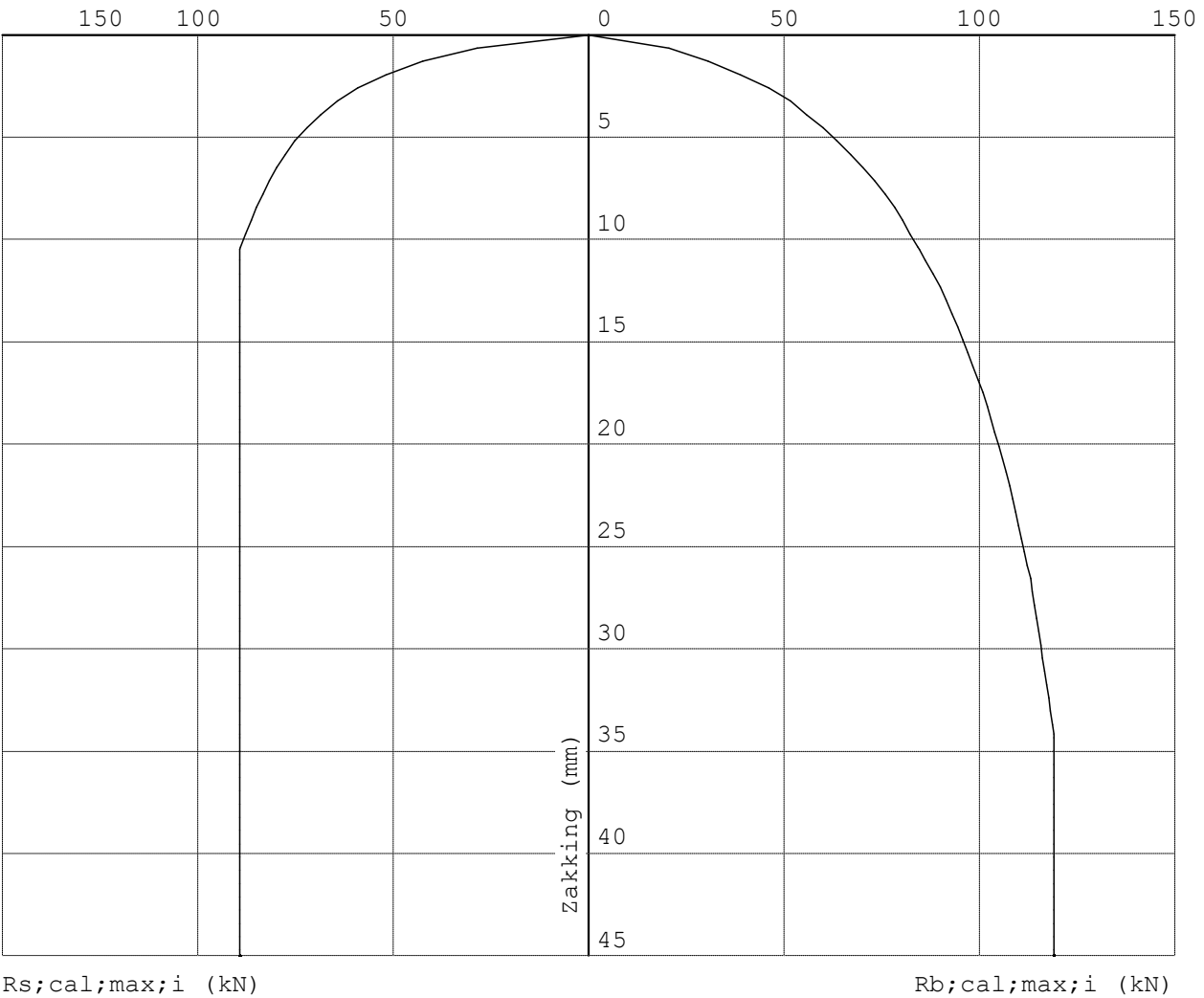
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

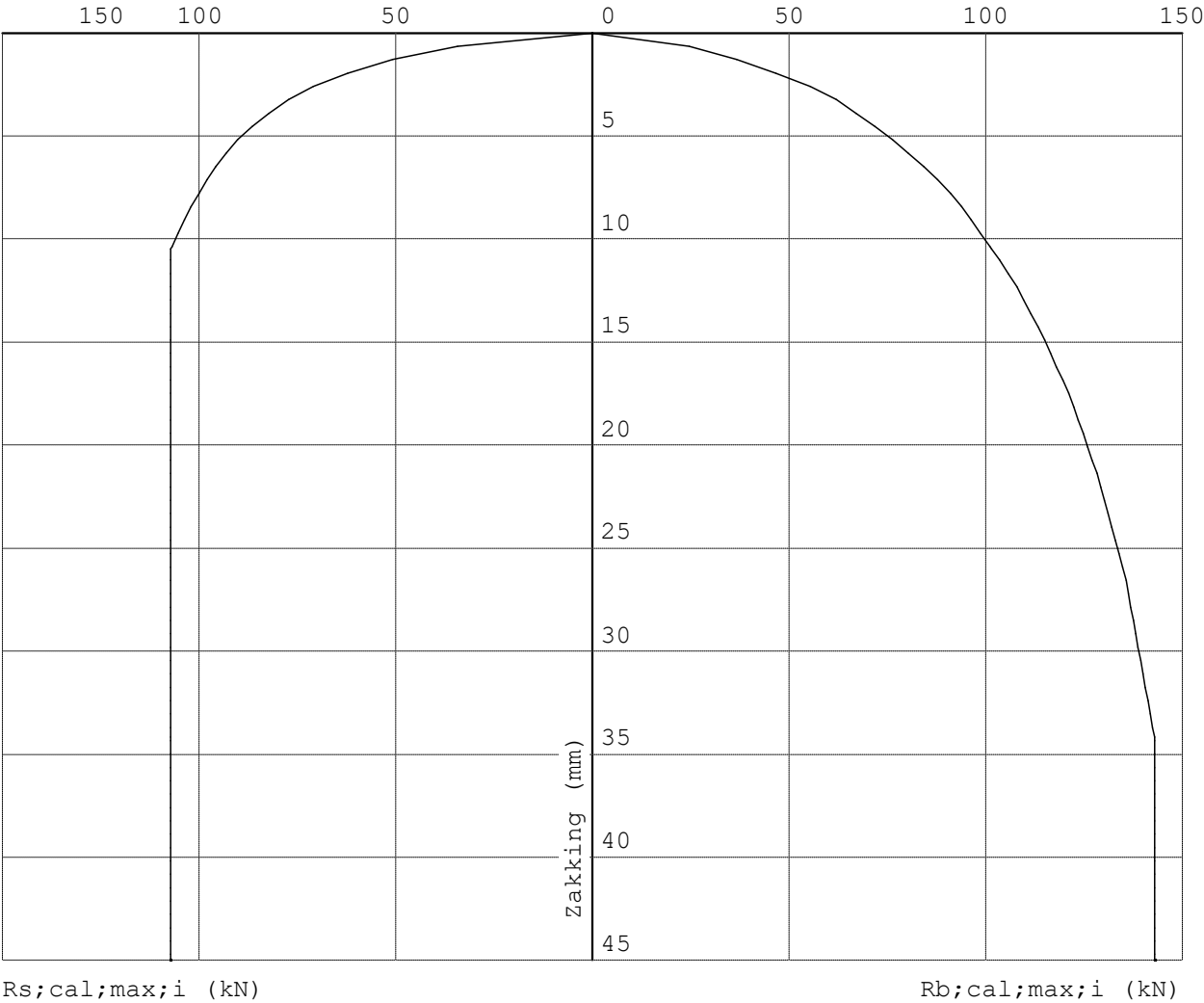
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

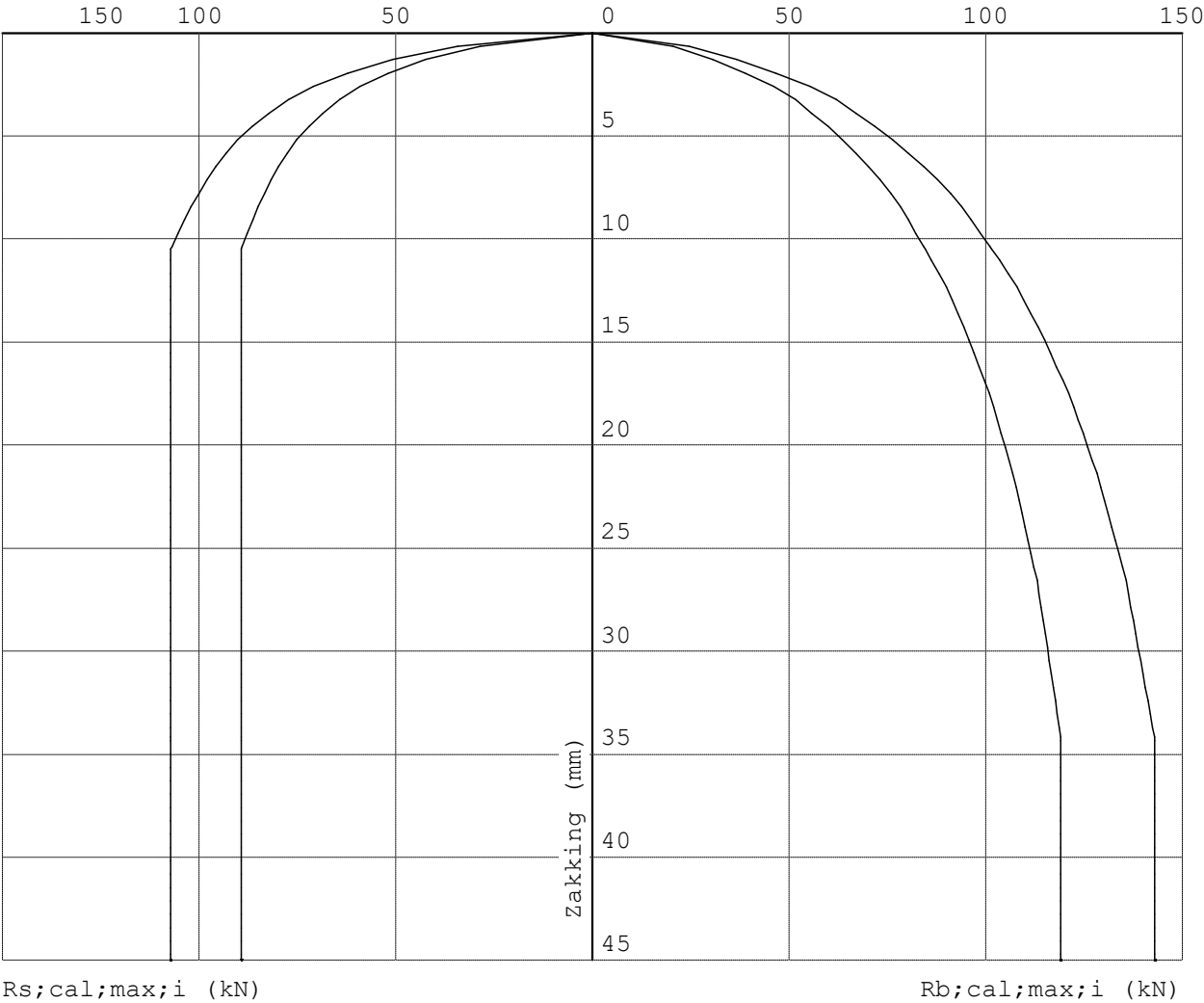
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



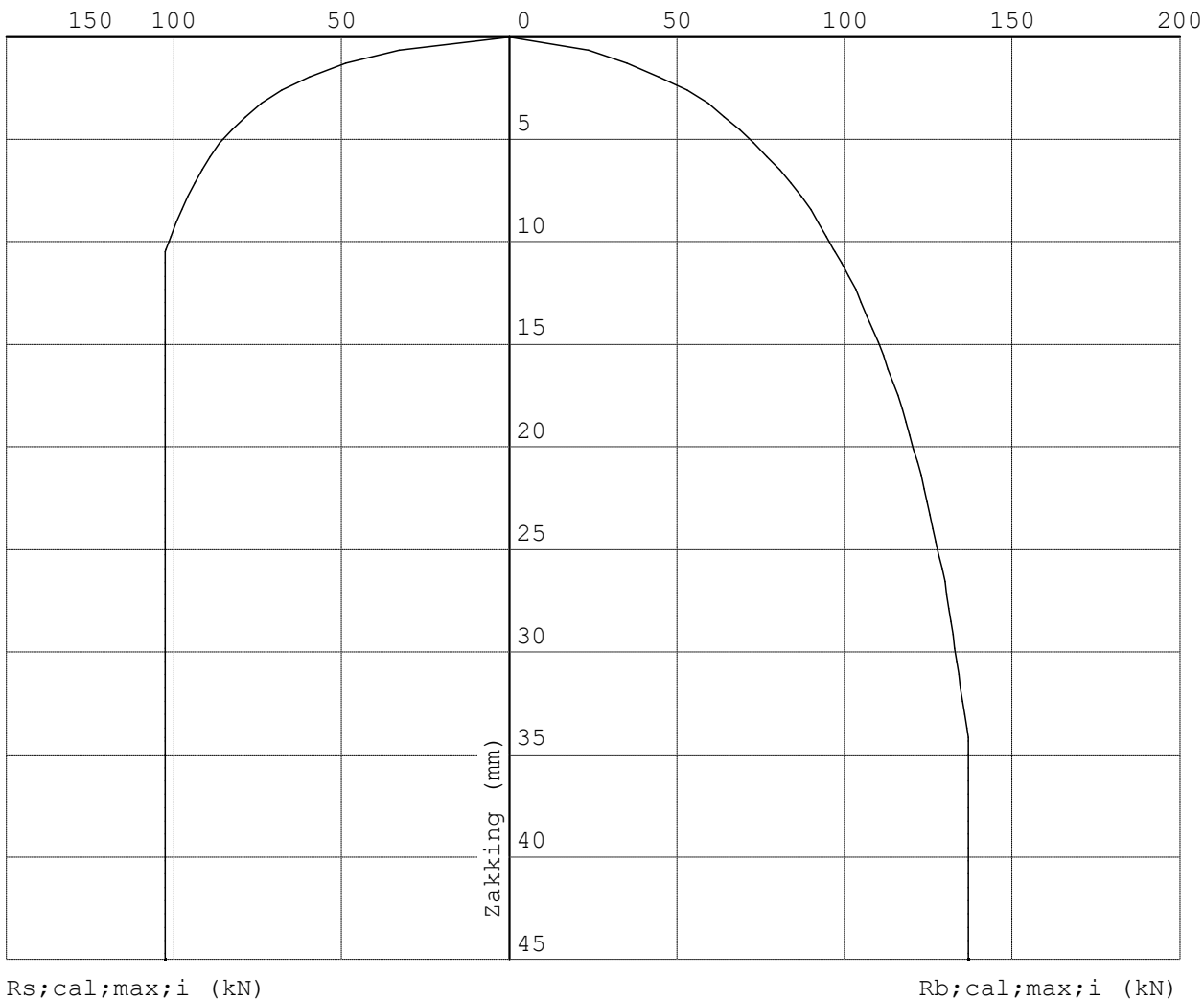
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-14.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

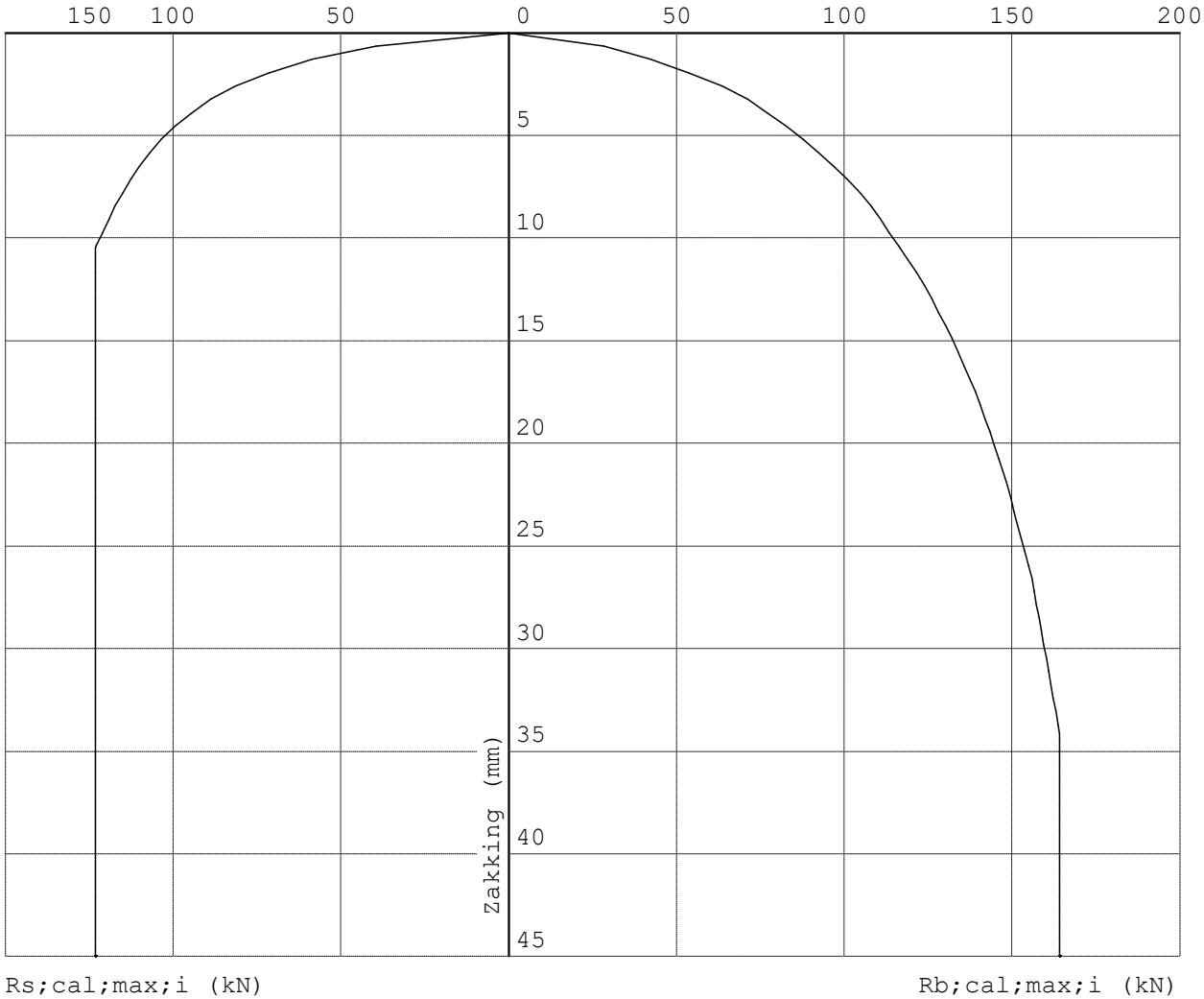
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

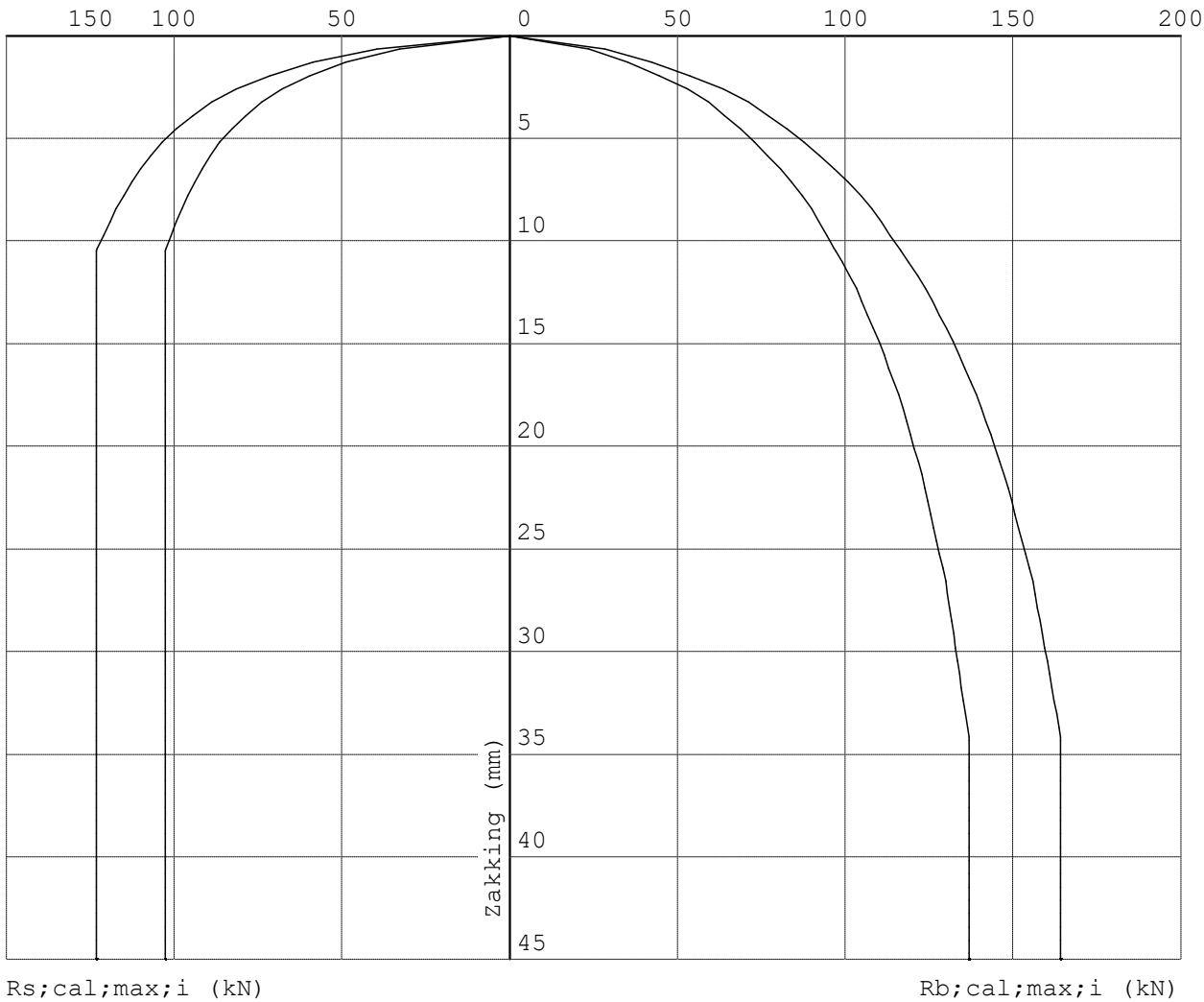
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



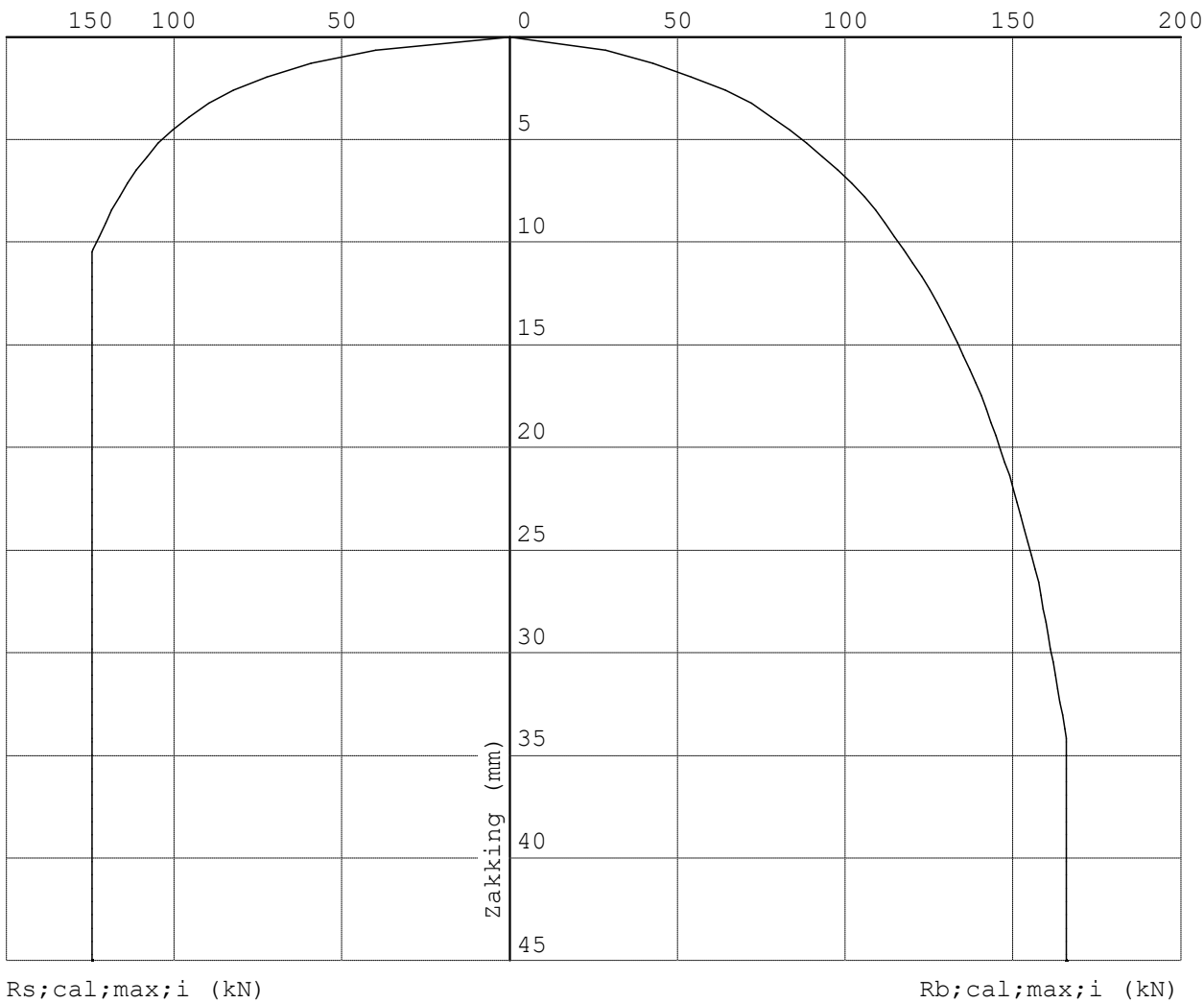
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-14.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

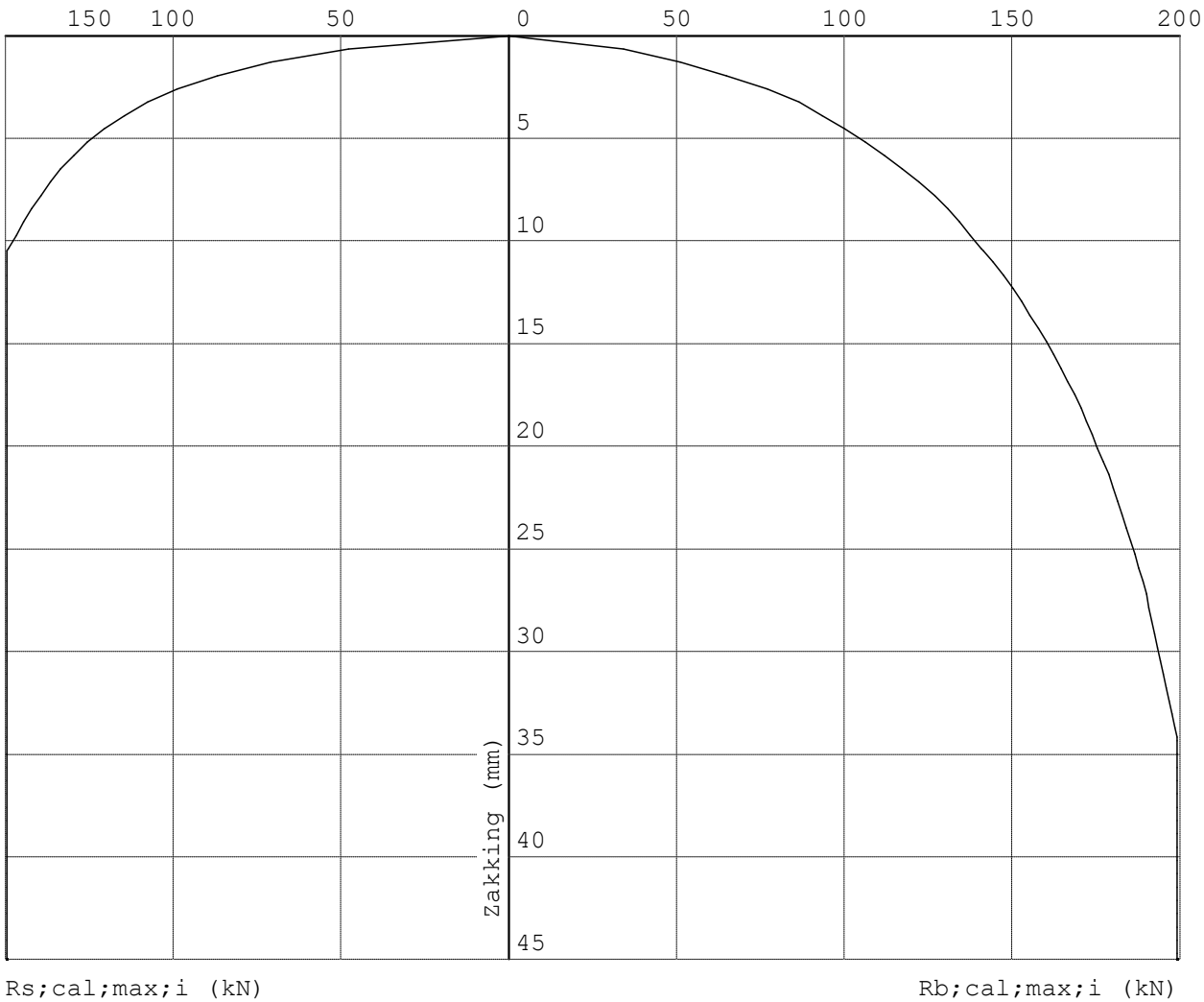
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

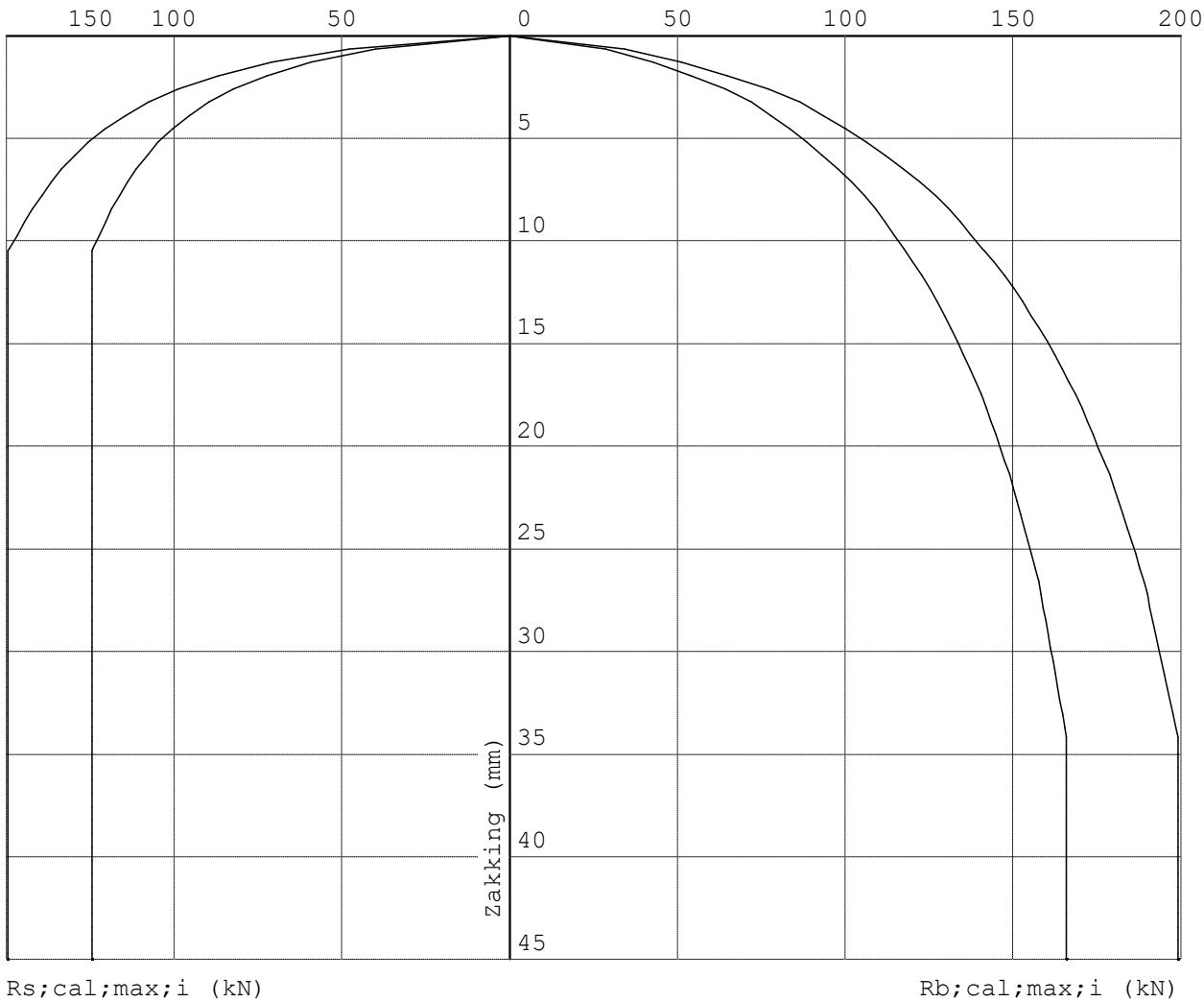
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



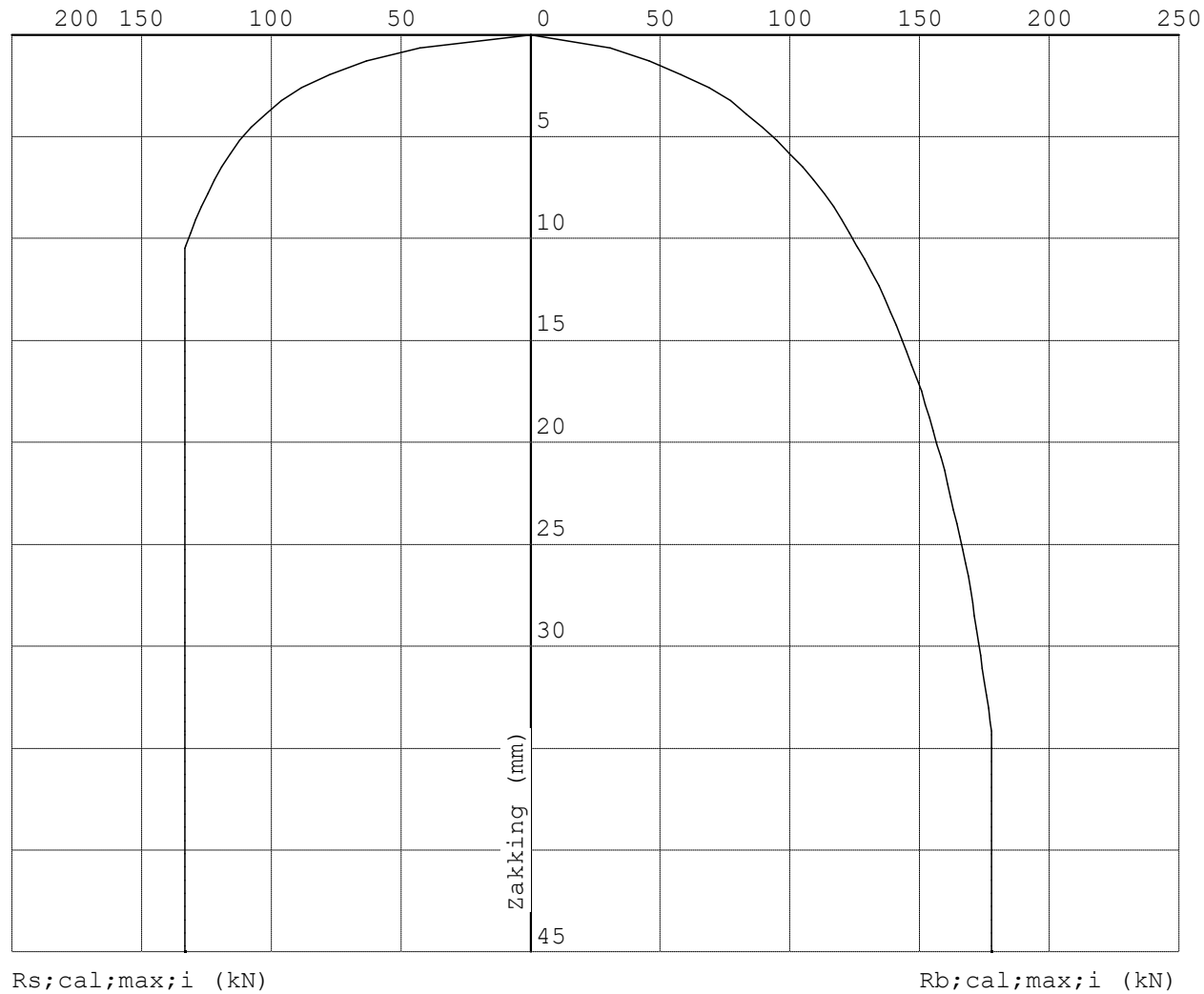
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

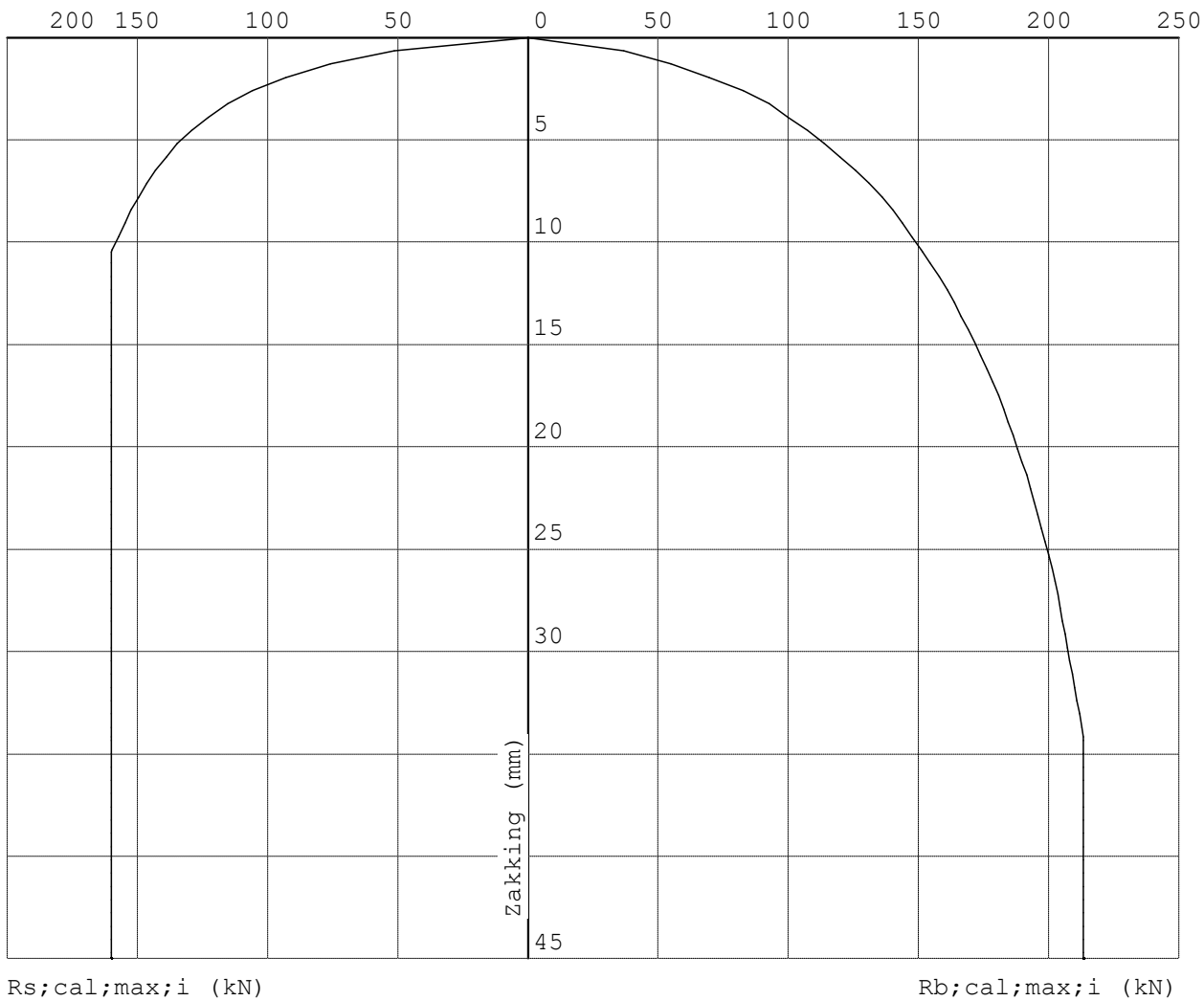
- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-15.00 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



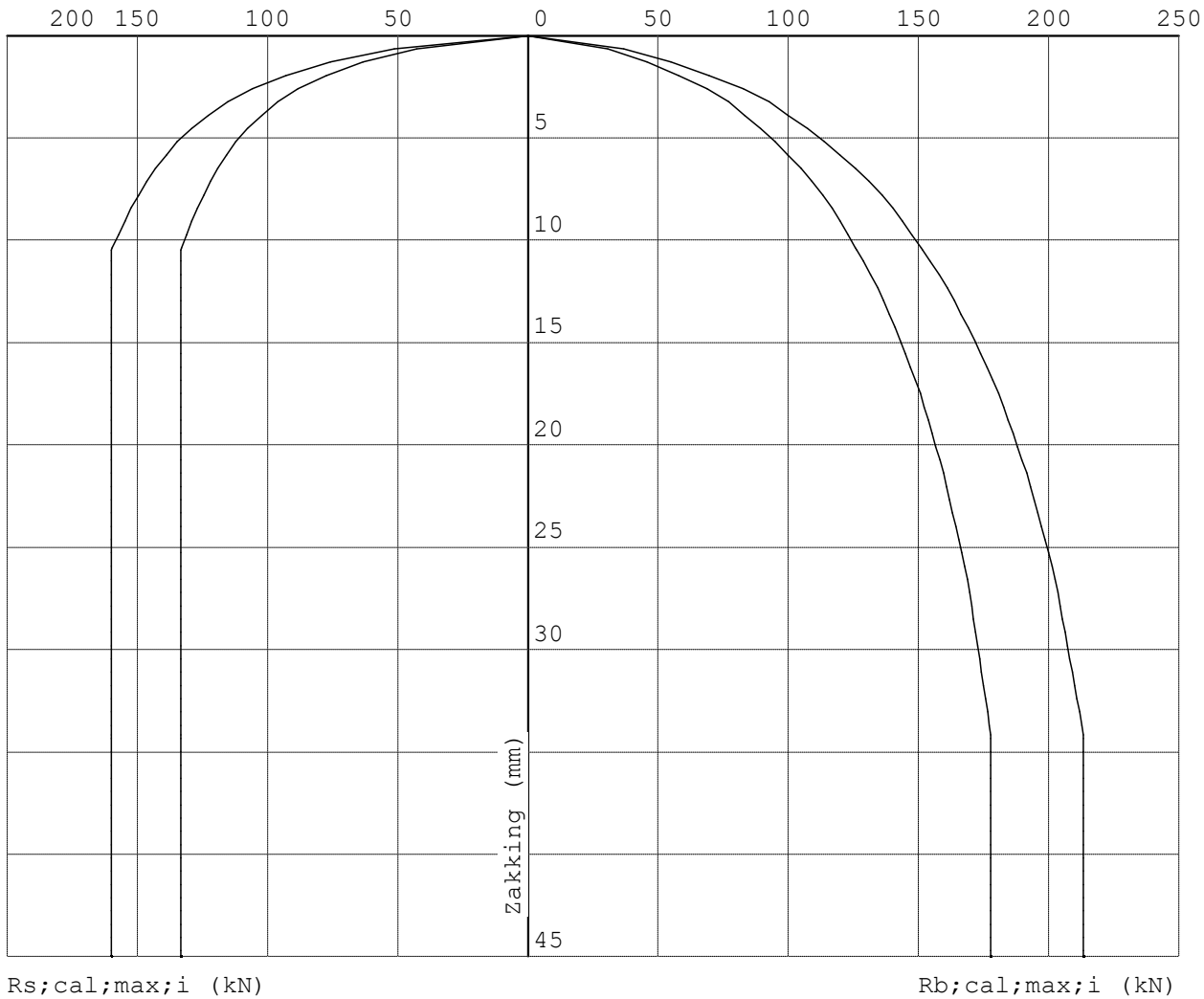
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



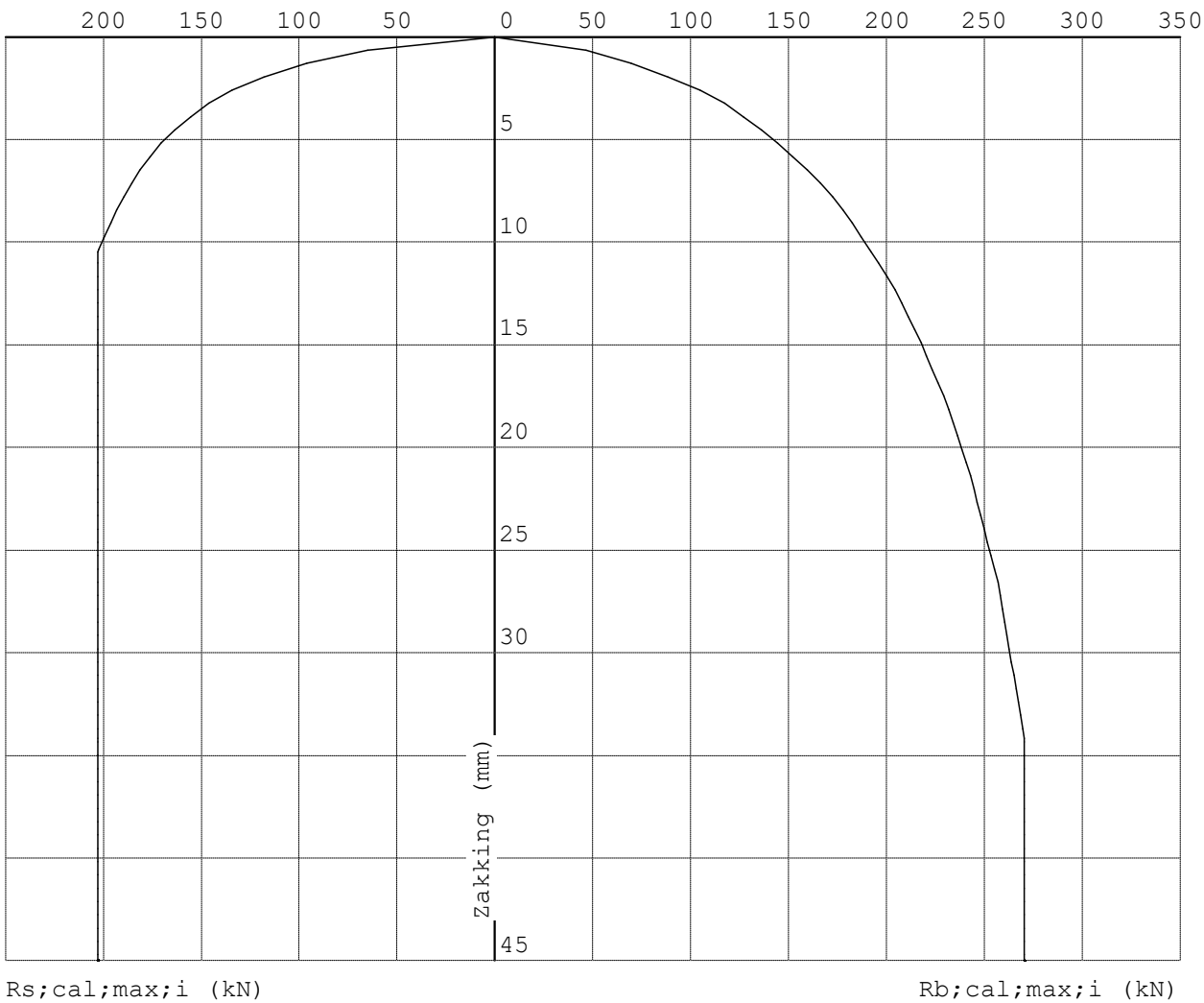
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

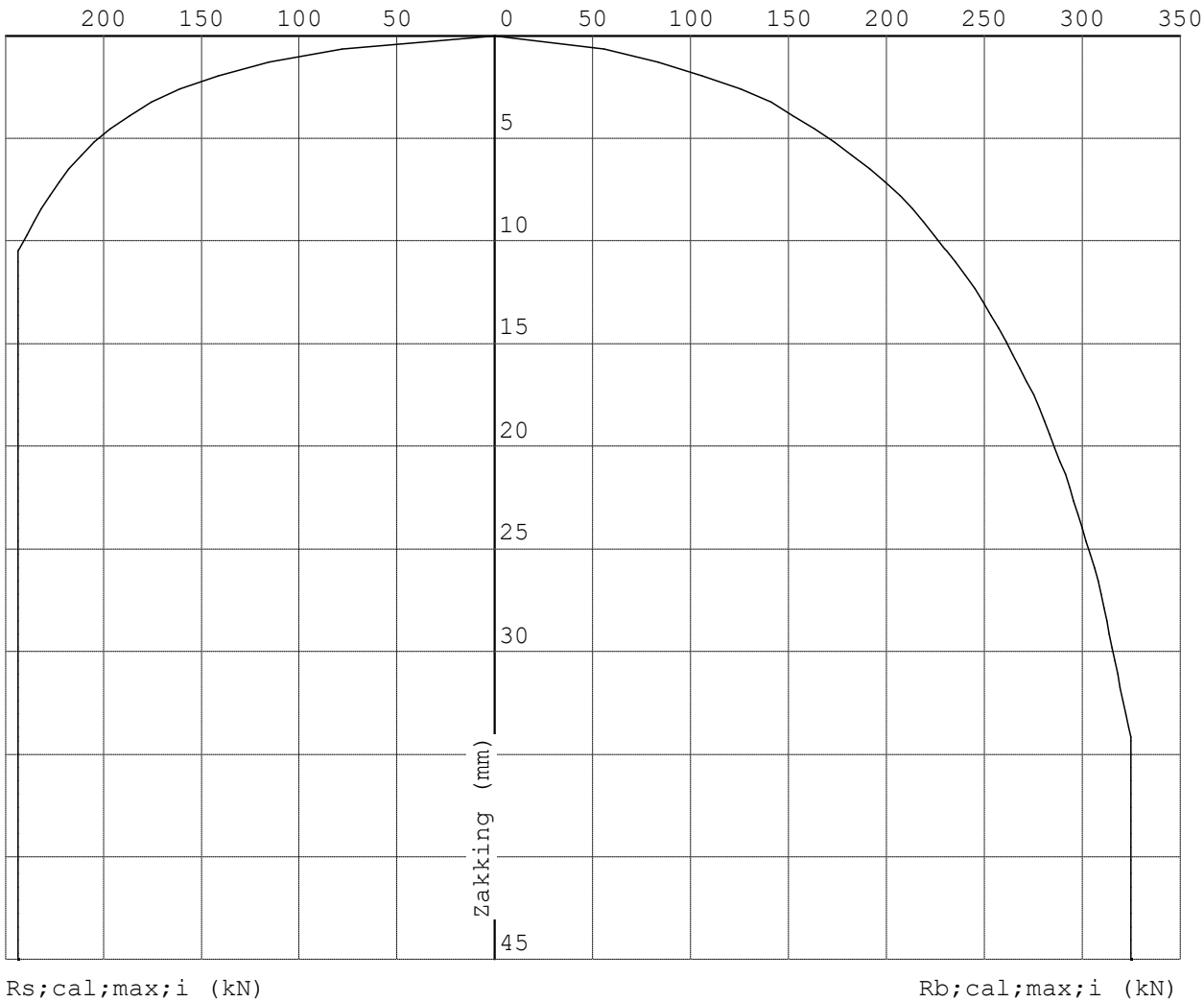
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-15.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

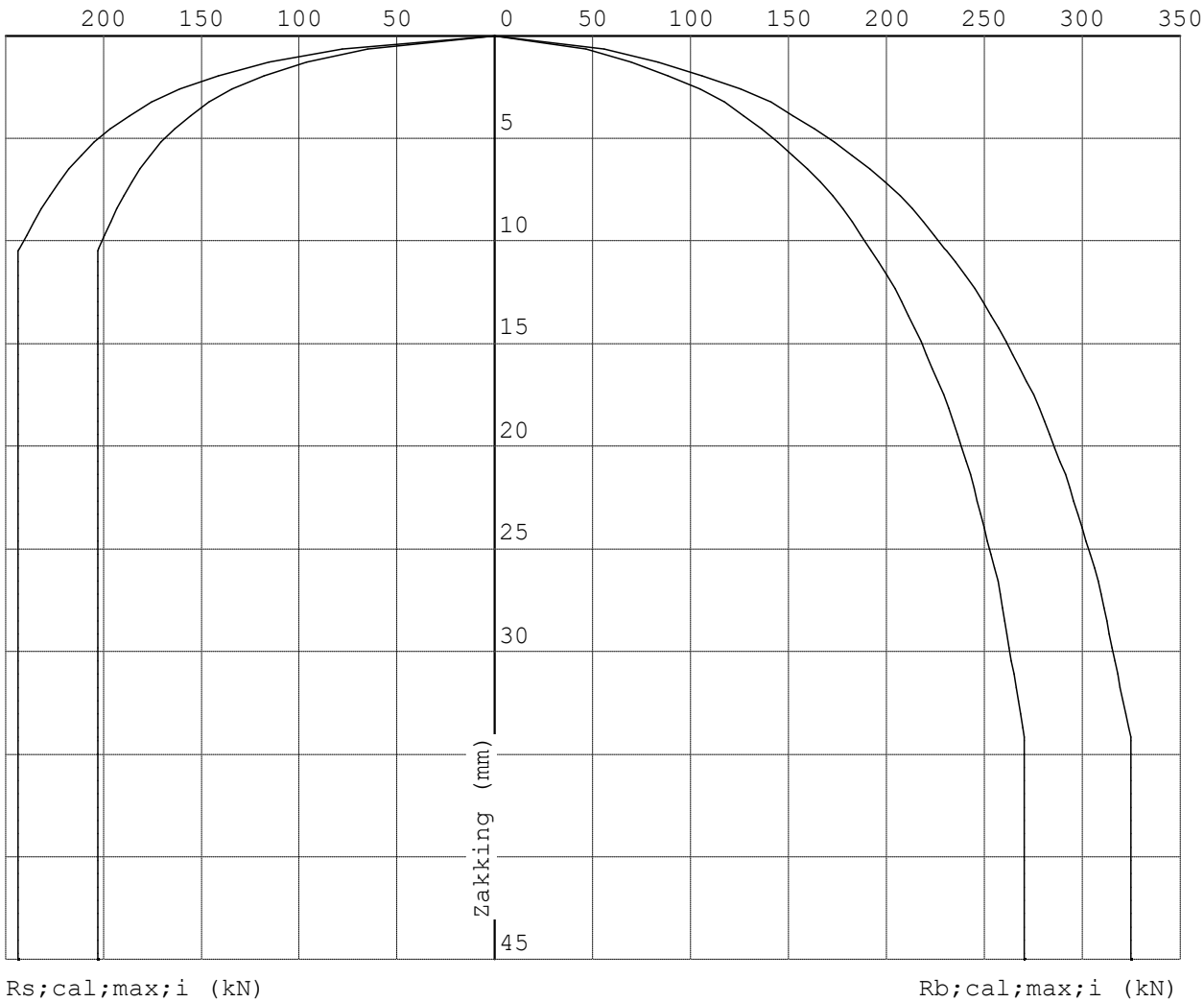
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



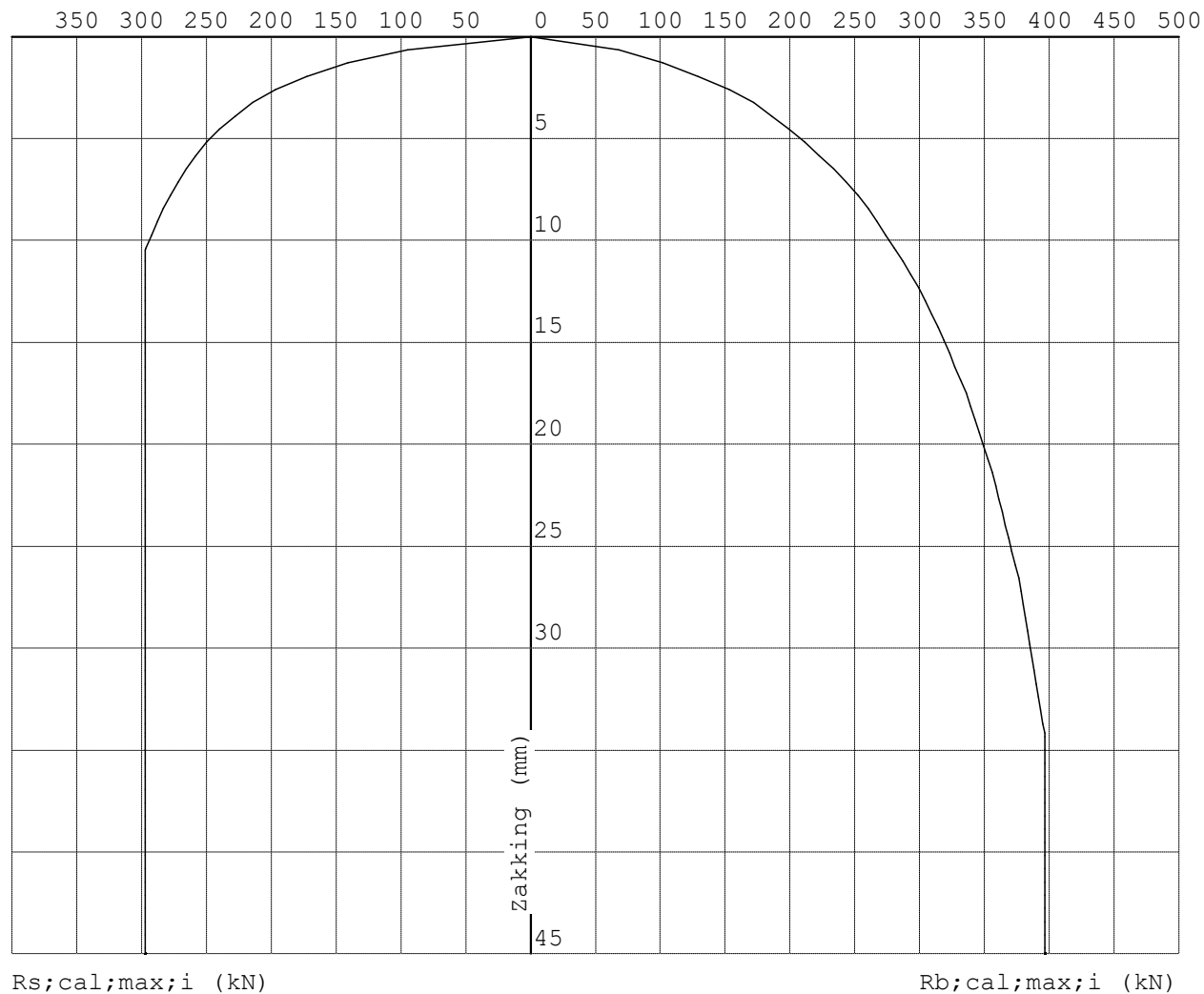
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-16.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

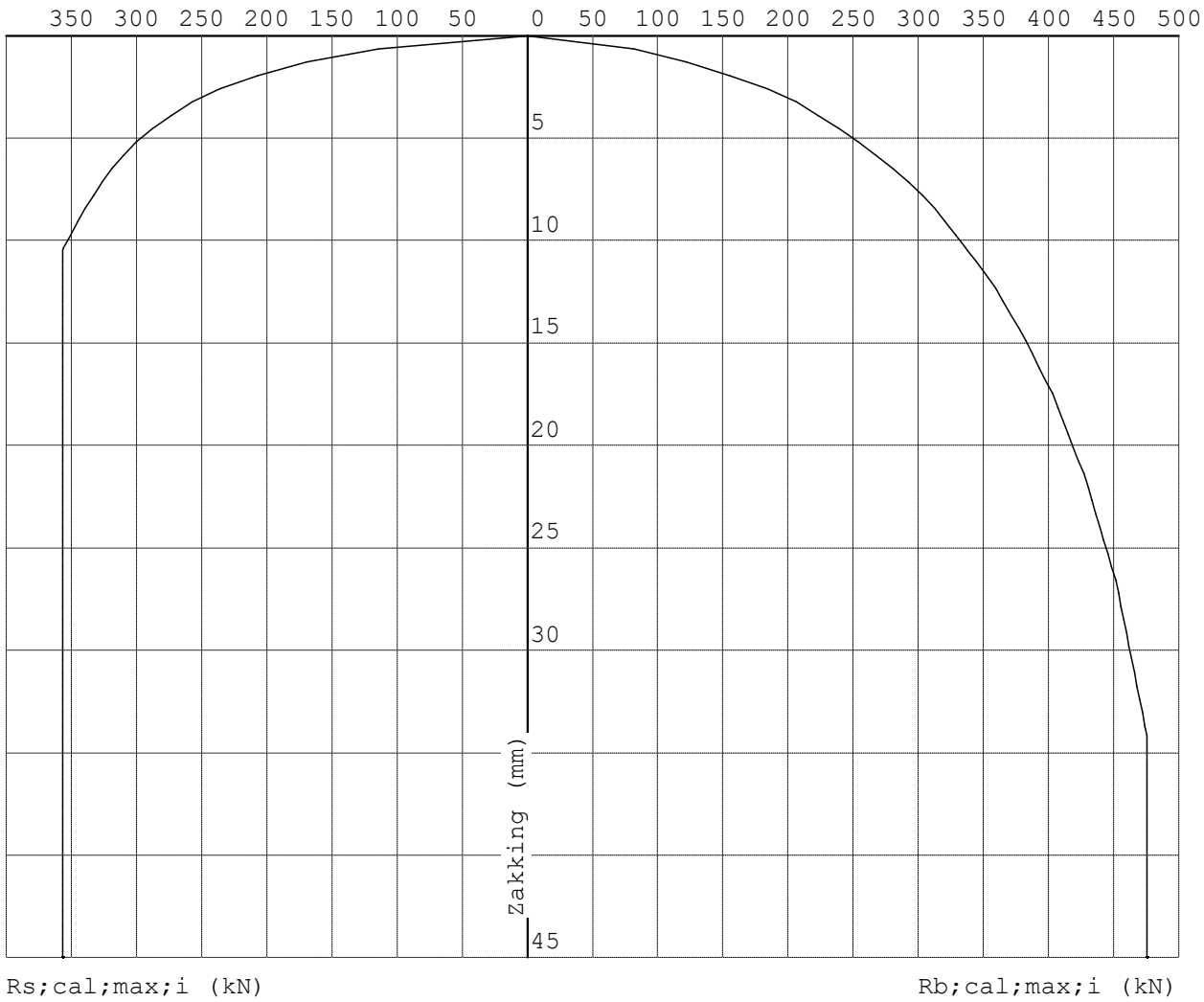
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

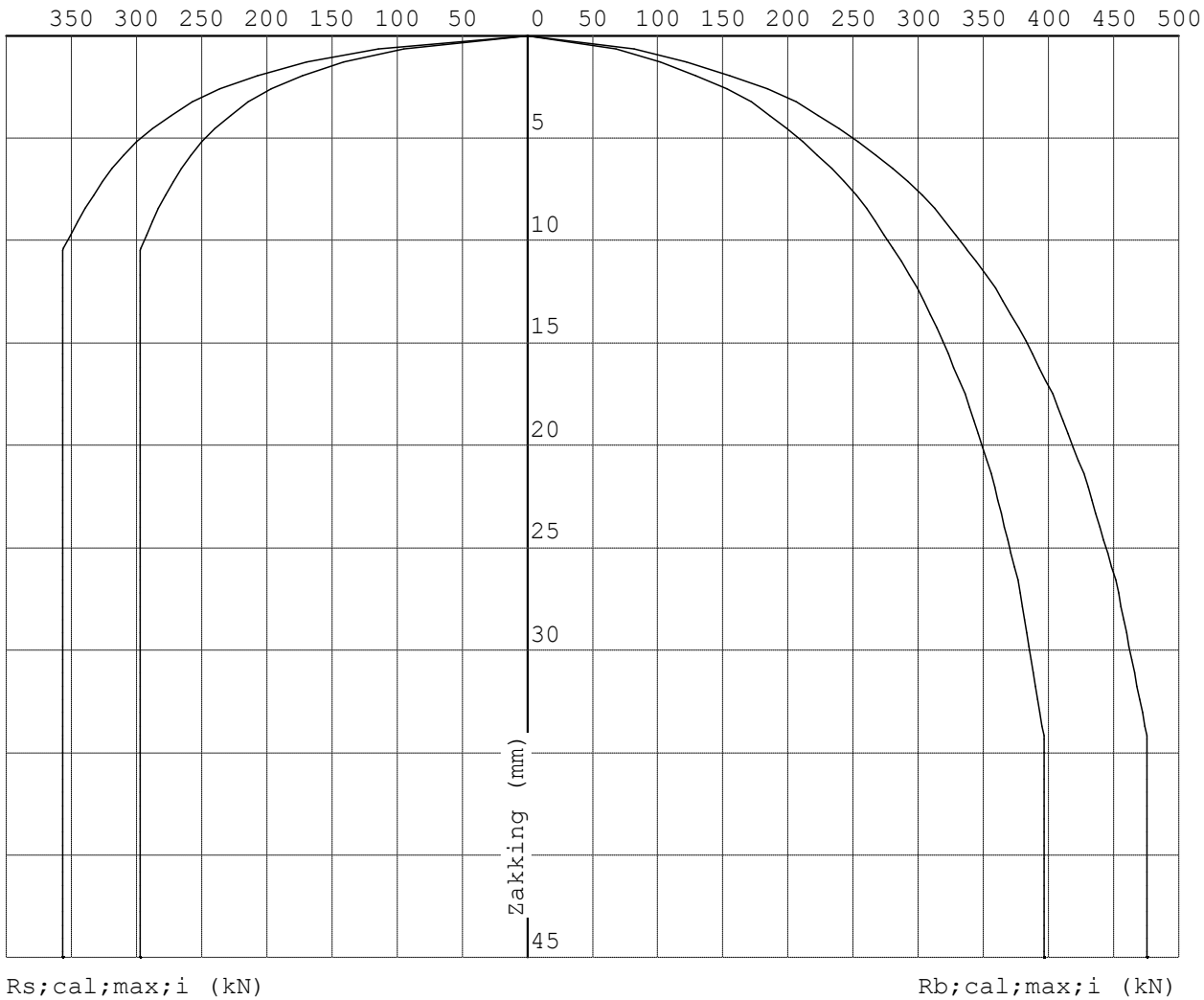
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



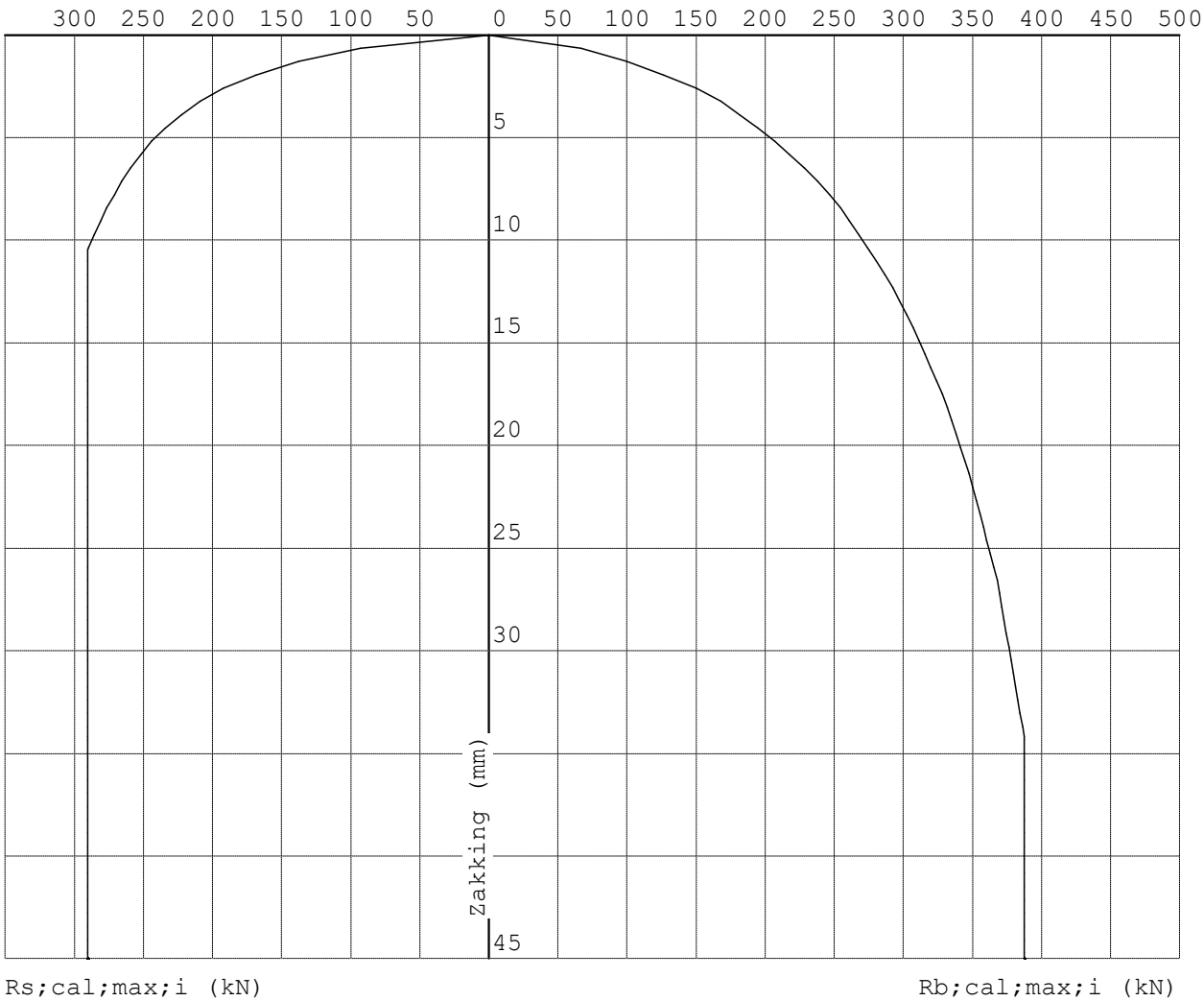
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

- Uitgangspunten**
- gehanteerde sondering : Sondering 1
 - gehanteerde paal : Paal Ø 324
 - paalpuntniveau : N.A.P.-16.50 m
 - correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

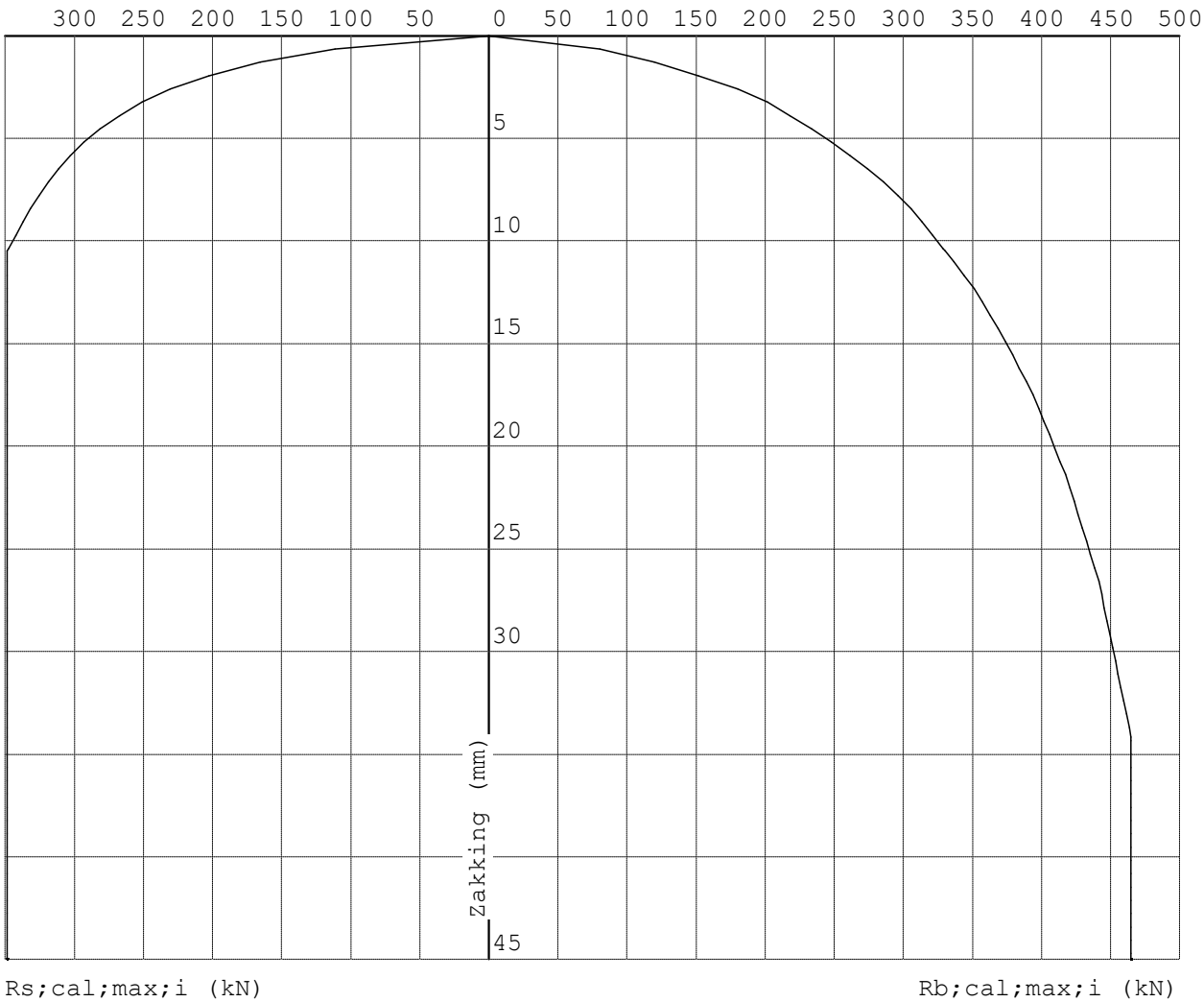
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

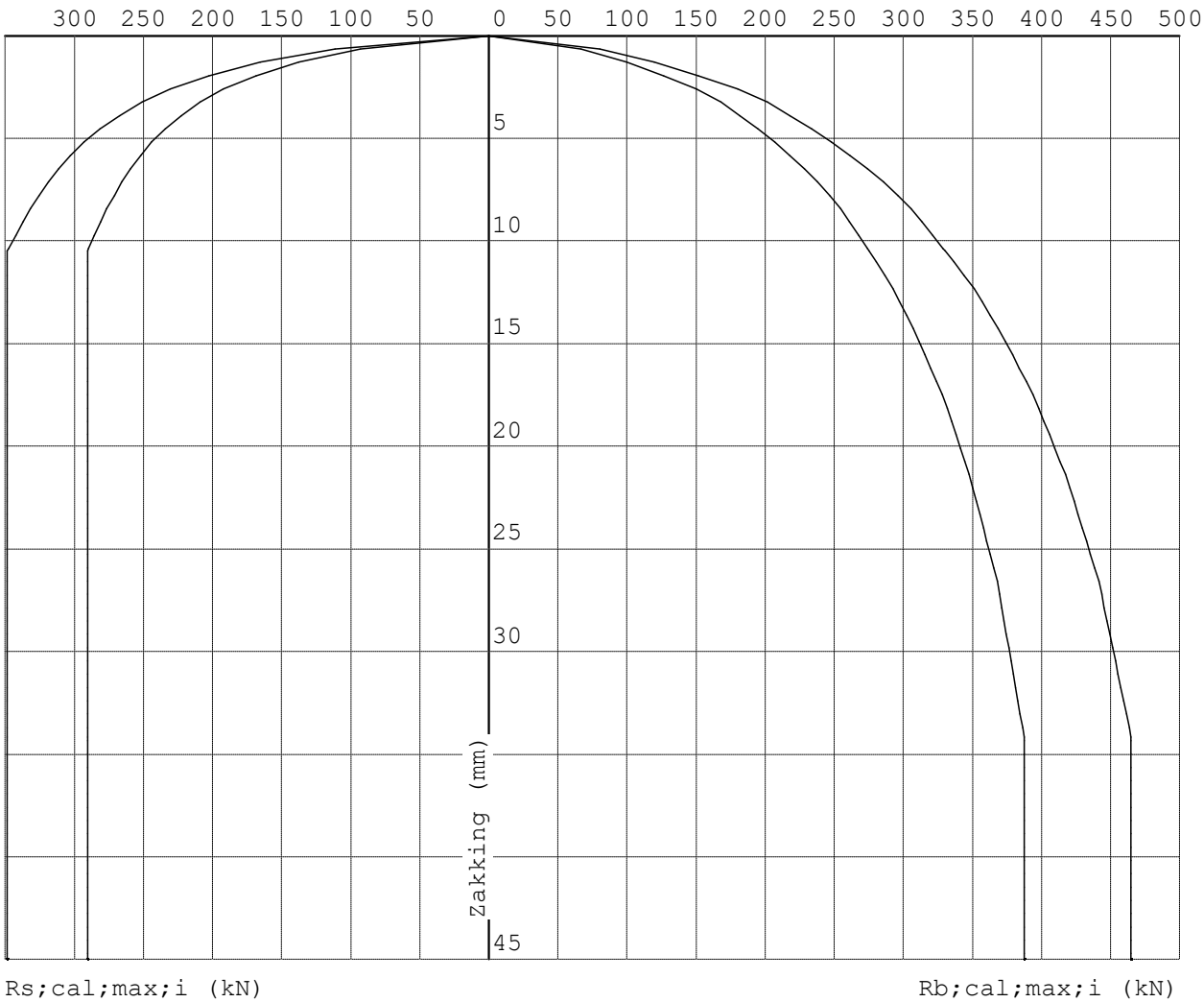
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



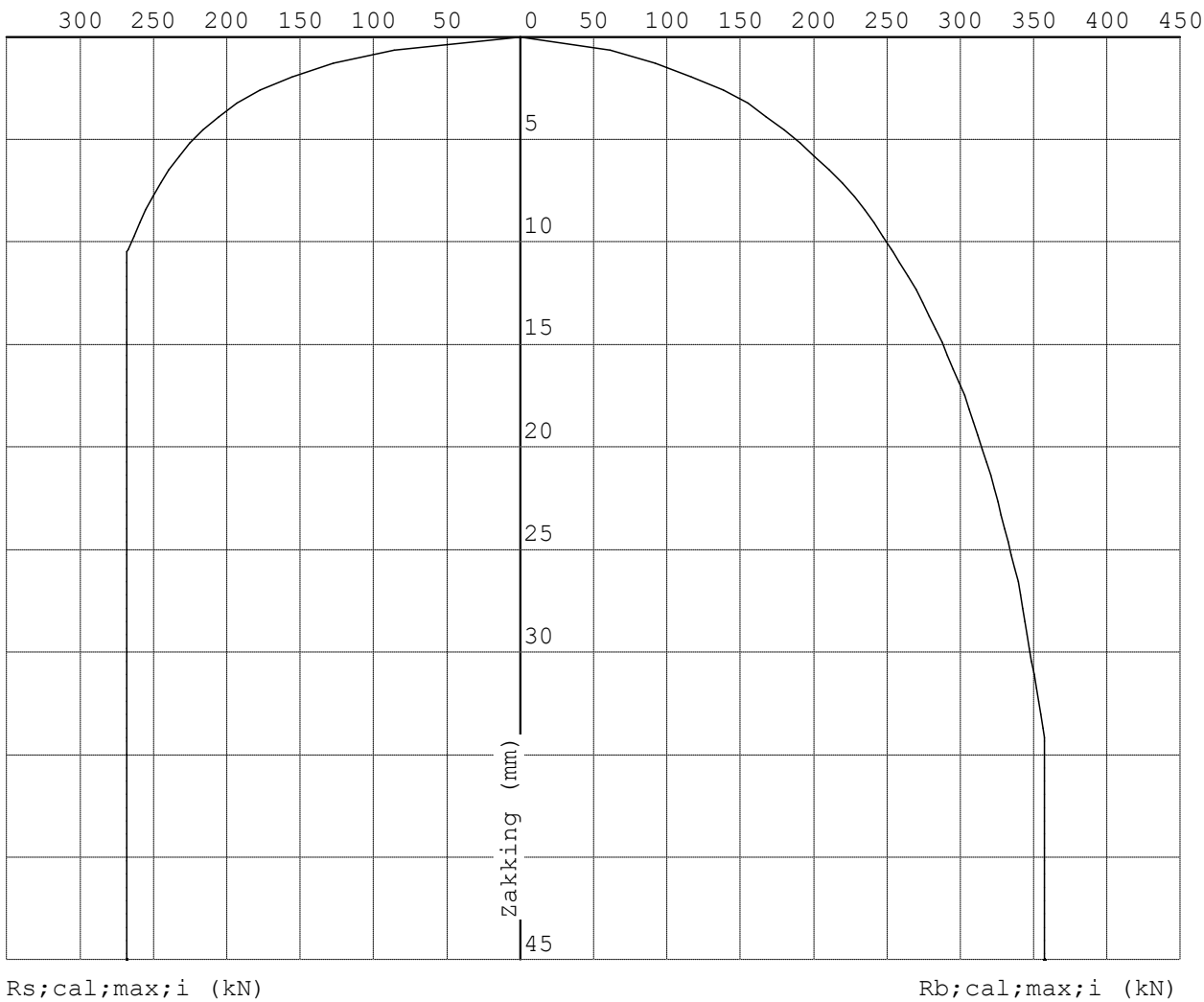
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-17.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

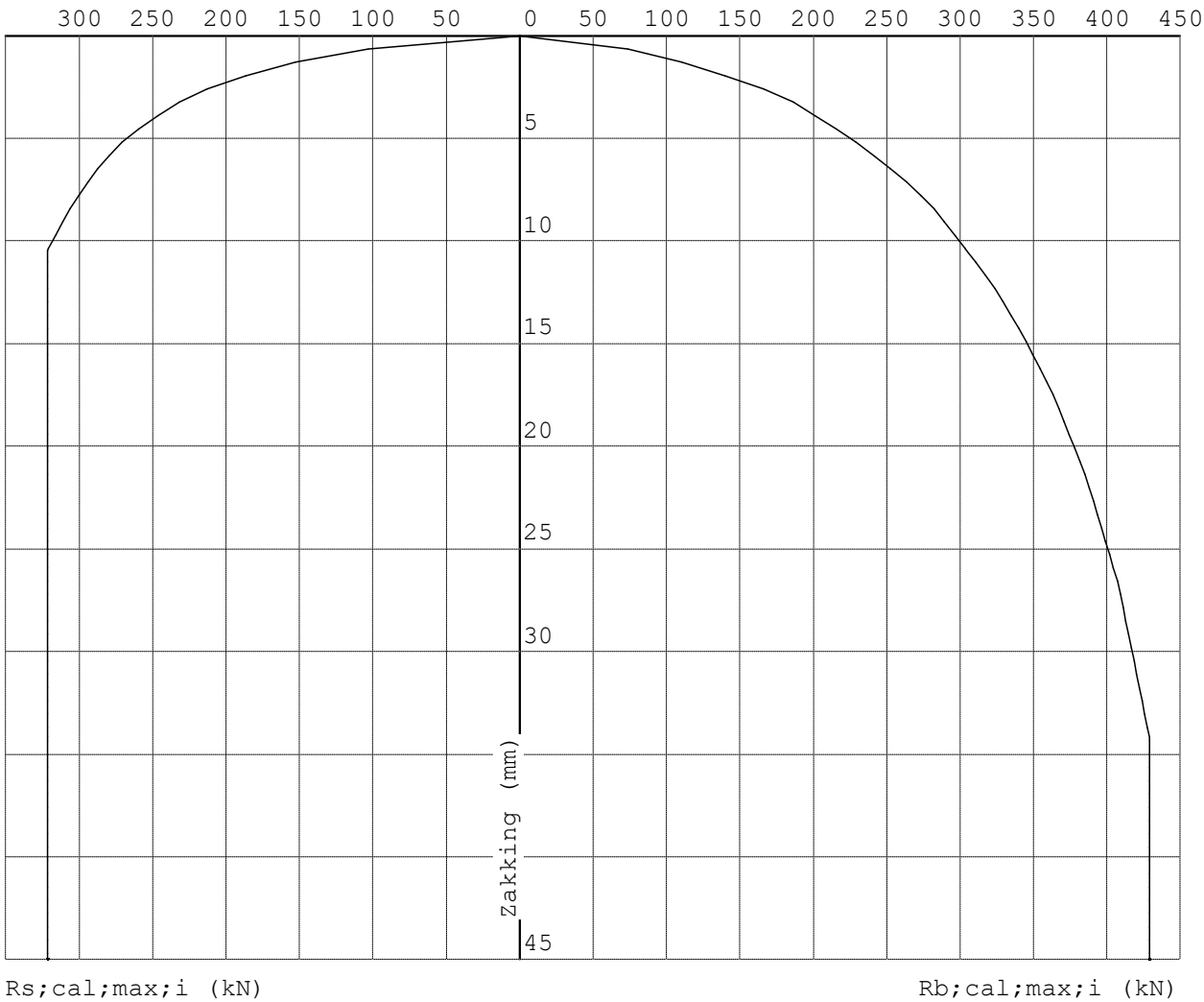
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

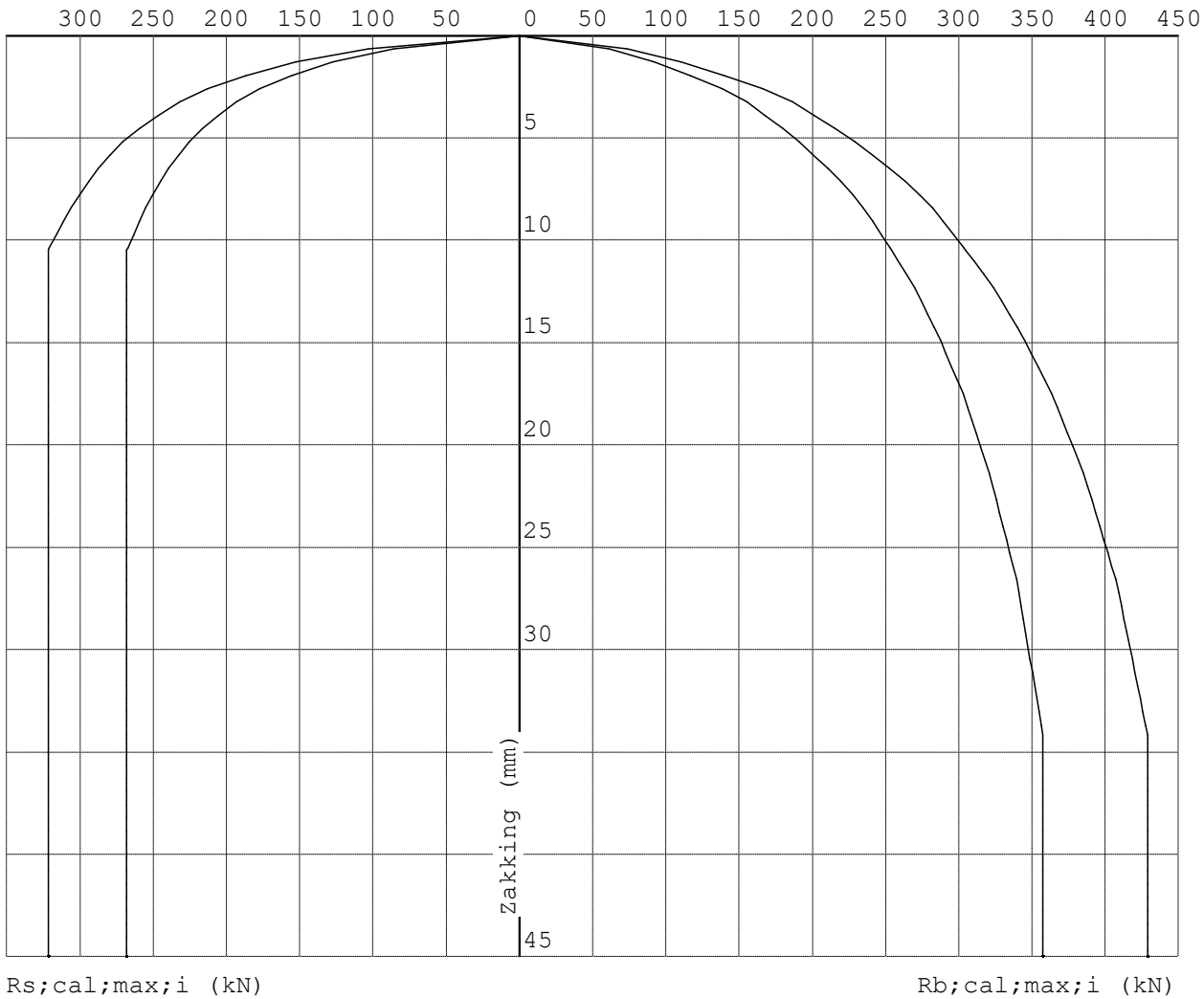
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



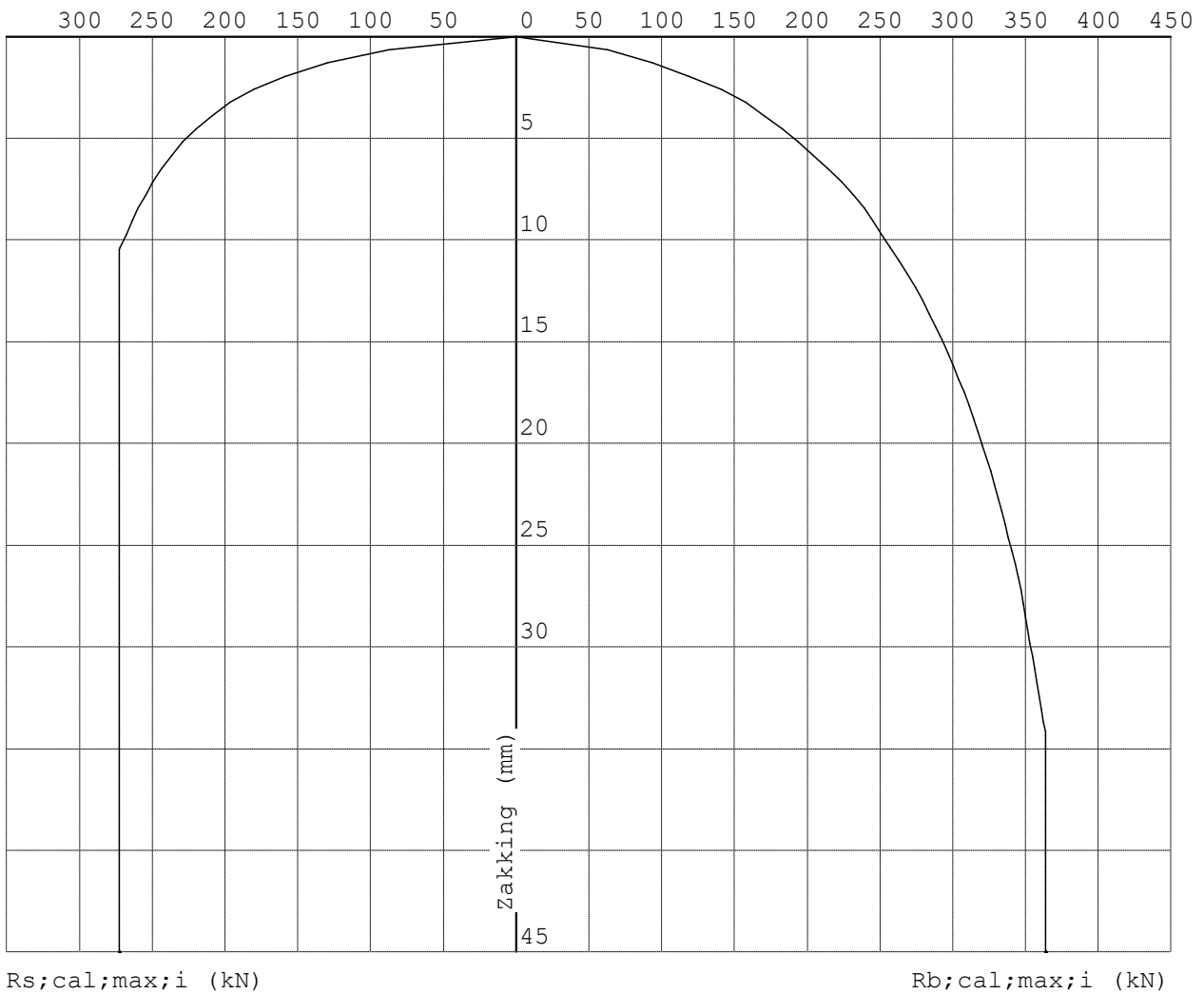
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

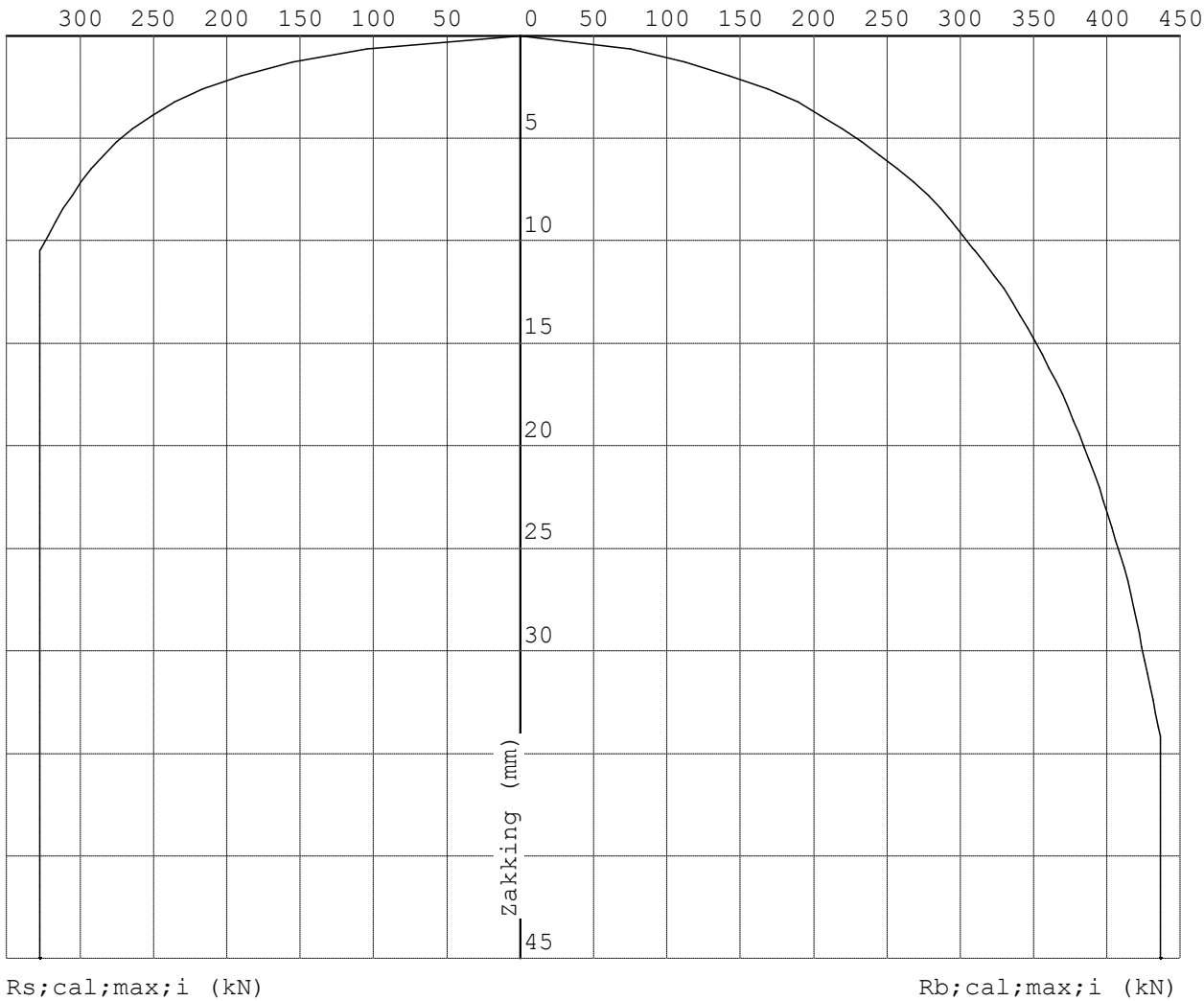
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-17.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

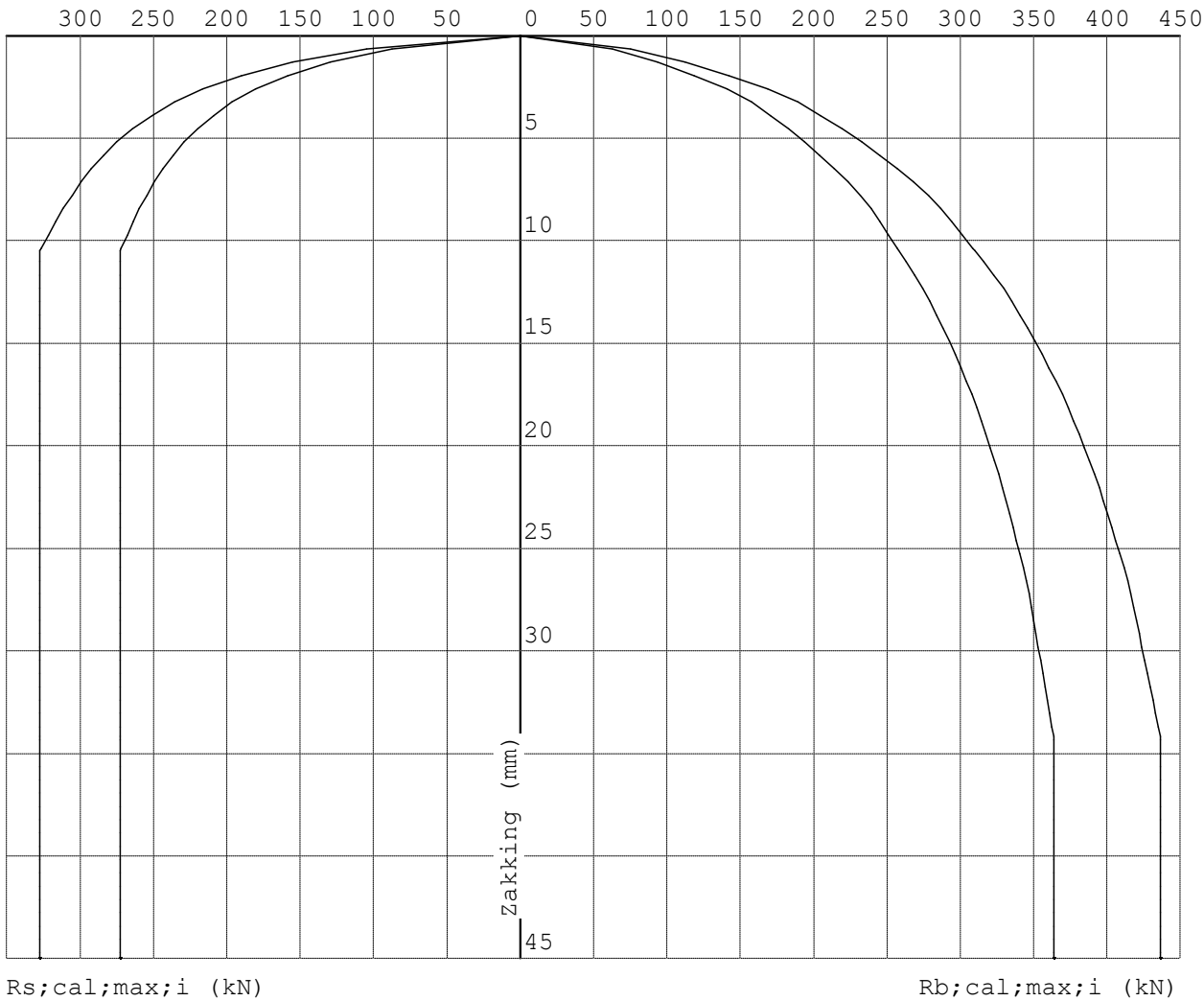
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



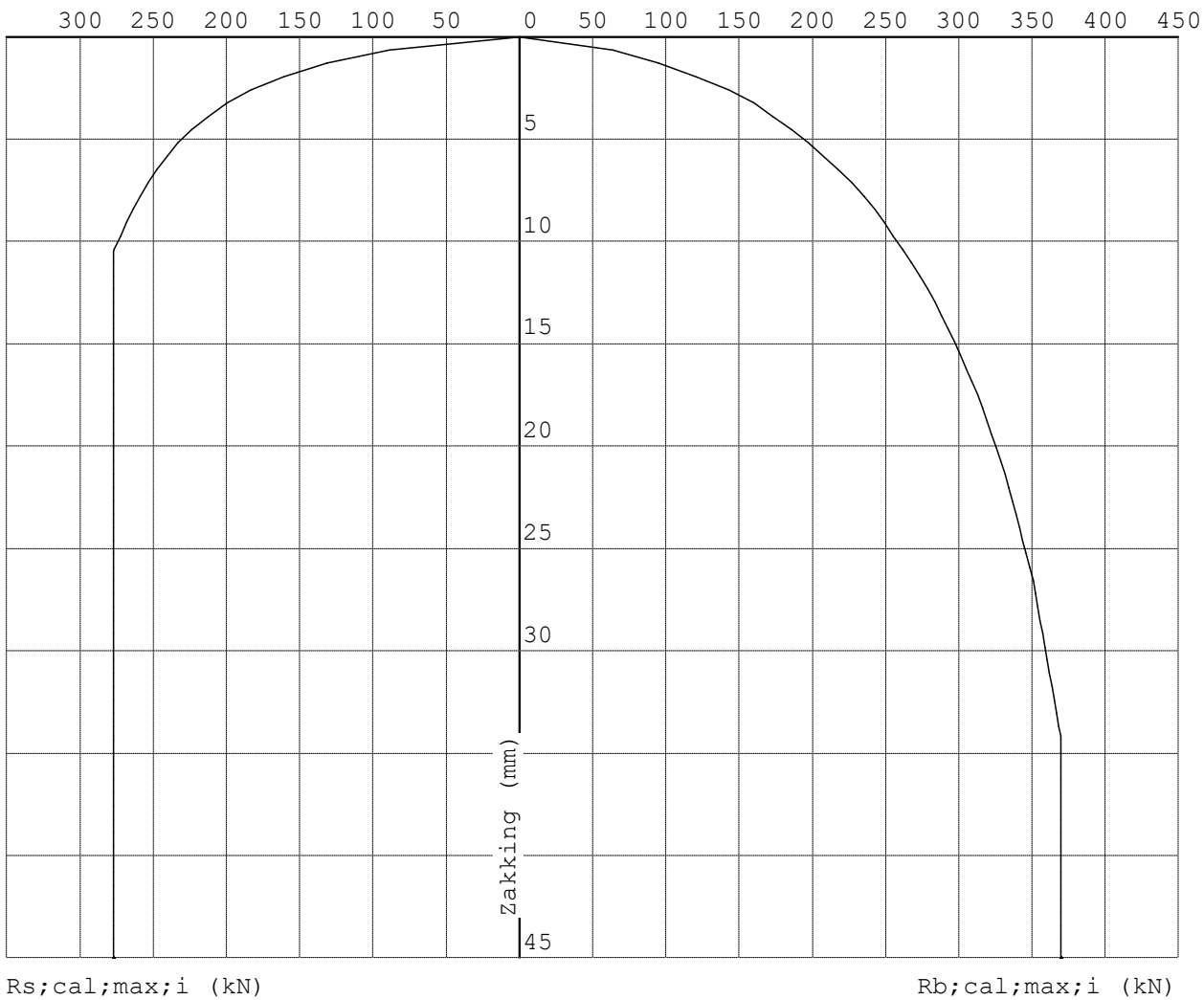
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

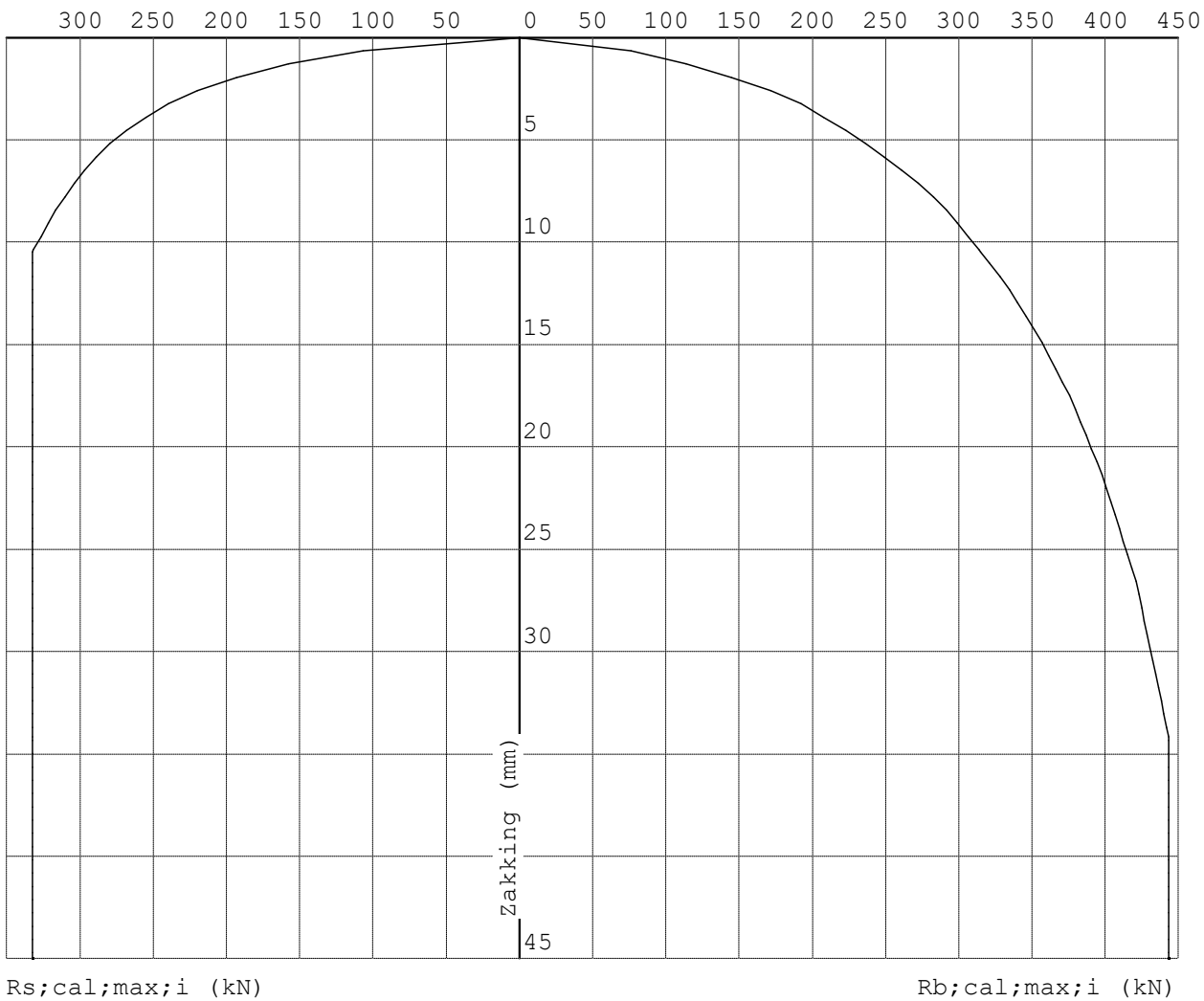
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-18.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



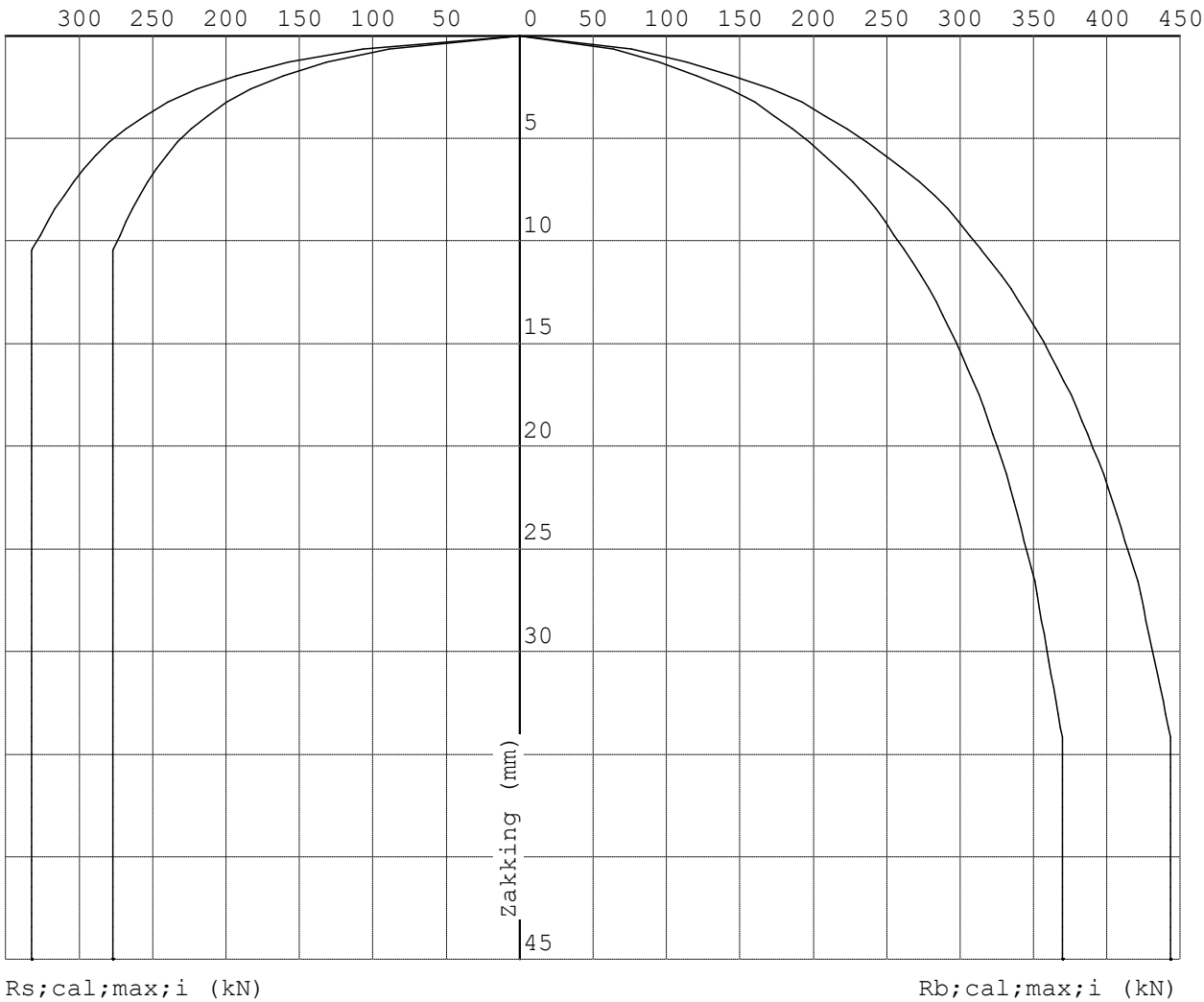
Rs;cal;max;i (kN)

Rb;cal;max;i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



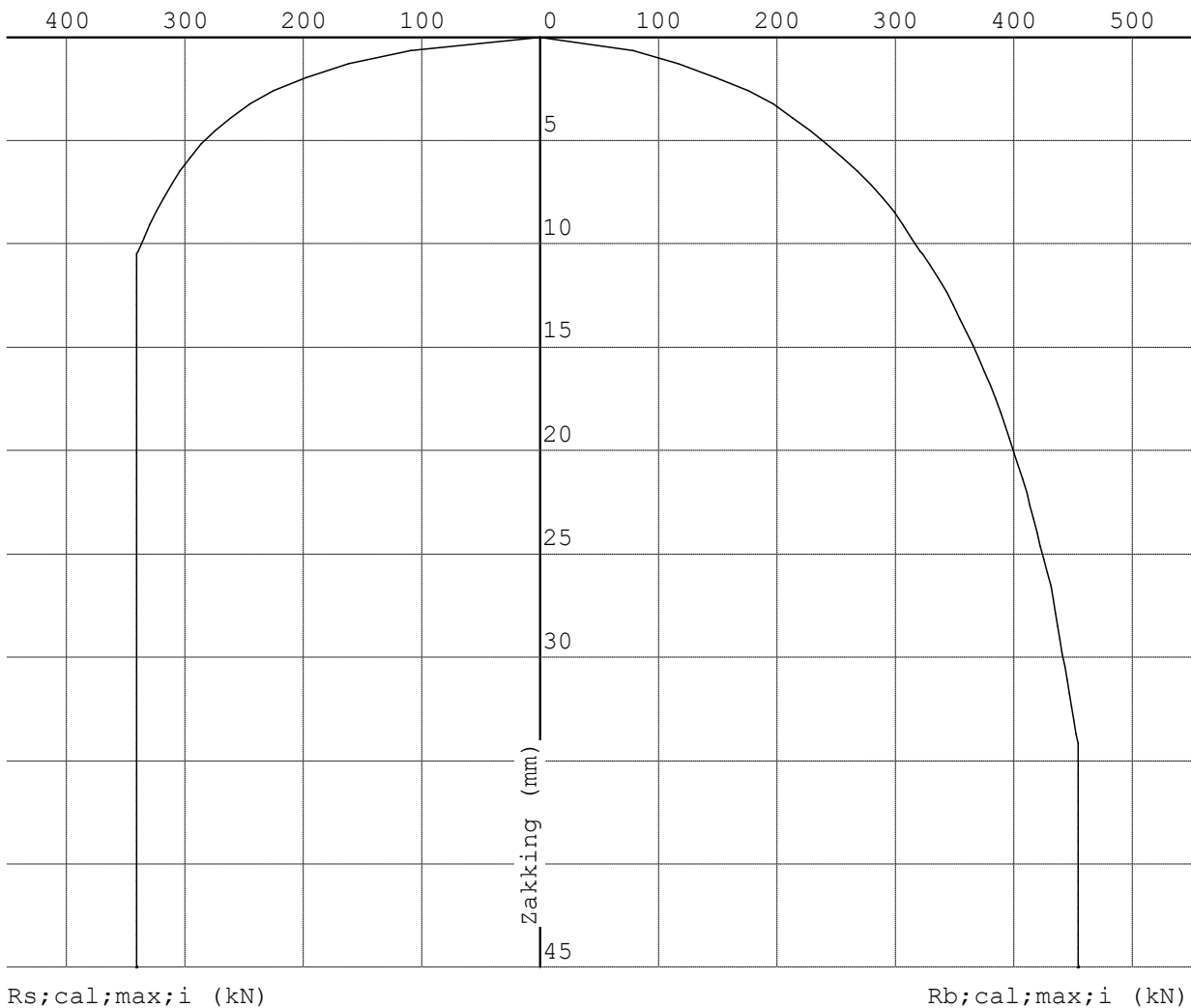
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

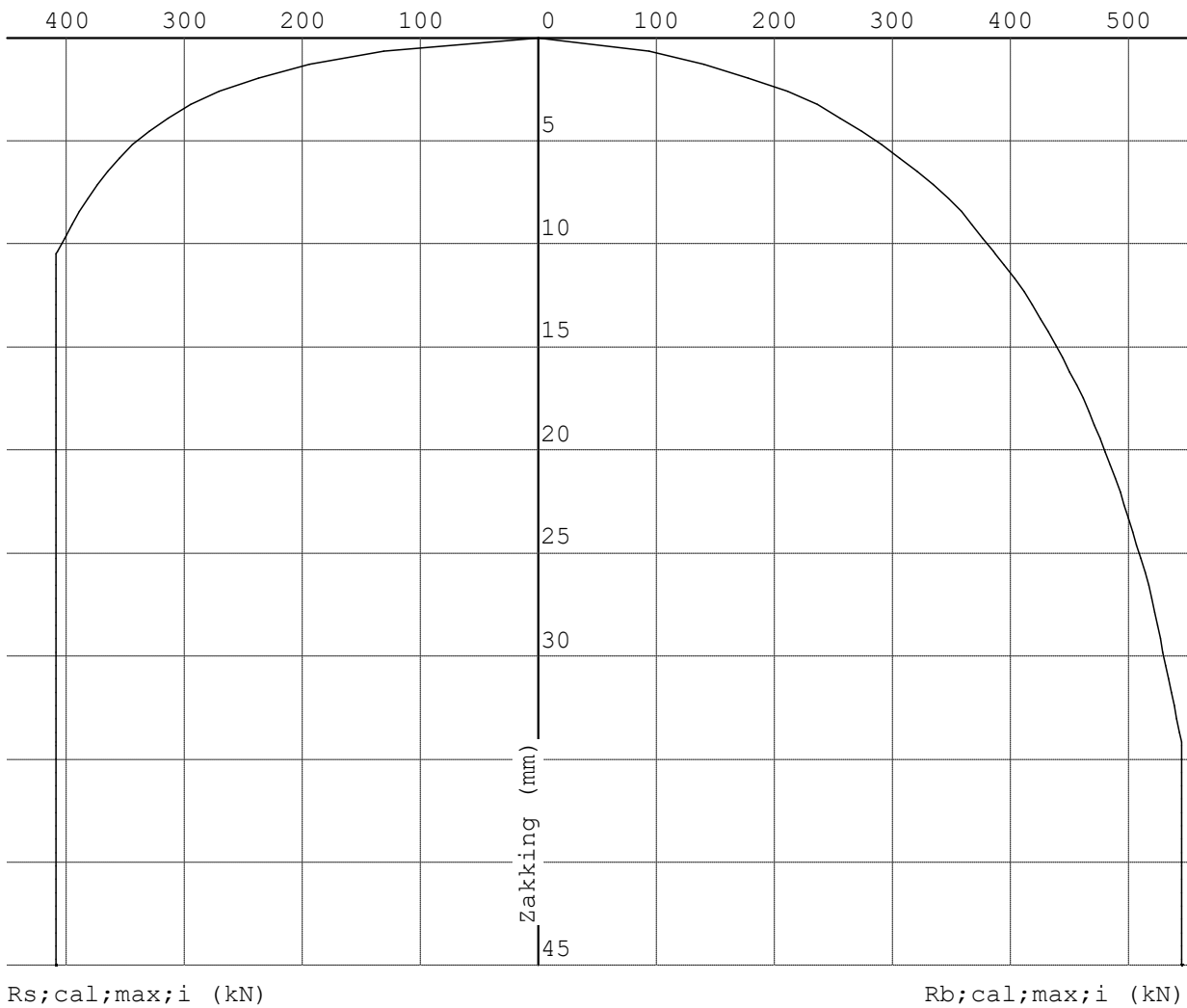
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-18.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

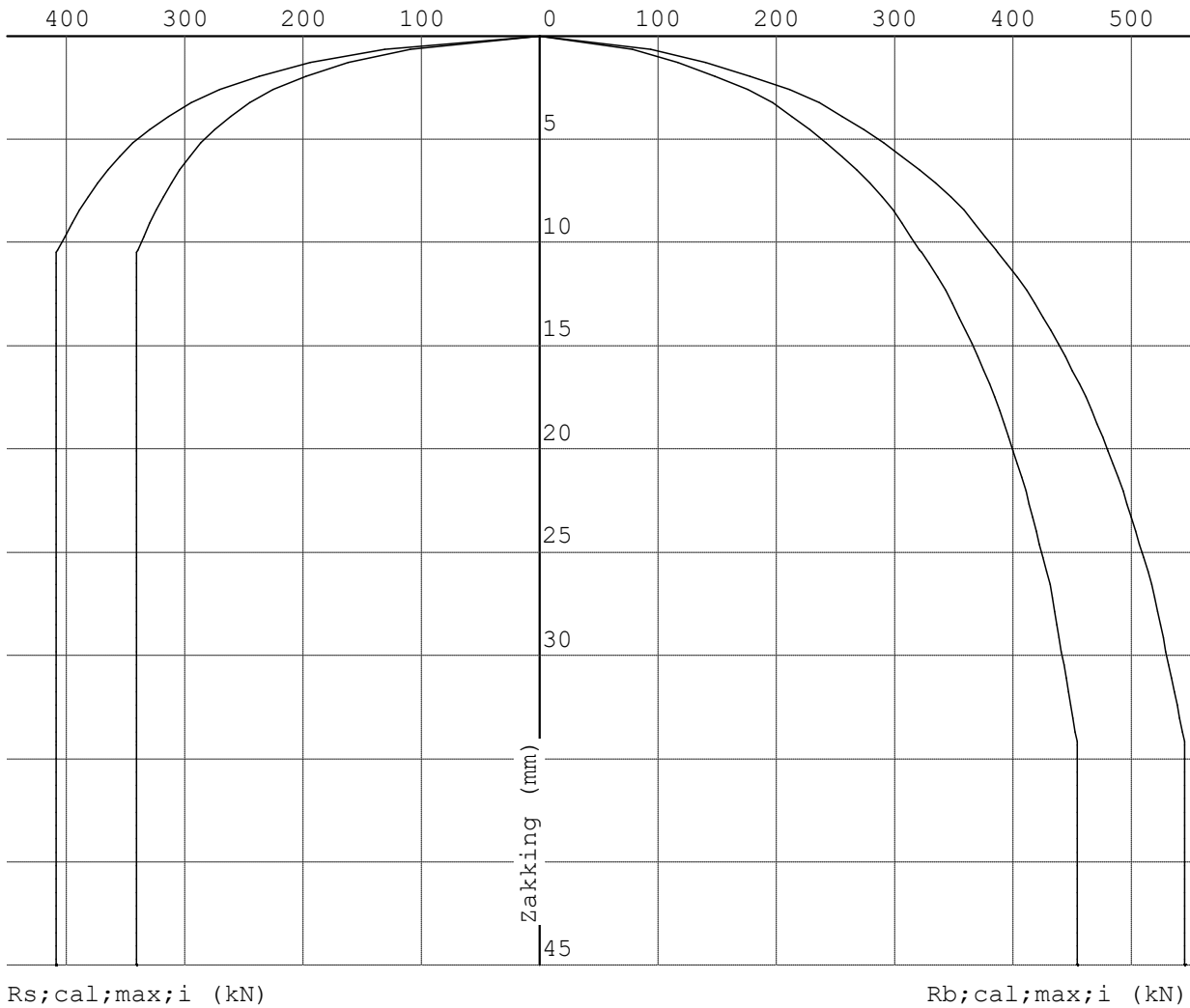
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



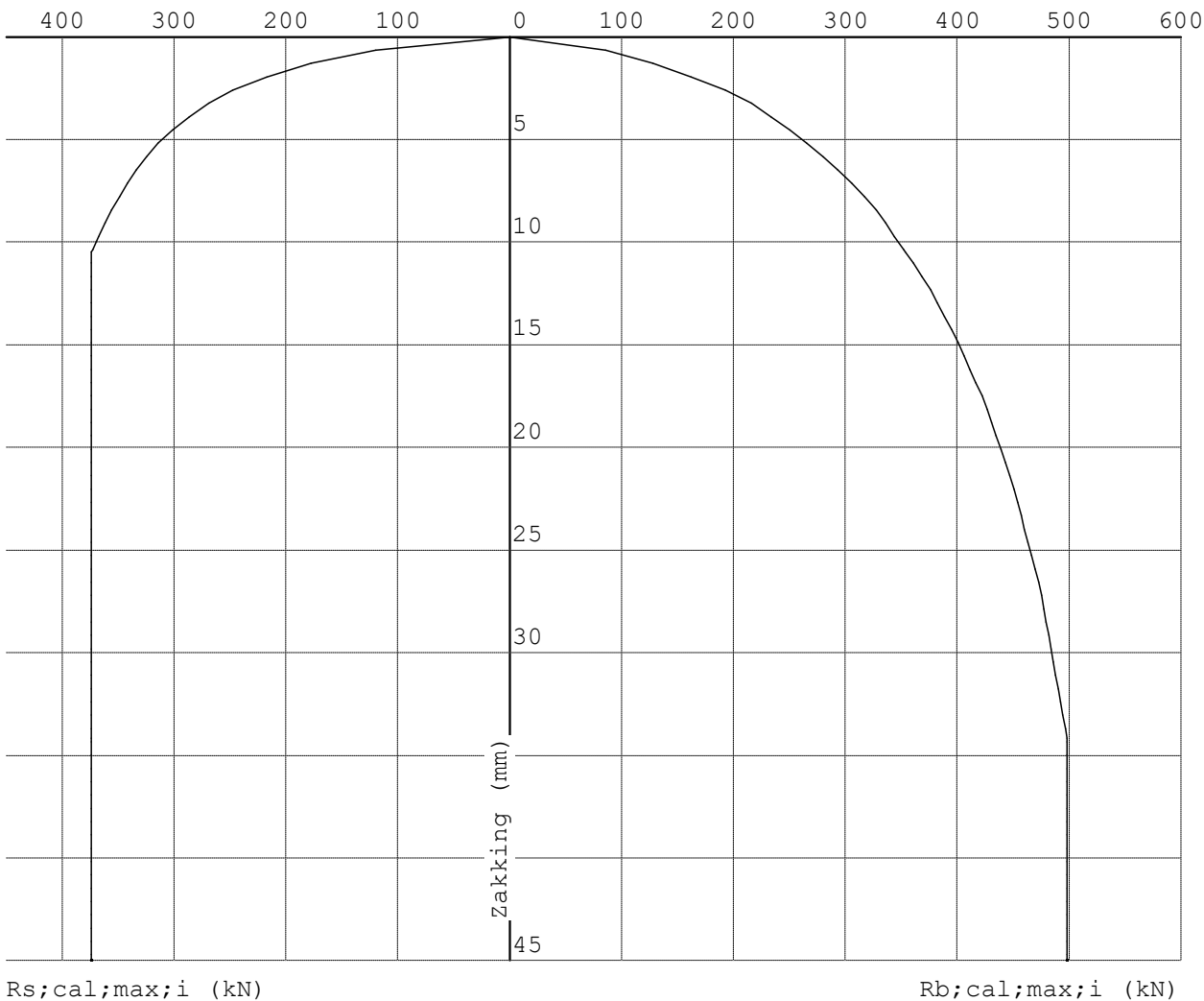
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-19.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

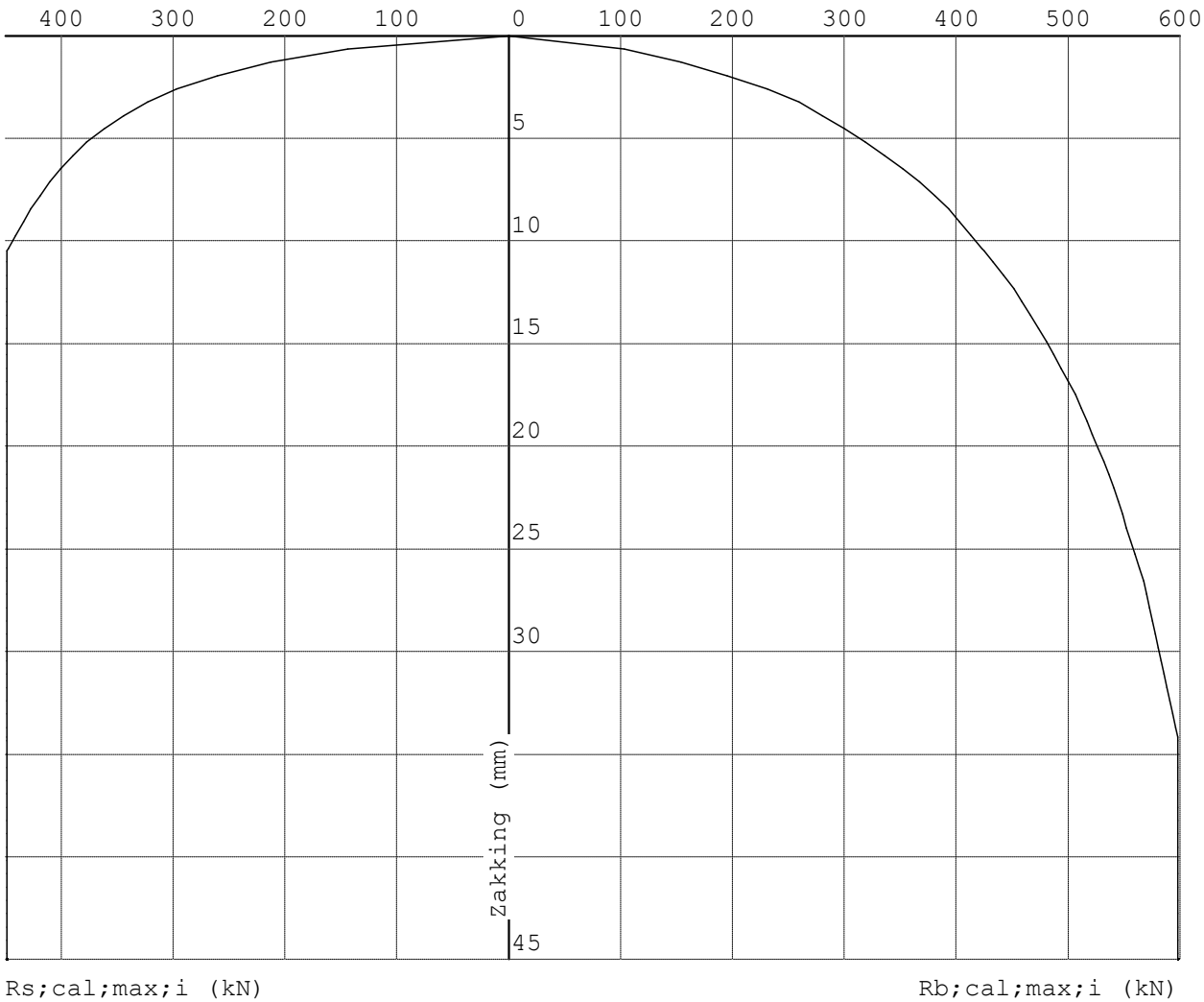
Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt

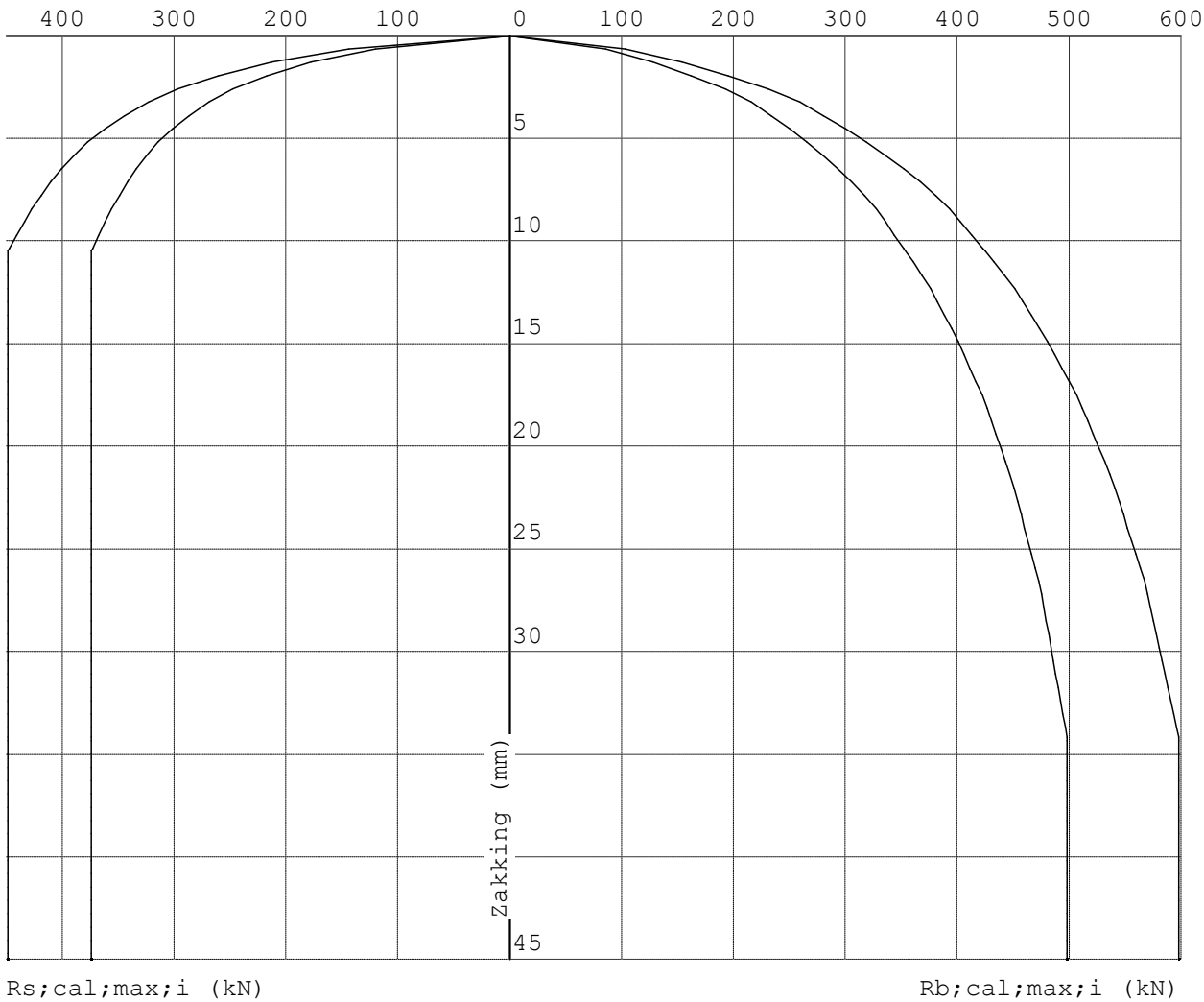
Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



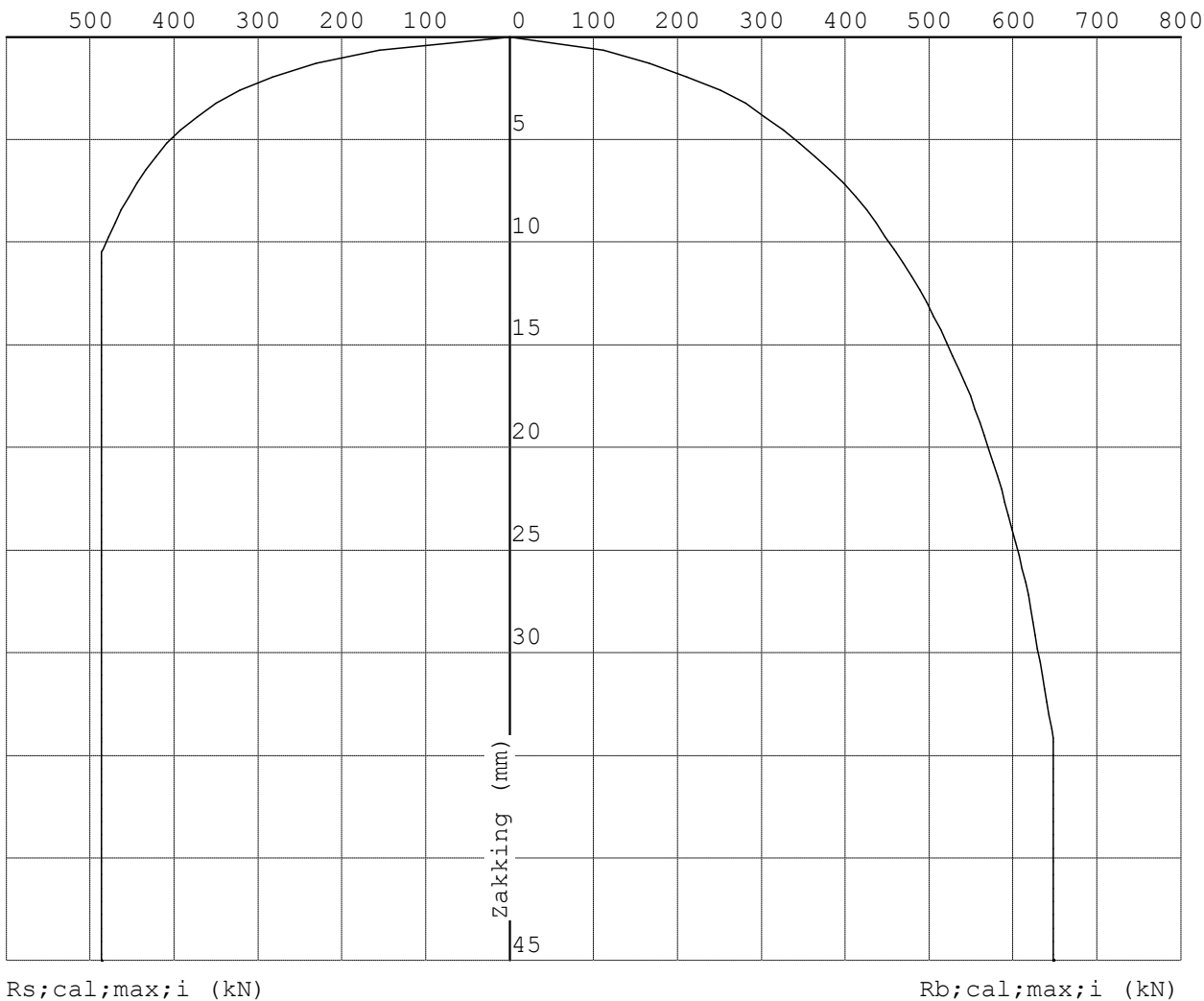
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

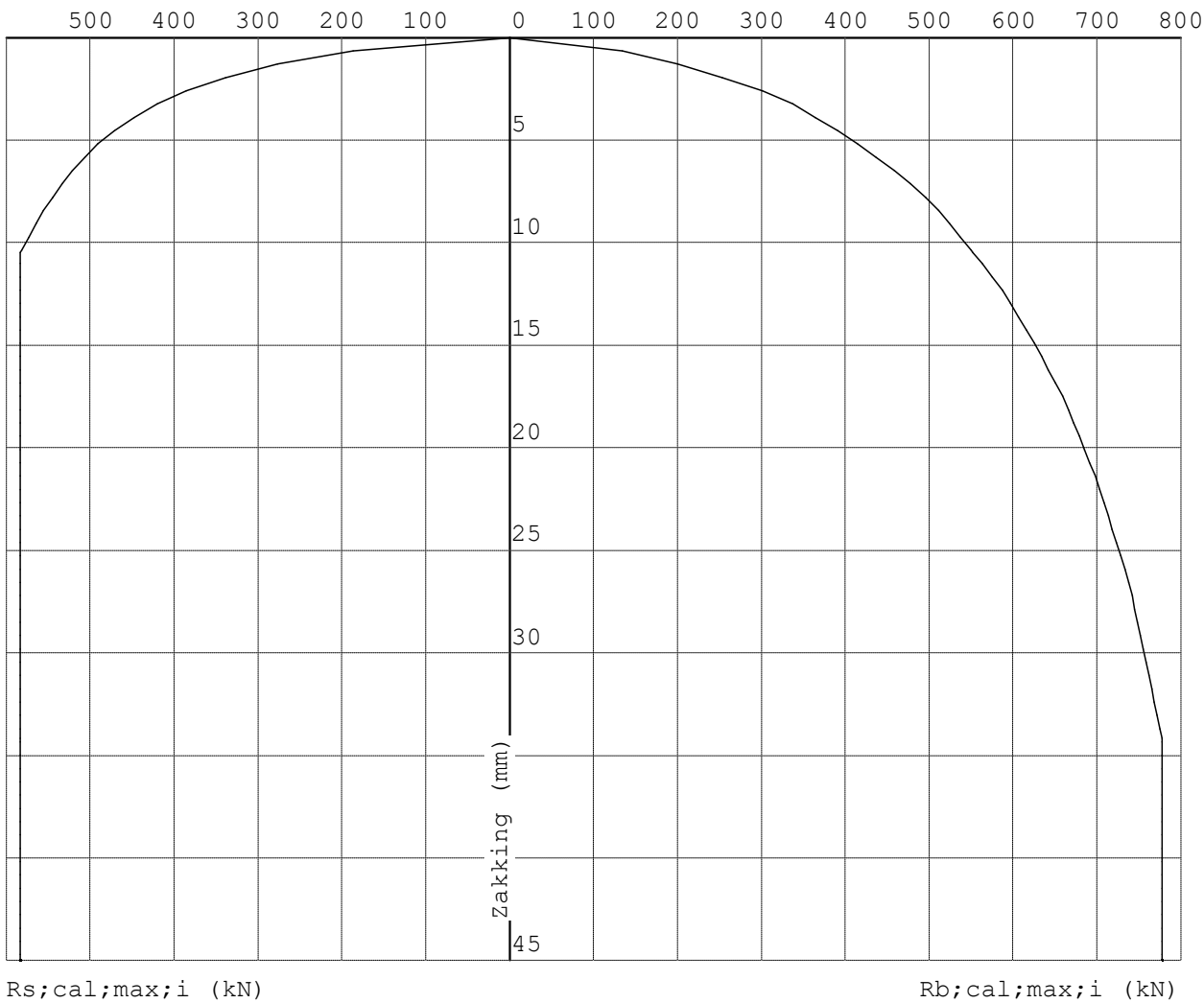
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-19.50 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



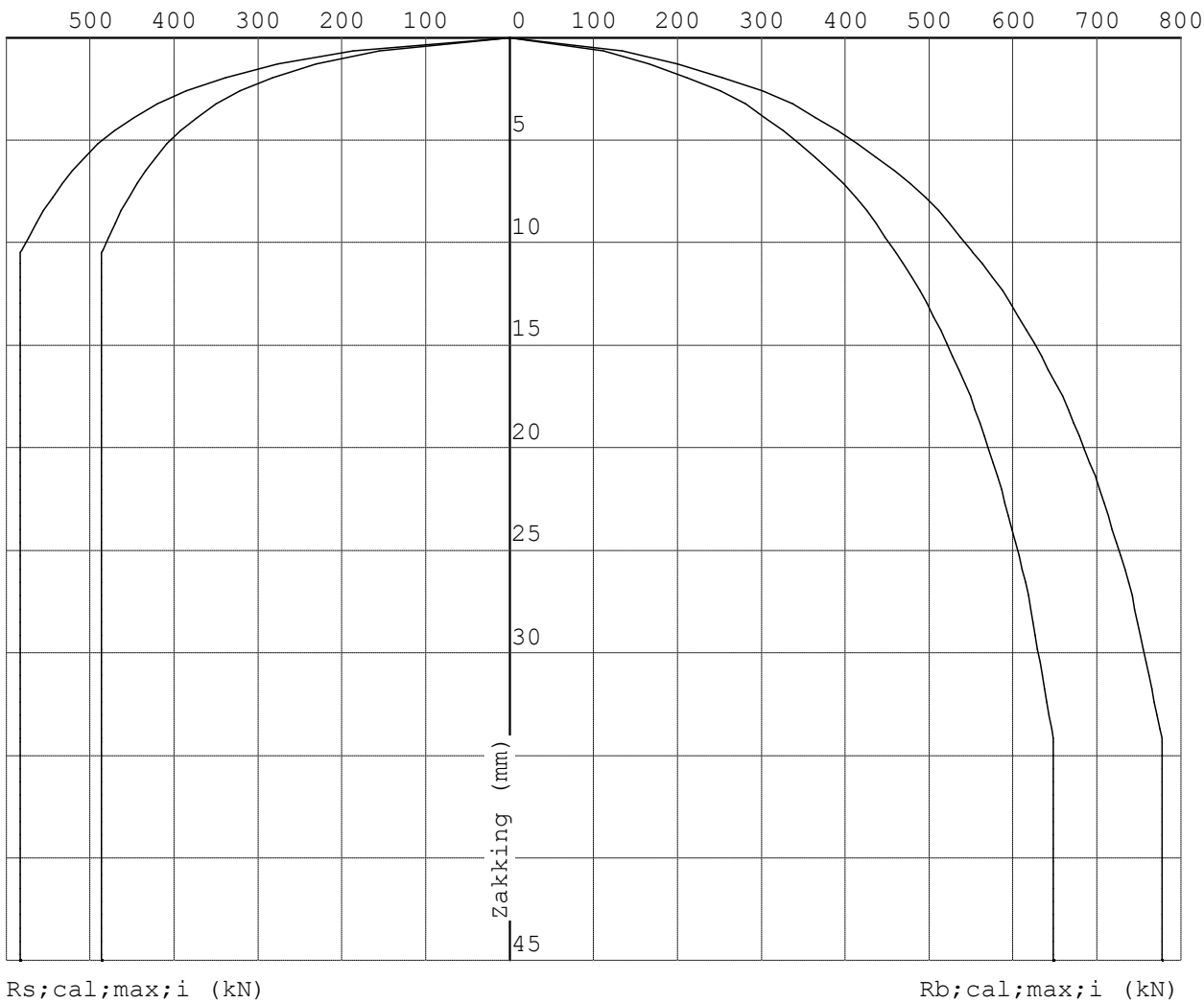
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



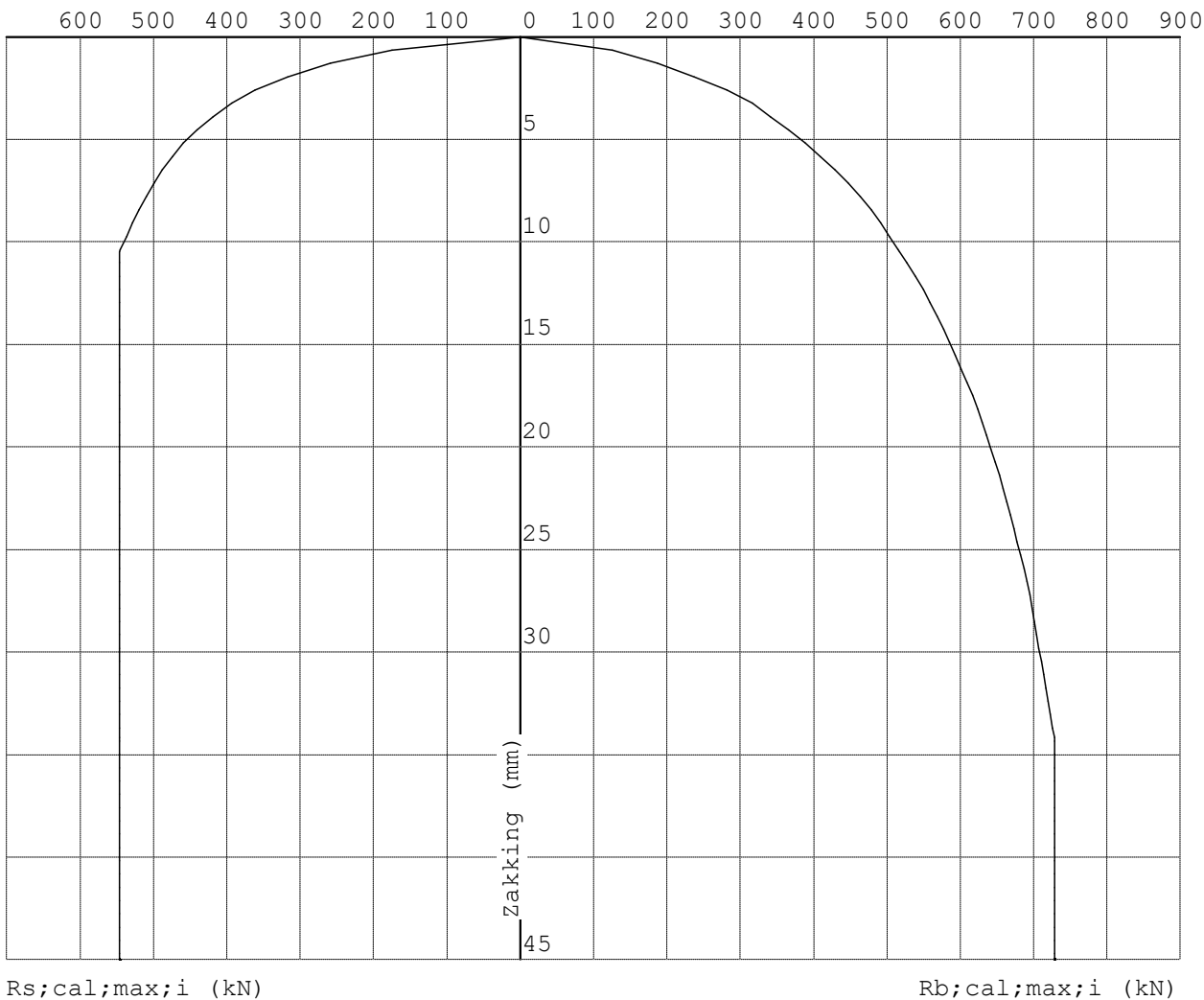
Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagvermogen

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Geval 1

Uitgangspunten

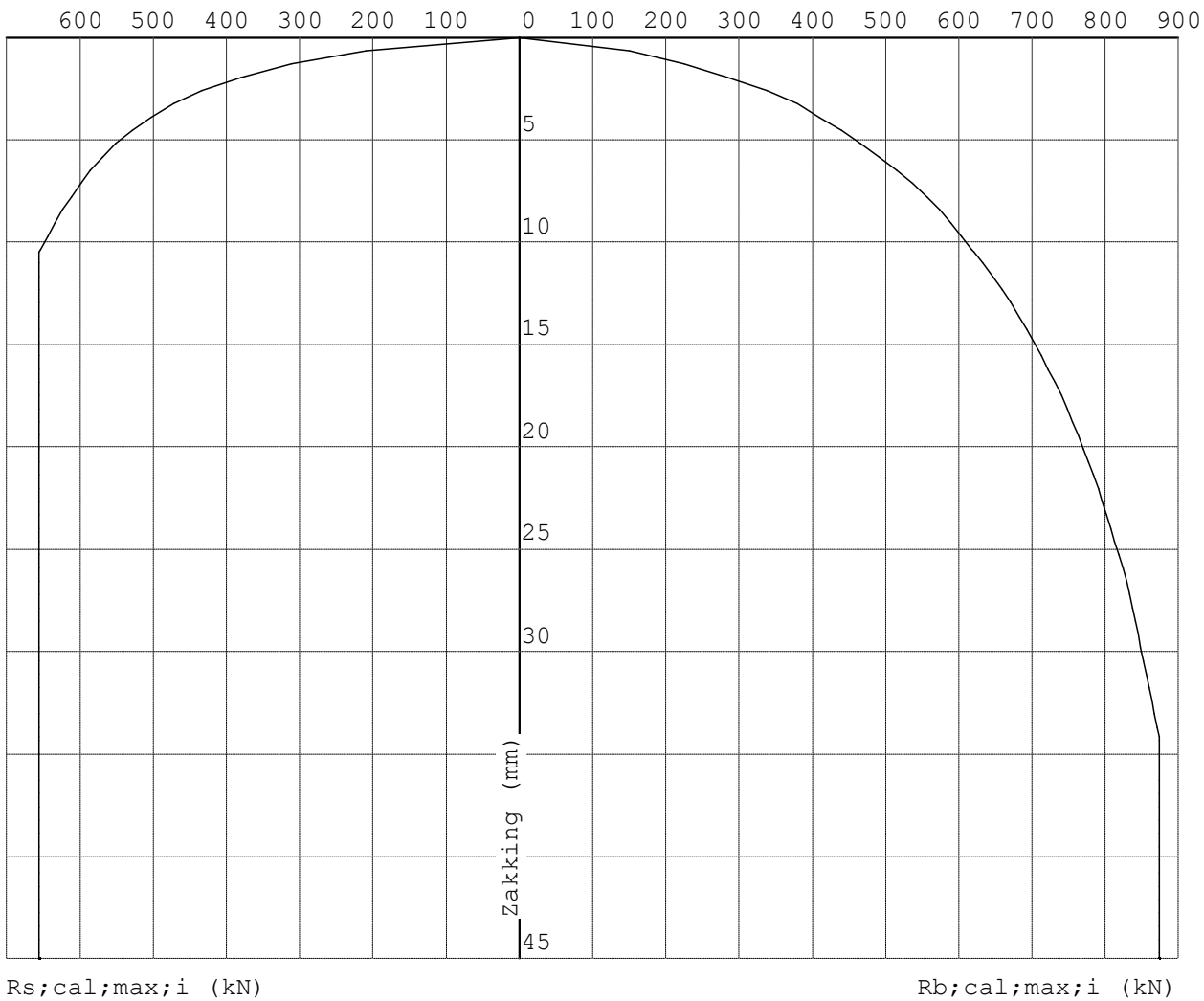
- gehanteerde sondering : Sondering 1
- gehanteerde paal : Paal Ø 324
- paalpuntniveau : N.A.P.-20.00 m
- correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B



Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paaldraagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 2

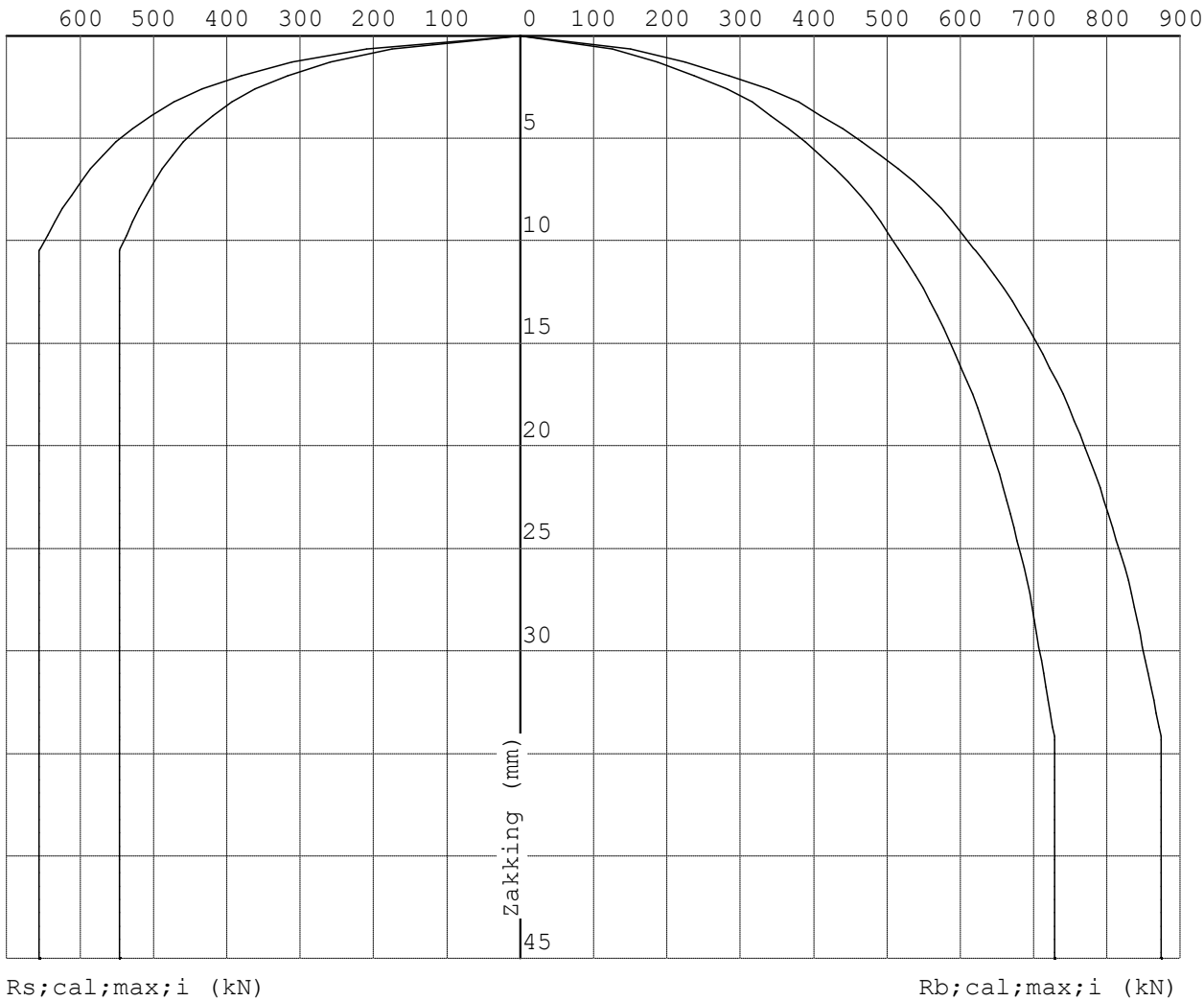


Rs;cal;max;i (kN)

Rb;cal;max;i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



Rs;cal;max;i (kN)

Rb;cal;max;i (kN)

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paal draagvermogen

SAMENVATTINGSTABEL Geval 1 (n=1)**Uitgangspunten**

- paal : Paal Ø 324
 - paaltype : Stalen paal - buis met gesloten punt
 - schachtafmeting : 324 mm
 Paalklassefactor α_p : 0.70
 Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.0100 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
 Correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.26

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld paalpunt		Bezwijk draagvermogen			Rekenwaarden		
	niveau	niveau	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;netto;d}$ [kN]
Sondering 1	0.00	-6.00	149.6	0.0	149.6	99.0	-50.3	99.0
		-6.50	182.4	0.0	182.4	120.7	-57.5	120.7
		-7.00	271.4	21.8	293.2	193.9	-57.5	193.9
		-7.50	280.9	59.5	340.4	225.1	-57.5	225.1
		-8.00	296.8	93.9	390.7	258.4	-57.5	258.4
		-8.50	382.9	130.2	513.1	339.3	-57.5	339.3
		-9.00	308.2	172.7	480.8	318.0	-57.5	318.0
		-9.50	198.8	149.1	347.9	230.1	-57.5	230.1
		-10.00	144.9	108.7	253.6	167.7	-57.5	167.7
		-10.50	107.7	80.8	188.5	124.6	-57.5	124.6
		-11.00	78.8	59.1	138.0	91.2	-57.5	91.2
		-11.50	64.9	48.7	113.6	75.1	-57.5	75.1
		-12.00	61.3	46.0	107.3	71.0	-57.5	71.0
		-12.50	149.3	112.0	261.3	172.8	-57.5	172.8
		-13.00	210.1	157.6	367.7	243.2	-57.5	243.2
		-13.50	180.2	135.1	315.3	208.5	-57.5	208.5
		-14.00	206.9	155.2	362.1	239.5	-57.5	239.5
		-14.50	251.0	188.2	439.2	290.5	-57.5	290.5
		-15.00	268.9	201.7	470.5	311.2	-57.5	311.2
		-15.50	409.1	306.9	716.0	473.5	-57.5	473.5
		-16.00	599.3	449.5	1048.8	693.7	-57.5	693.7
		-16.50	585.7	439.3	1025.1	677.9	-57.5	677.9
		-17.00	540.5	405.4	945.9	625.6	-57.5	625.6
		-17.50	549.9	412.4	962.2	636.4	-57.5	636.4
		-18.00	558.7	419.0	977.7	646.6	-57.5	646.6
		-18.50	687.2	515.4	1202.5	795.3	-57.5	795.3
		-19.00	753.6	565.2	1318.8	872.2	-57.5	872.2
		-19.50	980.0	735.0	1715.0	1134.3	-57.5	1134.3
		-20.00	1101.2	825.9	1927.1	1274.5	-57.5	1274.5

Totaal resultaten Geval 1 (van 1 sonderingen)**Uitgangspunten**

Correlatiefactor ξ_{3gem} (n= 1) : 1.26
 Correlatiefactor ξ_{4min} (n= 1) : 1.26

gebaseerd op sonderingen:

Sondering 1

$$R_{c;k} = \min.\{ R_{c;cal;gem}/\xi_3; R_{c;cal;min}/\xi_4 \} \quad (7.8)$$

Inheinniveau

[m]

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
 Onderdeel : Paaldraagermogen

-6.00	$R_{C;k} = \min.\{ (149.6/1.26); (149.6/1.26) \} =$	118.8
-6.50	$R_{C;k} = \min.\{ (182.4/1.26); (182.4/1.26) \} =$	144.8
-7.00	$R_{C;k} = \min.\{ (293.2/1.26); (293.2/1.26) \} =$	232.7
-7.50	$R_{C;k} = \min.\{ (340.4/1.26); (340.4/1.26) \} =$	270.2
-8.00	$R_{C;k} = \min.\{ (390.7/1.26); (390.7/1.26) \} =$	310.1
-8.50	$R_{C;k} = \min.\{ (513.1/1.26); (513.1/1.26) \} =$	407.2
-9.00	$R_{C;k} = \min.\{ (480.8/1.26); (480.8/1.26) \} =$	381.6
-9.50	$R_{C;k} = \min.\{ (347.9/1.26); (347.9/1.26) \} =$	276.1
-10.00	$R_{C;k} = \min.\{ (253.6/1.26); (253.6/1.26) \} =$	201.3
-10.50	$R_{C;k} = \min.\{ (188.5/1.26); (188.5/1.26) \} =$	149.6
-11.00	$R_{C;k} = \min.\{ (138.0/1.26); (138.0/1.26) \} =$	109.5
-11.50	$R_{C;k} = \min.\{ (113.6/1.26); (113.6/1.26) \} =$	90.2
-12.00	$R_{C;k} = \min.\{ (107.3/1.26); (107.3/1.26) \} =$	85.2
-12.50	$R_{C;k} = \min.\{ (261.3/1.26); (261.3/1.26) \} =$	207.4
-13.00	$R_{C;k} = \min.\{ (367.7/1.26); (367.7/1.26) \} =$	291.8
-13.50	$R_{C;k} = \min.\{ (315.3/1.26); (315.3/1.26) \} =$	250.3
-14.00	$R_{C;k} = \min.\{ (362.1/1.26); (362.1/1.26) \} =$	287.4
-14.50	$R_{C;k} = \min.\{ (439.2/1.26); (439.2/1.26) \} =$	348.6
-15.00	$R_{C;k} = \min.\{ (470.5/1.26); (470.5/1.26) \} =$	373.4
-15.50	$R_{C;k} = \min.\{ (716.0/1.26); (716.0/1.26) \} =$	568.2
-16.00	$R_{C;k} = \min.\{ (1048.8/1.26); (1048.8/1.26) \} =$	832.4
-16.50	$R_{C;k} = \min.\{ (1025.1/1.26); (1025.1/1.26) \} =$	813.5
-17.00	$R_{C;k} = \min.\{ (945.9/1.26); (945.9/1.26) \} =$	750.8
-17.50	$R_{C;k} = \min.\{ (962.2/1.26); (962.2/1.26) \} =$	763.7
-18.00	$R_{C;k} = \min.\{ (977.7/1.26); (977.7/1.26) \} =$	776.0
-18.50	$R_{C;k} = \min.\{ (1202.5/1.26); (1202.5/1.26) \} =$	954.4
-19.00	$R_{C;k} = \min.\{ (1318.8/1.26); (1318.8/1.26) \} =$	1046.6
-19.50	$R_{C;k} = \min.\{ (1715.0/1.26); (1715.0/1.26) \} =$	1361.1
-20.00	$R_{C;k} = \min.\{ (1927.1/1.26); (1927.1/1.26) \} =$	1529.4

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Niveau $F_{\text{netto};d}$

-6.00	99.0
-6.50	120.7
-7.00	193.9
-7.50	225.1
-8.00	258.4
-8.50	339.3
-9.00	318.0
-9.50	230.1
-10.00	167.7
-10.50	124.6
-11.00	91.2
-11.50	75.1
-12.00	71.0
-12.50	172.8
-13.00	243.2
-13.50	208.5
-14.00	239.5
-14.50	290.5
-15.00	311.2
-15.50	473.5
-16.00	693.7
-16.50	677.9
-17.00	625.6
-17.50	636.4
-18.00	646.6

Project : 24.236 Nautix Oegstgeesrt
Onderdeel : Paal draagermogen

-18.50	795.3
-19.00	872.2
-19.50	1134.3
-20.00	1274.5

Constructeur : Maarten van der Sanden
Tekenaar : Marcel Huijben

Order : 1173682 - 21
Tekening : 1
Bouwplan : horecapaviljoen Nautix !A
Bouwplaats : OEGSTGEEST
Opdrachtgever: NOBUTEC Tuinbouwprojecten BV
Betreft : begane grondvloer
Datum tek : 04-09-2025

Engineering werkzaamheden conform categorie 4a volgens criteria 73.

Algemene gegevens:

1. Materiaaleigenschappen beton C50/60 (NEN-EN 1992-1-1 art. 3.1)

Karakteristieke cilinderdruksterkte	fck	=	50.00 N/mm ²
Rekenwaarde van de druksterkte	fcd	=	33.33 N/mm ²
Rekenwaarde van de treksterkte	fctd	=	1.90 N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	fctm	=	4.07 N/mm ²
Gemiddelde buigtreksterkte	fctm,fl = max(fctm; (1,6-h)fctm)		N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	Ecm	=	33550.00 N/mm ²
Rekenwaarde druksterkte bij voorspannen	fcd,0	=	18.67 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus bij voorspannen	Ecm,0	=	27330.00 N/mm ²

Spanning - rekgrens volgens NEN-EN 1992-1-1 fig. 3.4

2. Materiaaleigenschappen voorspanstaal FeP1860 (NEN-EN 1992-1-1 art. 3.3)

0.1% rekgrens	fp0,1k	=	1674 N/mm ²
Rekenwaarde staalspanning	fpd	=	1522 N/mm ²
Representatieve waarde treksterkte	fpk	=	1860 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	Ep	=	195000 N/mm ²
Voorspanning bij aanbrengen (70% fpurep)	s_pm0	=	1302 N/mm ²

Maximale relaxatie na 1000h is 2.5%
Spanning - rekdiagram volgens NEN-EN 1992-1-1 fig. 3.10

Gegevens eventueel gebruikte strengen:

Diameter	Oppervlakte
[mm]	[mm ²]
6.9	29.00
9.3	52.00
12.5	93.00

Basisoverdrachtslengte	Lpt	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.2(2))
Rekenwaarde overdrachtslengte	Lpt2	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.2(3))
Totale verankeringslengte	Lbpd	(NEN-EN 1992-1-1 art. 8.10.2.3)

3. Verklaring belastingcombinaties:

- 1/2 = Rekenwaarde (UGT) combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 6.1 en 6.2)
- 4 = Frequente combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 7.3)
- 5 = Quasi-blijvende combinatie (controle NEN-EN 1992-1-1 art. 7.4)

4. Gevolgklasse en referentieperiode (NEN-EN 1990)

Zie de plaatberekeningen.

5. Verklaring afkortingen behorende bij resultaten:

MEd_ol = max. oversteksmoment links
MEd_v1 = max. veldmoment veld 1
MEd_st = max. steunpuntsmoment
MEd_v2 = max. veldmoment veld 2
MEd_or = max. oversteksmoment rechts
V_ol = max. dwarskracht overstek links
Vl_v1 = max. dwarskracht linkerzijde veld 1
Vr_v1 = max. dwarskracht rechterzijde veld 1
Vl_v2 = max. dwarskracht linkerzijde veld 2
Vr_v2 = max. dwarskracht rechterzijde veld 2
V_or = max. dwarskracht overstek rechts

Verklaring gebruikte notatie:

+M_Ed = pos. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)
+Mfreq = pos. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij bruikbaarheidsgrenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.5.3)
-M_Ed = neg. moment t.g.v. perm. en ver. bel., incl. voorspanning,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)
V_Edmax = max. dwarskracht t.g.v. perm. en ver. belasting,
bij uiterste grenstoestand (NEN-EN 1990 art. 6.4.3.2)

Bijk = de bijkomende doorbuiging
Eind = de eind doorbuiging

OVERZICHT VLOERPLATEN

Merk	Type	Lang	Breed	+M_Ed	+Mfreq	-M_Ed	V_Edmax	Bijk	Eind	Ber
	plt/wap	[mm]	[mm]	(G+P+Q)	(G+P+Q)	(G+P+Q)	(G+P+Q)	[mm]	[mm]	nr.
				[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kN]			
15	D 020502	6285	1200	93.25	39.66	0.00	76.95	12.0	2.3	1
14	D 020502	6285	1200	82.15	34.20	0.00	67.67	10.1	0.4	
13	D 020502	6285	1200	74.74	30.47	0.00	61.73	8.9	-0.8	2
3	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	3
2	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	
6	N 020006	6285	1200	54.91	26.92	0.00	46.82	8.8	5.8	
4	N 020006	6250	1200	54.10	26.42	0.00	46.56	8.6	5.5	
5	N 020006	6250	1200	54.10	26.42	0.00	46.56	8.6	5.5	
9	N 020007	6285	1200	55.11	25.85	0.00	49.18	8.5	4.0	4
1	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	8.2	3.4	
11	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	8.1	3.3	
18	N 020007	6285	1200	51.46	23.47	0.00	46.82	7.8	3.0	
7	N 020007	6250	1200	50.65	22.98	0.00	46.56	7.5	2.7	
10	N 020007	6285	900	38.31	17.32	0.00	35.12	8.7	3.2	
16	N 020007	6285	900	38.31	17.32	0.00	35.12	8.7	3.2	
8	N 020205	6285	1200	75.44	33.19	0.00	56.45	10.6	3.3	5
20	N 020205	6285	1200	74.08	32.91	0.00	84.29	11.8	4.8	
8	N 020205	6285	1200	70.66	30.84	0.00	68.39	10.6	3.3	6
12	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	
17	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	
19	N 020205	6285	1200	46.18	18.20	0.00	46.82	6.2	-1.3	

Ber.nr. : 1 ##### Plaatmerk: 15 #####
 Plaattype: K200-6D (D) Wapening: 0 20502 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m1]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
								beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		3.48					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p5	puntlast	4	2.00	10.00	0.40	0.70	0.60	1285	431	100	100
p12	puntlast	4	3.00	15.00	0.40	0.70	0.60	3085	431	100	100
	vsp-eindfase		671.70 kN	m_vsp				-35.39	kNm		
	vsp-brand ond		533.23 kN	m_vsp				-27.84	kNm		

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)		
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd
3085 v	93.3	93.3	57.4	103.8	80 -	76.3	620.4
					180 s	74.7	159.6
					6105 s	63.8	162.6
					6205 -	65.4	620.4

Controle scheurvorming (kNm, mm)				Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb	Zeeg direct na montage = 10.9 mm			
3085 v	39.7		165.	plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
				3068 v	2.3	24.8	12.0 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)				Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)		
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd
3085 v	41.4	41.4	103.0	280 s	39.6	69.7
				6005 s	34.6	69.7

Ber.nr. : 2 ##### Plaatmerk: 13 #####
 Plaattype: K200-6D (D) Wapening: 0 20502 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
			[kN/ml]	[kN/ml]				beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		3.48					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p3	puntlast	4	2.00	11.00	0.40	0.70	0.60	3200	700	100	100
	vsp-eindfase		671.12 kN	m_vsp				-35.36	kNm		
	vsp-brand ond		532.77 kN	m_vsp				-27.81	kNm		

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm
 Extra breedte: 50 mm voor belasting uit de aanliggende strook boven

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
100 l	-2.5	-2.5	-3.1	-6.6	80 -	60.7	349.5	
200 l	-4.8	-4.8	-6.0	-14.0	100 l	60.4	70.3	
3200 v	74.7	74.7	57.3	103.8	180 s	59.0	88.5	
					200 l	58.7	90.1	
					6105 s	59.4	158.1	
					6205 -	61.1	620.4	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)				
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 10.9 mm				
100 l	-1.3				plaats w_max w_toel w_bij w_toel				
200 l	-2.3				3154 v -0.8 24.8 8.9 12.4				
3200 v	30.5		165.						

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
100 l	-2.6	-3.8	-6.5		100 l	34.4	40.0	
200 l	-5.0	-8.1	-13.6		200 l	33.4	48.1	
3200 v	33.3	33.3	103.0		280 s	32.7	69.7	
					6005 s	32.8	69.7	

Ber.nr. : 3 ##### Plaatmerk: 3 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20006 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m1]	psi 0	1	2	Plaats	belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285				
	afwerking		1.40					0	6285	6285				
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285				
	vsp-eindfase		408.47 kN	m_vsp				-17.72	kNm					
	vsp-brand ond		325.20 kN	m_vsp				-13.86	kNm					

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====

40 /\ 6205 /\ 40

Eindfase: - Gevolgklasse 2

plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)	plaats	V_Ed	V_Rd
200 l	-4.2	-4.2	-5.3	-14.3		80 -	46.2	290.4
3143 v	54.9	54.9	47.2	65.8		180 s	44.7	63.9
						200 l	44.4	65.1
						6105 s	44.7	113.7
						6205 -	46.2	382.8

plaats	Mrep	s_ber	s_tb	Controle scheurvorming (kNm, mm)	Controle doorbuiging (mm)
200 l	-2.2				Zeeg direct na montage = 3.9 mm
3143 v	26.9	1.39	165.		plaats w_max w_toel w_bij w_toel
					3143 v 5.8 24.8 8.8 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu	Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)	plaats	V_Ed	V_Rd
200 l	-4.5	-6.9	-14.1		200 l	25.5	35.1
3143 v	27.9	27.9	54.9		280 s	24.8	44.1
					6005 s	24.8	44.1

Ber.nr. : 4 ##### Plaatmerk: 9 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20007 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats	belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
			[kN/ml]	[kN/ml]										
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285				
	afwerking		1.40					0	6285	6285				
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285				
	vsp-eindfase		461.32 kN	m_vsp				-21.17	kNm					
	vsp-brand ond		366.96 kN	m_vsp				-16.59	kNm					

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm
 Extra breedte: 50 mm voor belasting uit de aanliggende strook onder

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)				
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd		
3143 v	55.1	55.1	49.9	74.0	80 -	48.5	382.8		
					180 s	47.0	113.1		
					6105 s	47.0	113.1		
					6205 -	48.5	382.8		

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)				
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 5.7 mm				
3143 v	25.9		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij	w_toel
					3143 v	4.0	24.8	8.5	12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)				
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd		
3143 v	27.4	27.4	62.9		280 s	26.2	46.8		
					6005 s	26.2	46.8		

Ber.nr. : 5 ##### Plaatmerk: 8 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20205 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m2]	psi 0	1	2	Plaats	belasting [mm]	beg./x	end/y	lang	brd	hoek
			[kN/ml]	[kN/ml]										
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285				
	afwerking		1.40					0	6285	6285				
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285				
p1	puntlast	4	2.00	11.00	0.40	0.70	0.60	3200	715	100	100			
	vsp-eindfase		542.54 kN	m_vsp				-26.48 kNm						
	vsp-brand ond		431.13 kN	m_vsp				-20.78 kNm						

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
3200 v	75.4	75.4	54.0	86.4	80 -	55.5	382.8	
					180 s	54.0	111.0	
					6105 s	54.3	111.0	
					6205 -	55.8	382.8	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 8.4 mm			
3200 v	33.2		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
					3151 v	3.3	24.8	10.6 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
3200 v	34.3	34.3	75.4		280 s	29.1	48.5	
					6005 s	29.2	48.5	

Ber.nr. : 6 ##### Plaatmerk: 8 #####
 Plaattype: K200-6 (N) Wapening: 0 20205 Breedte: 1200 mm Lengte: 6285 mm
 #####
 Algemene gegevens versie Norm/Product: dyc - 04.06.01 / 04.05.27
 ===== ber.datum: 01-09-2025

Norm berekening : EC2 2011 NA NED Milieuklasse : XC1
 Bouwwerkaanduiding: horecagebouw Betonsterkteklas: C50/60
 Gevolgklasse : 2 met ref. 50 jr Kfi=1.0 Voorspanstaal : FeP1860 op 70%
 Brandwerendheid : 30 min.

Lasten bij deze schemalijn:

Last nr.	Last type	f s	Perm. [kN/m2]	Ver. [kN/m1]	psi 0	1	2	Plaats belasting [mm]			
								beg./x	end/y	lang	brd
											hoek
	eig. gew.		2.83					0	6285	6285	
	afwerking		1.40					0	6285	6285	
	ver. bel.			5.00	0.40	0.70	0.60	0	6285	6285	
p6	puntlast	4	2.00	10.00	0.40	0.70	0.60	1285	67	100	100
p11	puntlast	4	1.00	5.00	0.40	0.70	0.60	3085	67	100	100
	vsp-eindfase		542.49 kN	m_vsp				-26.47	kNm		
	vsp-brand ond		431.10 kN	m_vsp				-20.78	kNm		

Schemabreedte: 1200 mm Schemabegin: 0 mm Schemalengte: 6285 mm

Rekenschema : =====
 40 /\ 6205 /\ 40

 Eindfase: - Gevolgklasse 2

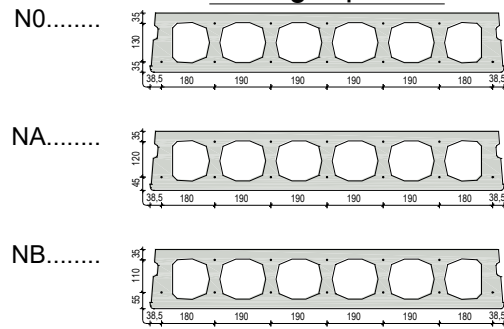
Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Emn	M_Rdu	plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	70.7	70.7	54.0	86.4	80 -	67.8	382.8	
					180 s	66.3	107.9	
					6105 s	53.3	111.2	
					6205 -	54.8	382.8	

Controle scheurvorming (kNm, mm)					Controle doorbuiging (mm)			
plaats	Mrep	s_ber	s_tb		Zeeg direct na montage = 8.4 mm			
3085 v	30.8		165.		plaats	w_max	w_toel	w_bij w_toel
					3056 v	3.3	24.8	10.6 12.4

Brandfase brand onderzijde: Temp.wap.: 193 °C Cor.beton: 10 mm

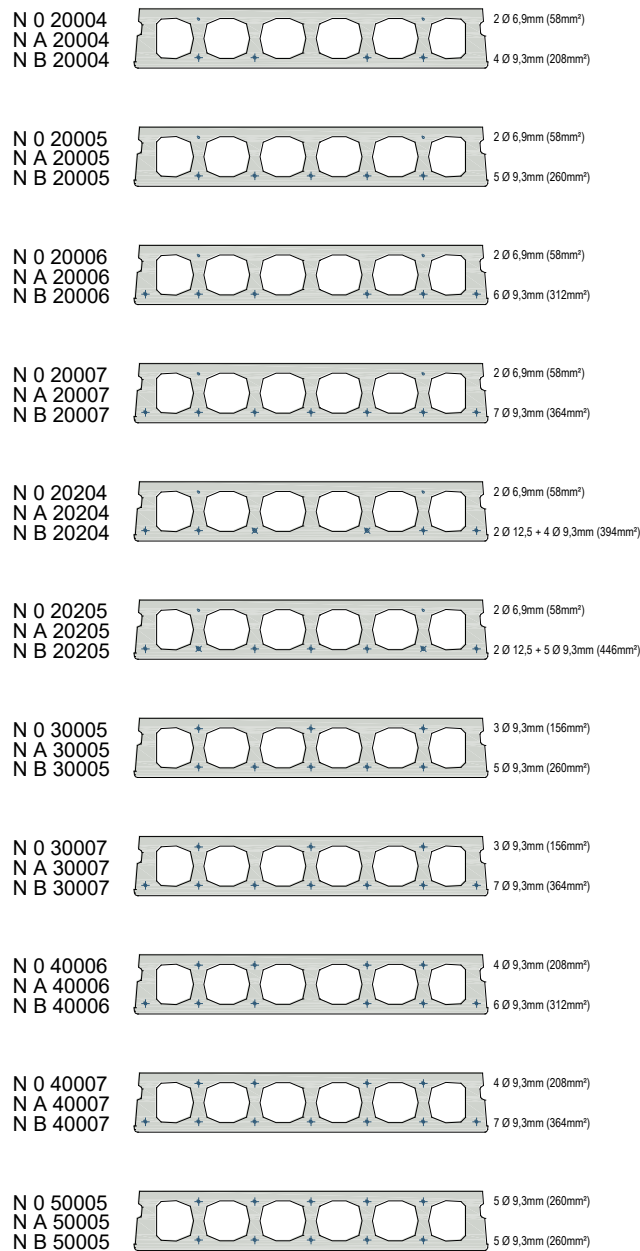
Controle buiging en n.kr. (kNm)					Contr. dwarskr. (kN,N/mm2)			
plaats	M_Ed	M_Edv	M_Rdu		plaats	V_Ed	V_Rd	
3085 v	32.2	32.2	75.4		280 s	34.8	48.5	
					6005 s	28.8	48.5	

Strengenpositie

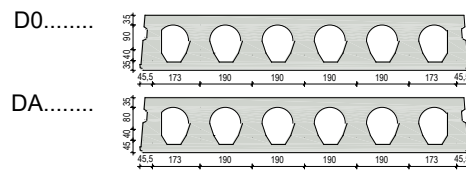


Spanpatronen

VOORSPANWAPENING: - = Ø 6,9mm (29mm²)
+ = Ø 9,3mm (52mm²)
x = Ø 12,5mm (93mm²)



Strengenpositie



Spanpatronen

VOORSPANWAPENING: • = Ø 6,9mm (29mm²)
+ = Ø 9,3mm (52mm²)
x = Ø 12,5mm (93mm²)

D 0 20005 D A 20005		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 5 Ø 9,3mm (260 mm ²)
D 0 20006 D A 20006		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 6 Ø 9,3mm (312 mm ²)
D 0 20204 D A 20204		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 2 Ø 12,5mm + 4 Ø 9,3mm (394 mm ²)
D 0 20402 D A 20402		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 4 Ø 12,5mm + 2 Ø 9,3mm (476 mm ²)
D 0 20502 D A 20502		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 5 Ø 12,5mm + 2 Ø 9,3mm (569 mm ²)
D 0 20700 D A 20700		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 7 Ø 12,5mm (651 mm ²)
D 0 20702 D A 20702		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 7 Ø 12,5mm + 2 Ø 9,3 (755 mm ²)
D 0 20704 D A 20704		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 7 Ø 12,5mm + 4 Ø 9,3 (859 mm ²)
D 0 20705 D A 20705		2 Ø 6,9mm (58mm ²) 7 Ø 12,5mm + 5 Ø 9,3 (911 mm ²)
D 0 40402 D A 40402		4 Ø 9,3mm (208mm ²) 4 Ø 12,5mm + 2 Ø 9,3mm (476 mm ²)
D 0 40700 D A 40700		4 Ø 9,3mm (208mm ²) 7 Ø 12,5mm (651 mm ²)



Prestatie verklaring

Nr: D13.01

Unieke identificatiecode

van het producttype:



Dycore Kanaalplaat

Beoogd gebruik: Vloerconstructie

Systeem voor de beoordeling en verificatie van de prestatiebestendigheid: 2+

Geharmoniseerde norm: NEN EN 1168, kanaalplaten

Aangemelde instantie:

KIWA, met certificaatnummer 0620, is de certificerende organisatie en heeft de volgende taken uitgevoerd:

- Initiële inspectie van de productie-installatie;
- Initiële inspectie van de productiecontrole in de fabriek;
- Permanente bewaking, beoordeling en evaluatie van de productiecontrole in de fabriek.

Voor de productielocatie Oosterhout is het volgende certificaat afgegeven: 0620-CPR-44847

Aangegeven prestaties: volgens NEN-EN 1168: 2011.

Aanduiding:

Elk vloerelement is voorzien van een label met daarop het projectnummer en een uniek elementnummer dat terug te vinden is op de voor het betreffende project opgestelde documenten.

Essentiële kenmerken	prestaties	Artikel
Druksterkte beton	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.1
Wapeningsstaal Voorspanstaal	B500 FeP1860	NEN-EN 1168 artikel 4.1 NEN-EN 1168 artikel 4.1
Mechanische sterkte	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.3
Sterkte bij brand	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.4
Geluidisolatie	NPD	NEN-EN 1168 artikel 4.3.5
Duurzaamheid tegen corrosie	Per element vastgelegd in project documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.7
Detailering	Conform NEN-EN 1168 en de per project opgestelde documenten	NEN-EN 1168 artikel 4.3.1 en hoofdstuk 8
Gevaarlijke stoffen	Nationale regelgeving (BBK)	
De prestaties van het hierboven omschreven product zijn conform de aangegeven prestaties. Deze prestatieverklaring wordt in overeenstemming met Verordening (EU) nr. 305/2011 onder de exclusieve verantwoordelijkheid van de hierboven vermelde fabrikant verstrekt. Verklaring is opgesteld volgens methode 3b in Annex ZA van NEN-EN 1168		

Fabrikant:

Dycore BV
Ambachtsweg 16
4906 CH Oosterhout
Tel. +31 (0)162 477 477
www.drbg.nl



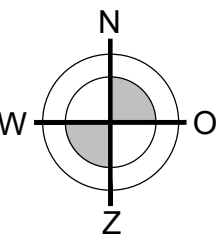
Frank van Lookeren Campagne
Algemeen Directeur
De RuwBouw Groep

Harderwijk, 11 juli 2016



Gemeente Oegstgeest
Behoort bij besluit van burgemeester en
wethouders van Oegstgeest
Datum: 25-11-2025
Oms kenmerk: Z/25/225951

Kadastrale gegevens:
Gemeente: Oegstgeest
Gemeentecode: OGT00
Sectie nummer:
OGT00-B-5462

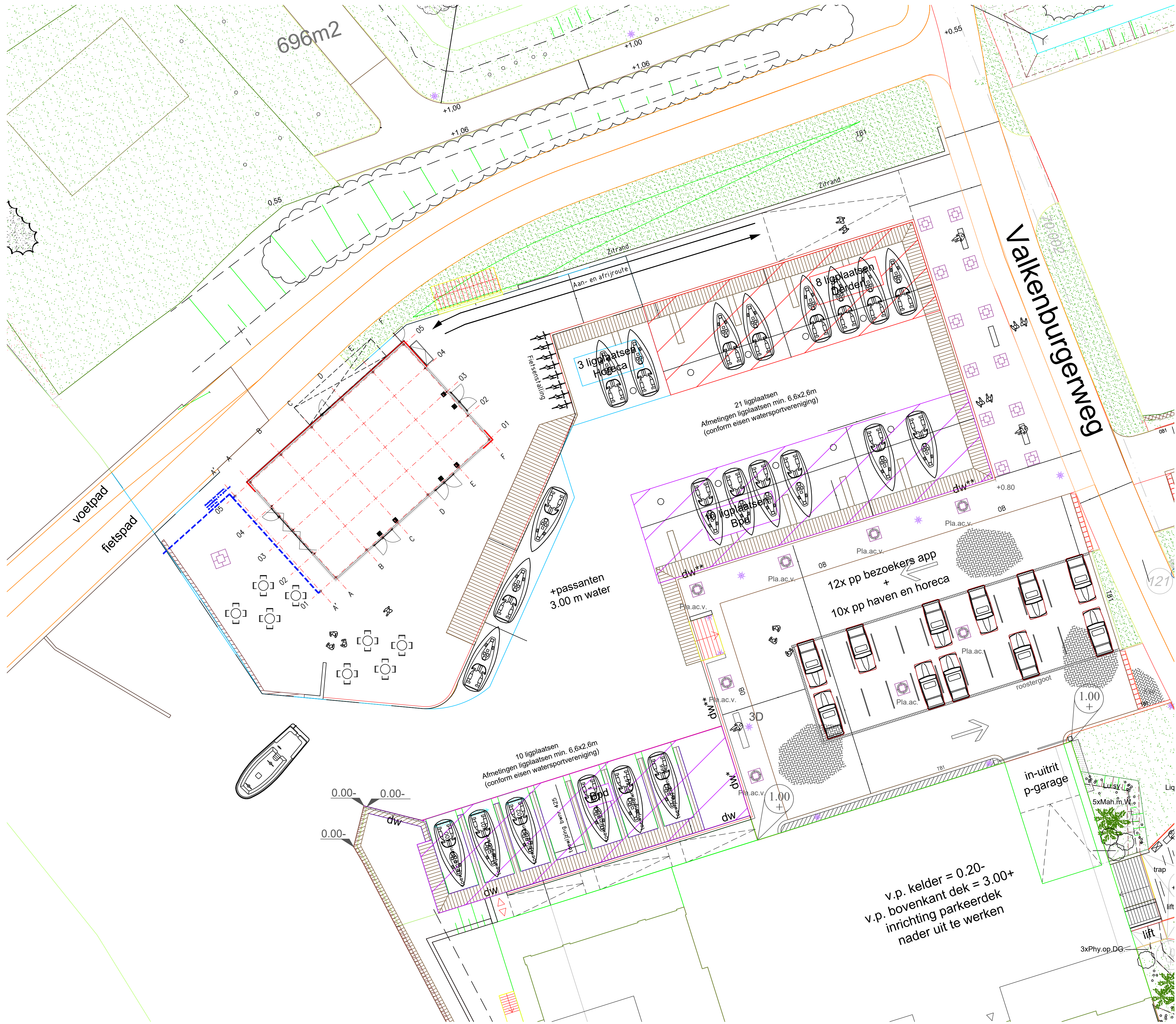


Opdrachtgever : <i>Nautix</i>			
Project : <i>Nieuwbouw horeca gelegenheid</i>			
Onderdeel : <i>Kadastrale plaatsing huidige situatie</i>			
Datum : <i>27-06-2024</i>	<i>18-06-2024</i>	Offerte nr. :	
Getekend : <i>JV</i>		Order nr. :	<i>N24.08</i>
Schaal : <i>1:200</i>		Status :	<i>DEFINITIEF</i>
		Tekening nr. :	<i>01-04</i>

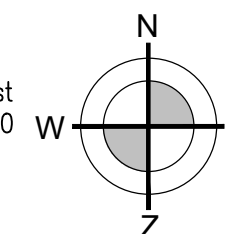


NOBUTEC

Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com



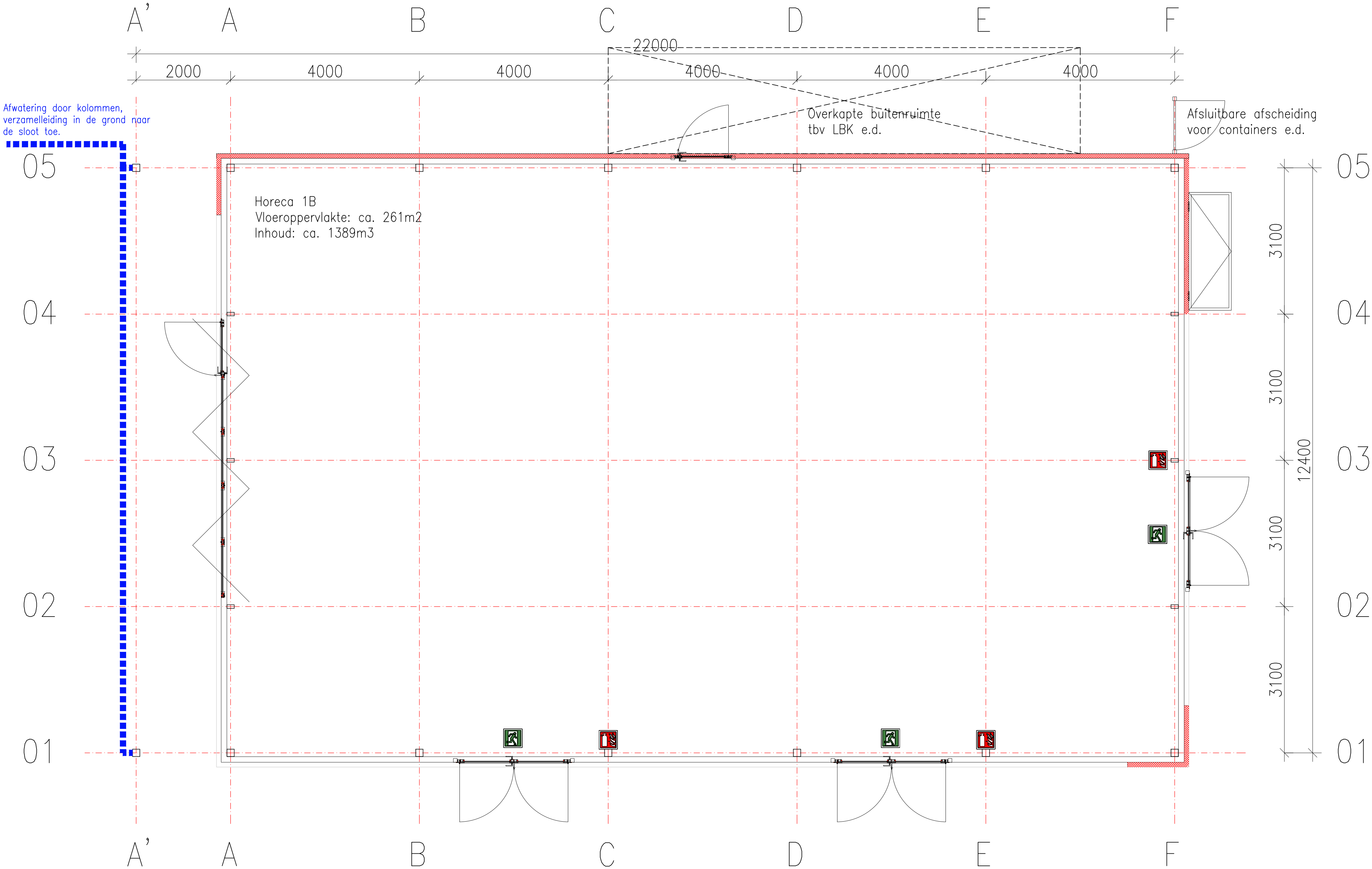
Kadastrale gegevens:
Gemeente: Oegstgeest
Gemeentecode: OGT00
Sectie nummer:
OGT00-B-5462



Opdrachtgever : Nautix			
Project : Nieuwbouw horeca gelegenheid			
Onderdeel : Kadastrale plaatsing nieuwe situatie			
Datum : 27-06-2024	18-06-2024	Offerte nr. :	
Getekend : JV		Order nr. :	N24.08
Schaal : 1:200		Status :	DEFINITIEF
		Tekening nr. :	01-05



Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com



Plattegrond

de brandslanghaspel(s) conform NEN-EN 671-1
deur- en kozijnconstructies conform NEN 6069
noodverlichting conform NEN-EN 1838
electrische installatie t.b.v. nood verlichting en
nood- en transparantverlichtingsinstallatie conform NEN 1010 / NEN 1041
vluchtrouteaanduiding conform NEN-EN1838 en NEN-EN-ISO 7010
nooddeuren in buitengevels voorzien van tekst 'NOODUITGANG'

in de units wordt een gecertificeerde niet automatische brandmeldinstallatie aangebracht.
de gehele brandmeldinstallatie voldoet aan het gestelde in norm NEN 2535 en de regeling
brandmeldinstallaties
pve brandmeld- en ontruimingsinstallatie nader in te dienen voor ingebruikname

ALGEMEEN

rioleringsinstallaties volgens NEN 3215
elektrische installatie volgens NEN 1010
gasinstallatie volgens NEN 1078
waterinstallatie volgens NEN 1006
ventilatie volgens NEN 1087 later te bepalen adhv toekomstige indeling
beglazing volgens NEN 3569
bereikbare gevelelementen inbraakwerendheidsklasse II
bescherming tegen ratten en muizen volgens BBL art.3.79
vloerafscheidingen vlg BBL art. 4.19

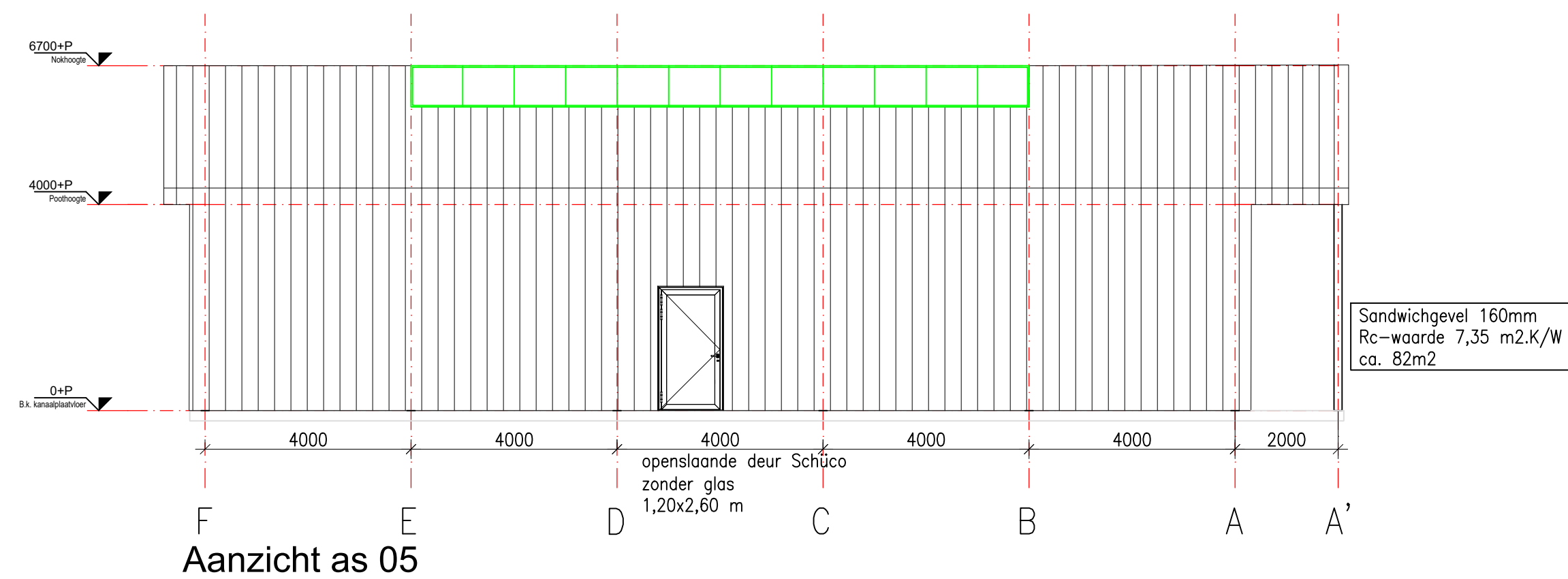
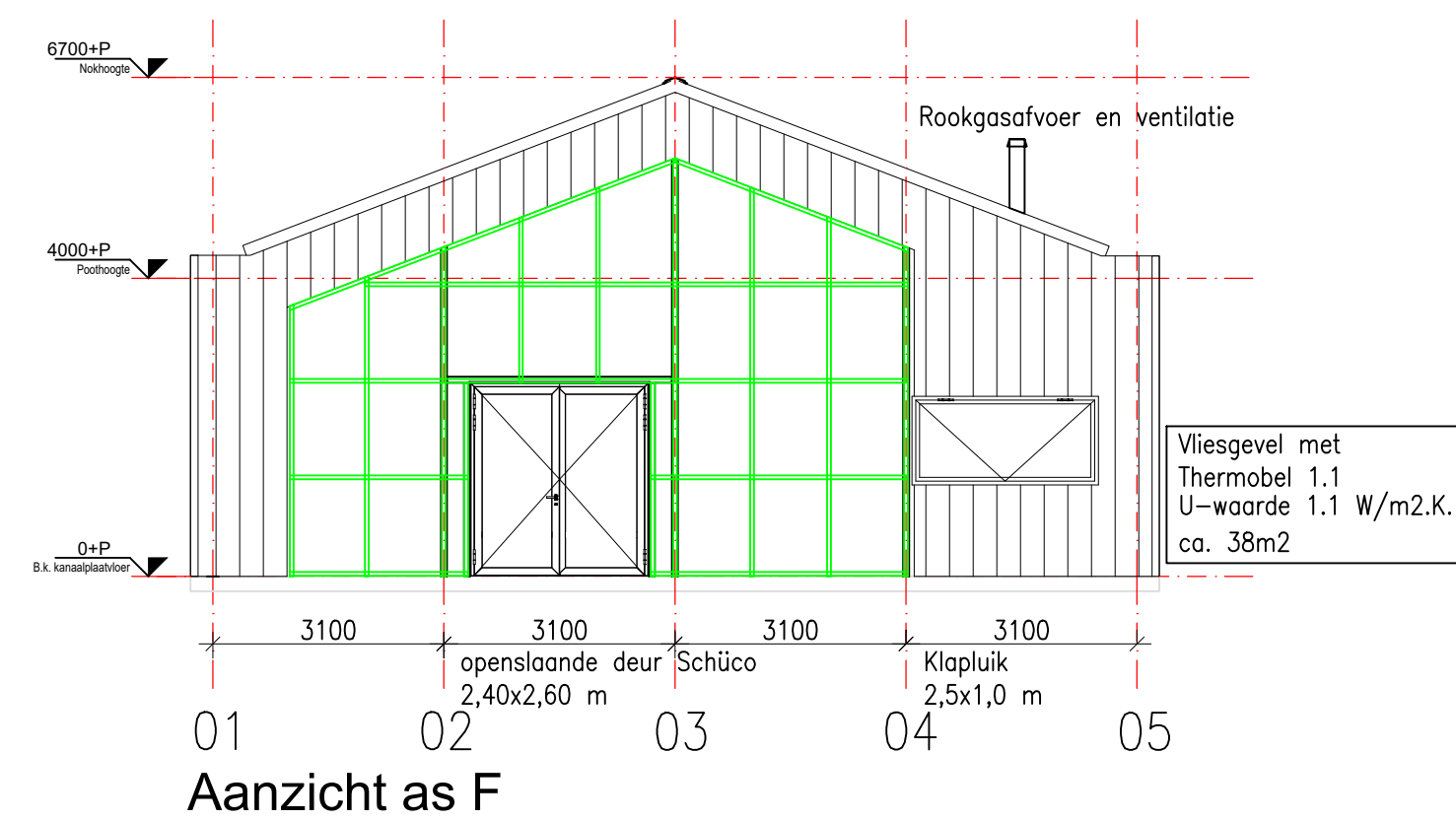
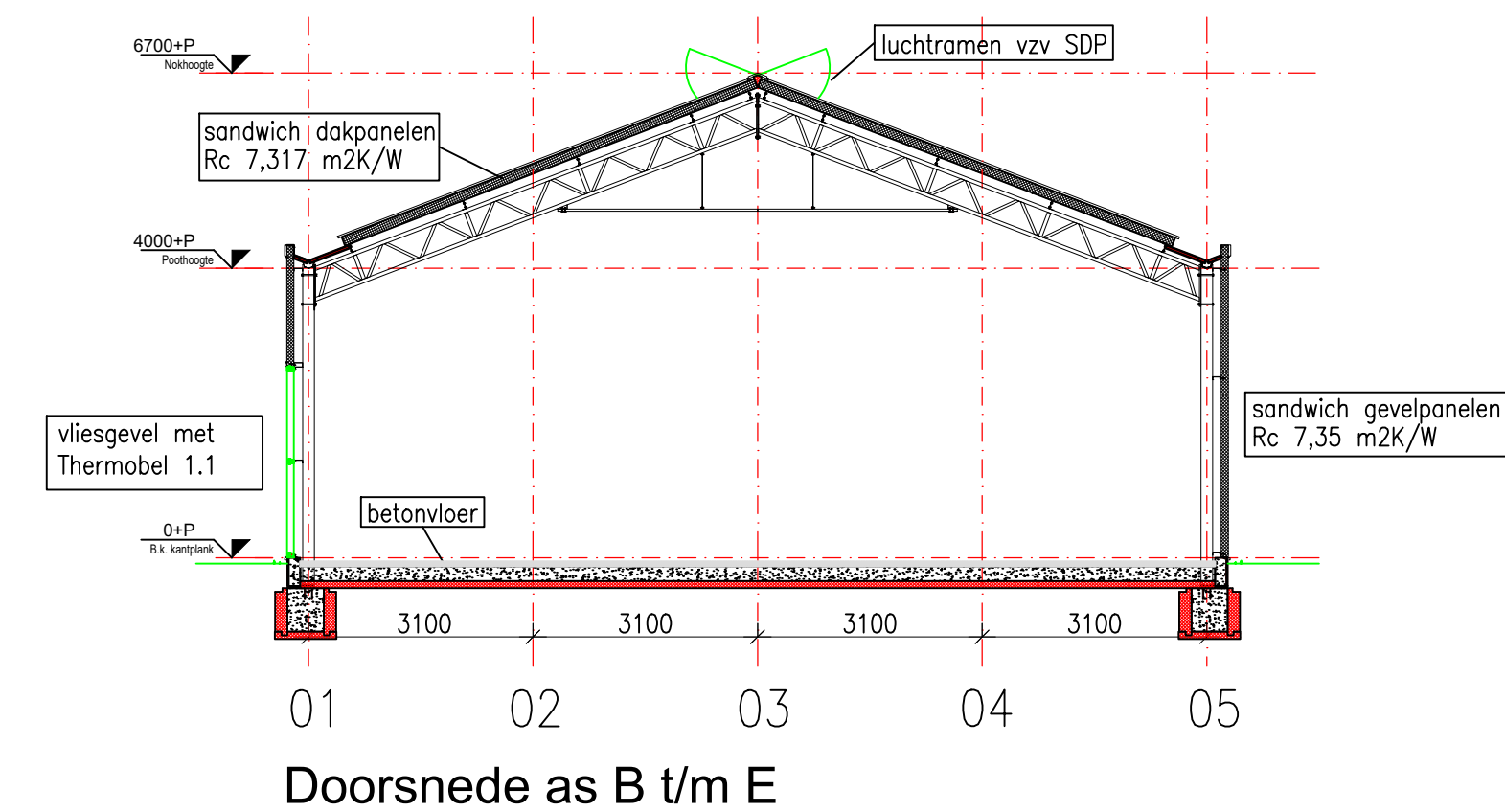
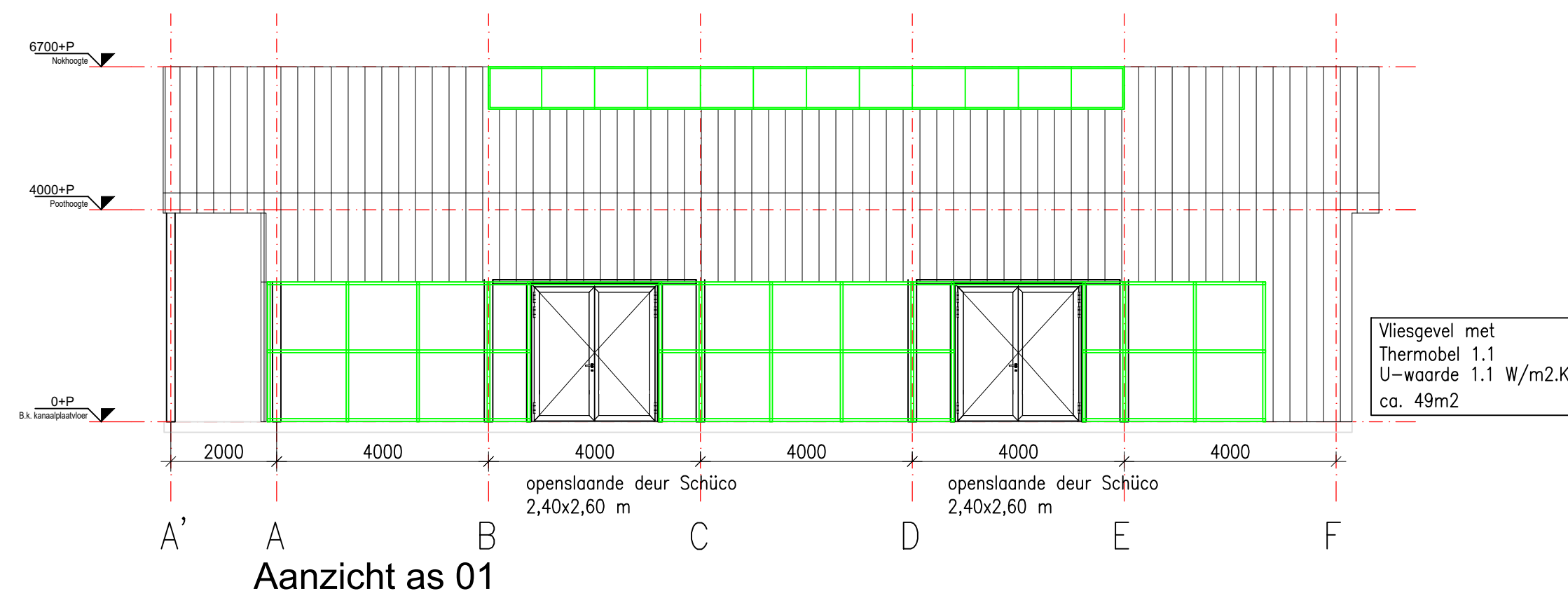
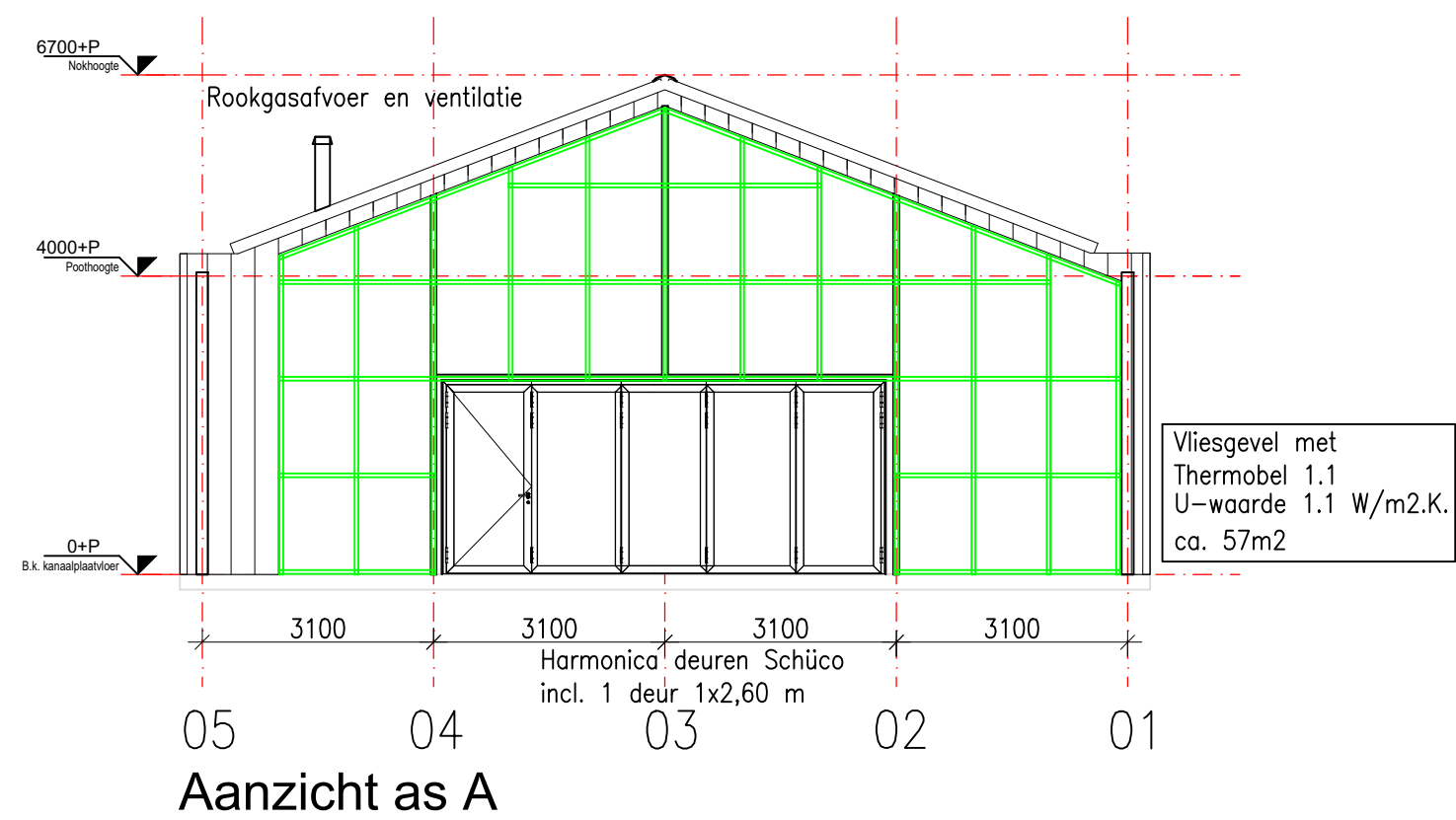
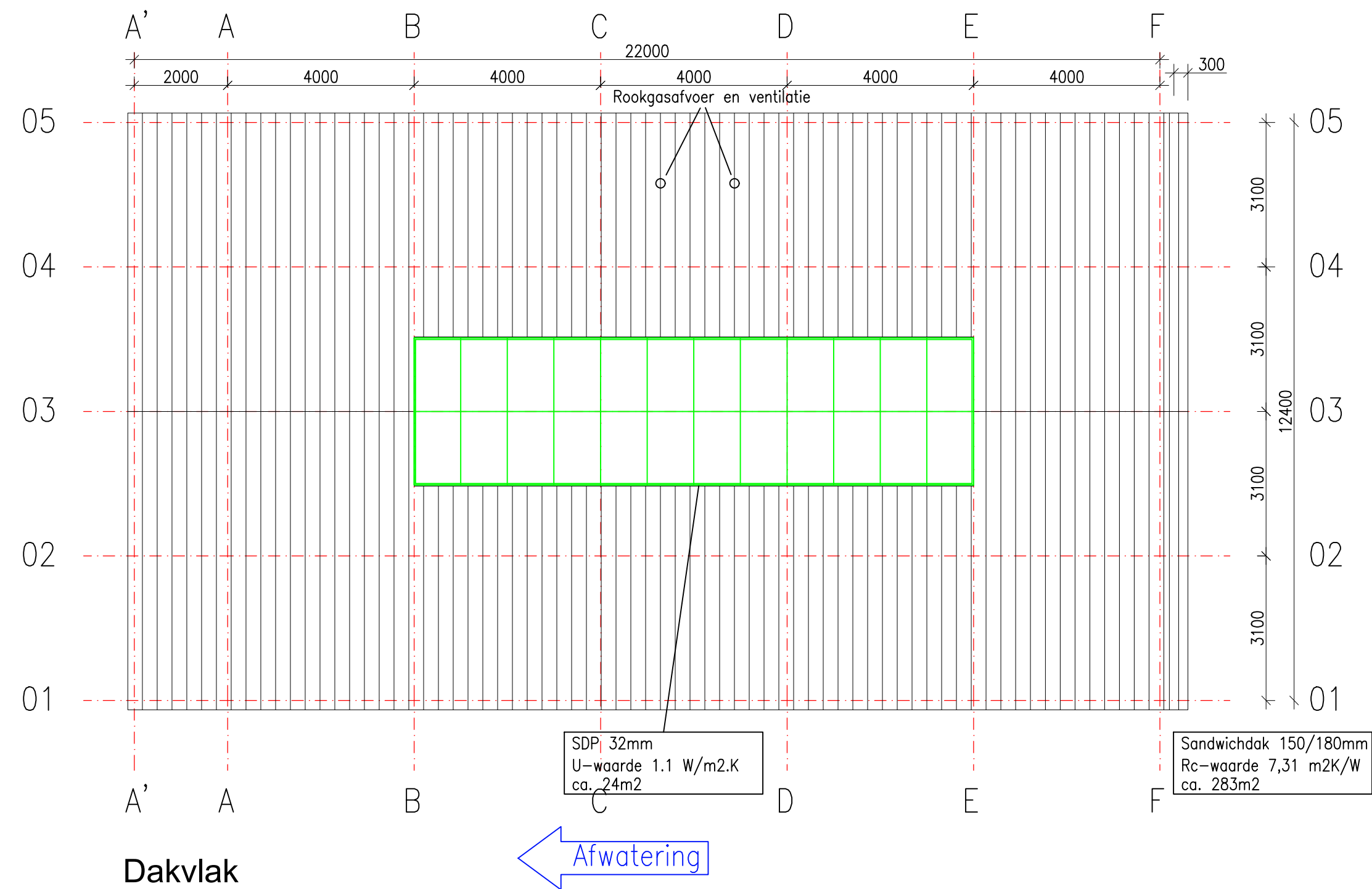
Bouw en constructiematerialen:
- voldoen aan klasse 4 mbt brandvoortplanting
- rookdichtheid ten hoogste 10-1m
- binnenzijde leidingschachten onbrandbaar over dikte van 0,01m.
- leidingschachten 60min. wdbdo
- hoofd draagconstructie brandveiligheid vlg BBL art. 6.17

doorbraken, muursparingen,
beton-, staal- en houtconstructies volgens
berekeningen constructeur

- opstelplaats toestel warmteopwekking
- opstelplaats mechanische ventilatie unit
- tegelerwerk, wateropname vlg NEN 2778
- opstelplaats kooktoestel
- rookmelder conform NEN 2555
- WBDBO 30 min. NEN 6068
- WBDBO 60 min. NEN 6068
- WBDBO 30 min. en zelfsluitend NEN 6068
- WBDBO 60 min. en zelfsluitend NEN 6068
- compartment WBDBO 30 of 60 min. NEN 6068
- aanduiding vluchtroute / uitgang NEN 6088 en NEN-EN 1838
- Positie blustoestel, volgens NEN 2559
- Ruimte voorzien van noodverlichting NEN 6088 minimaal 1 lux. op de vloer
- PB uitgang voorzien van paniekbeslag

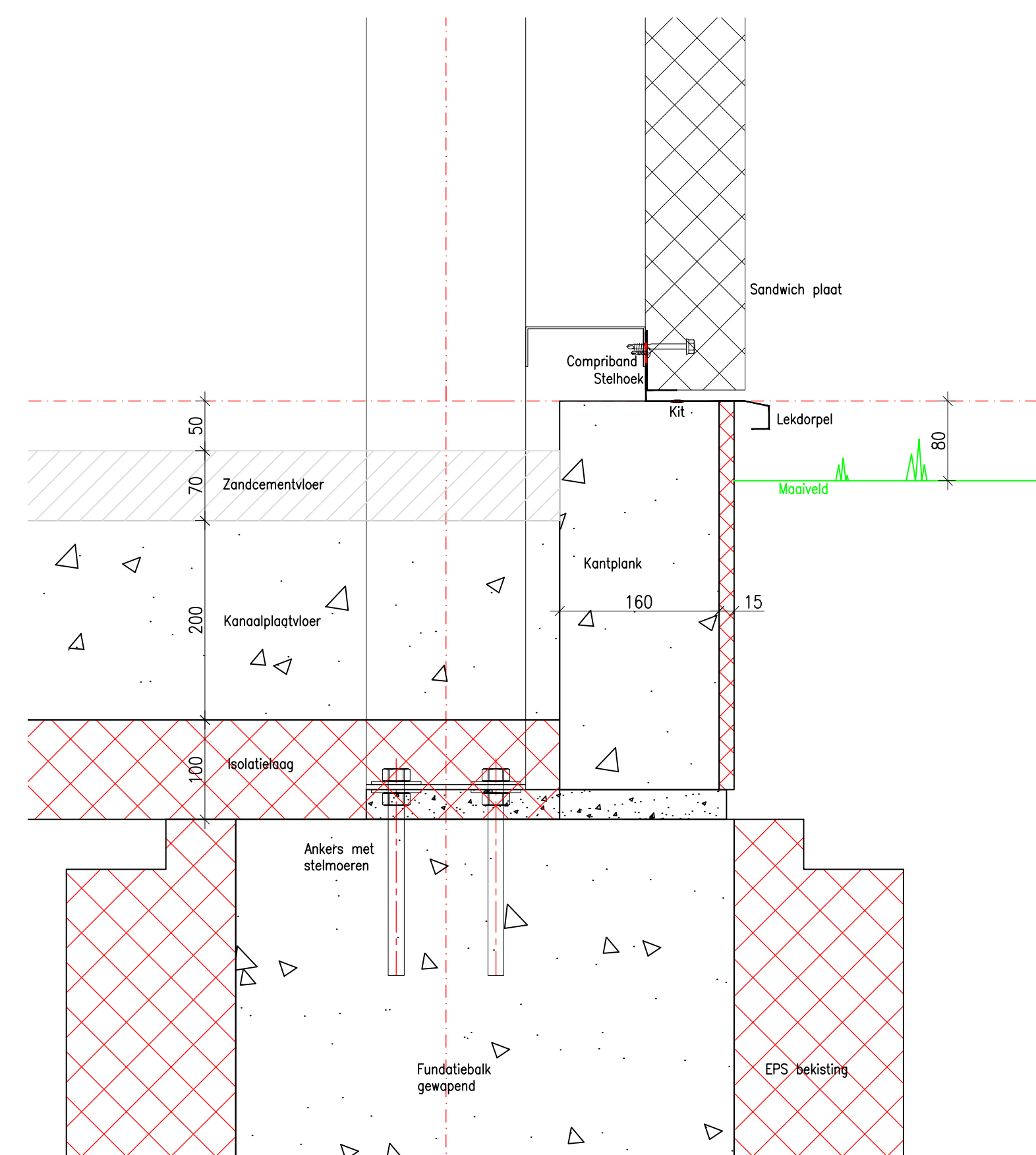
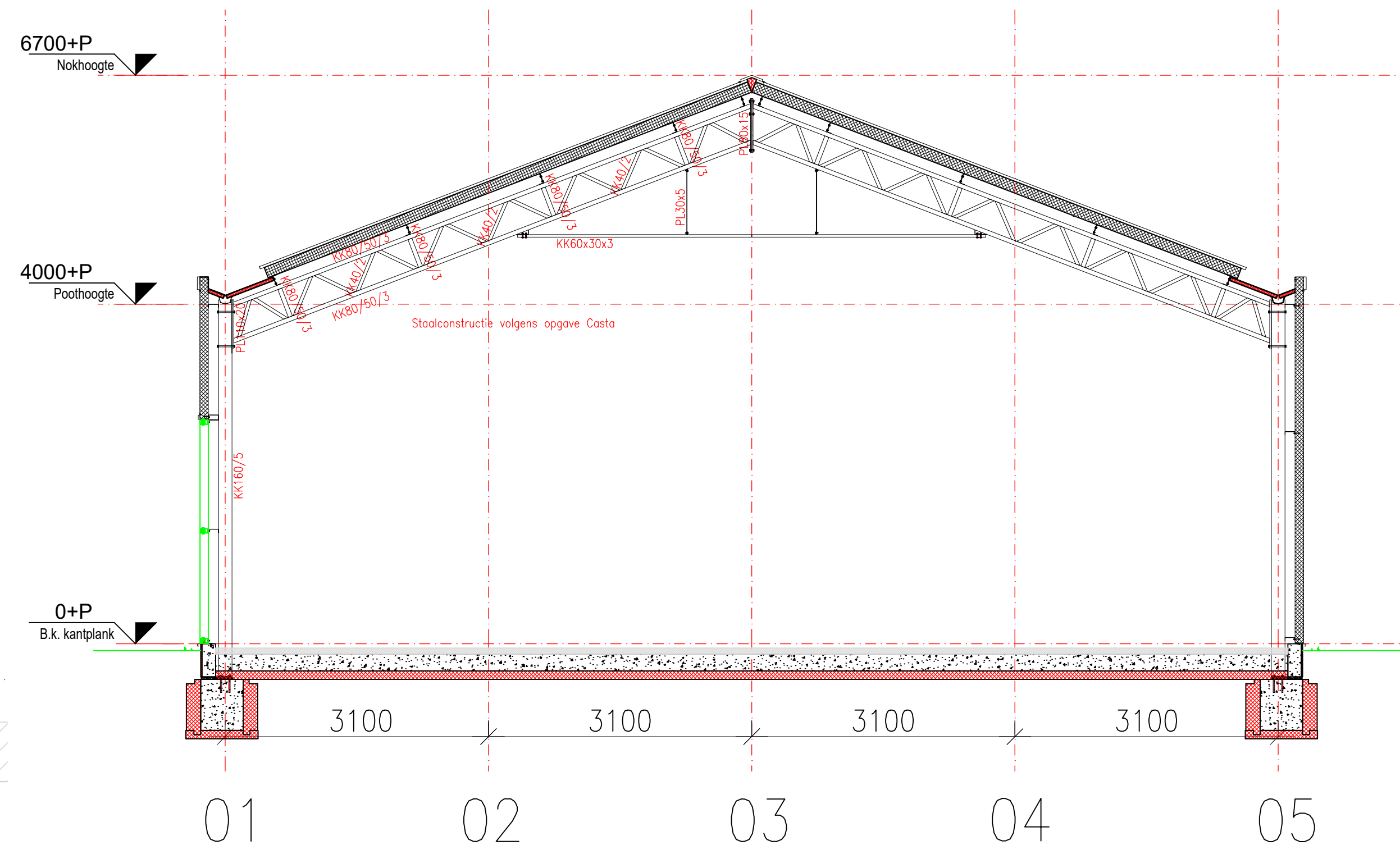
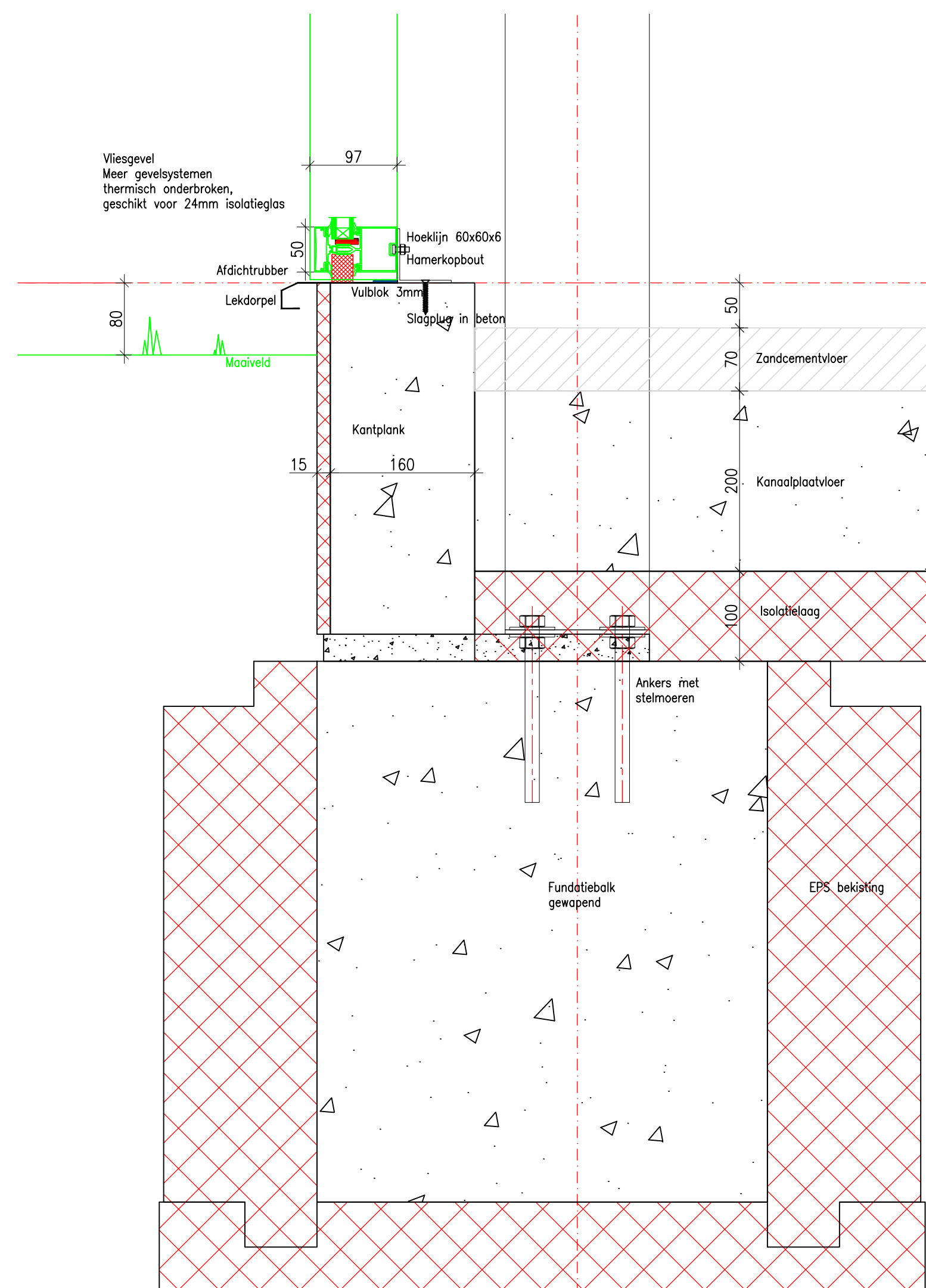
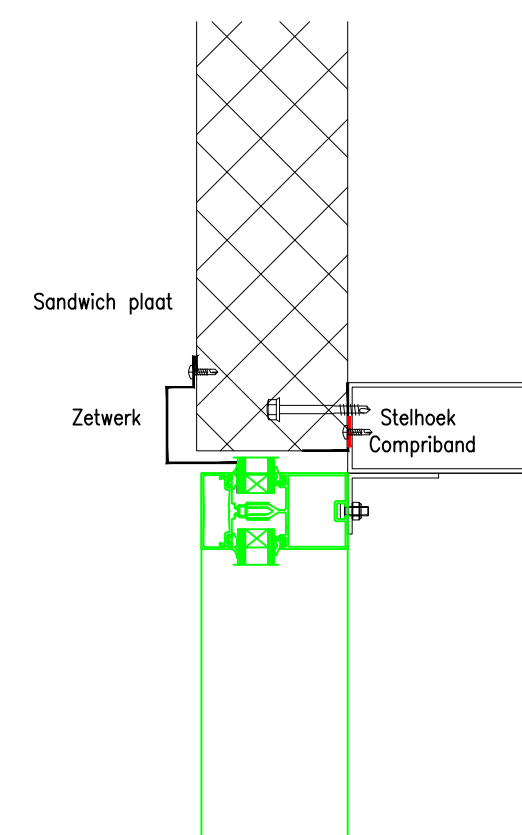
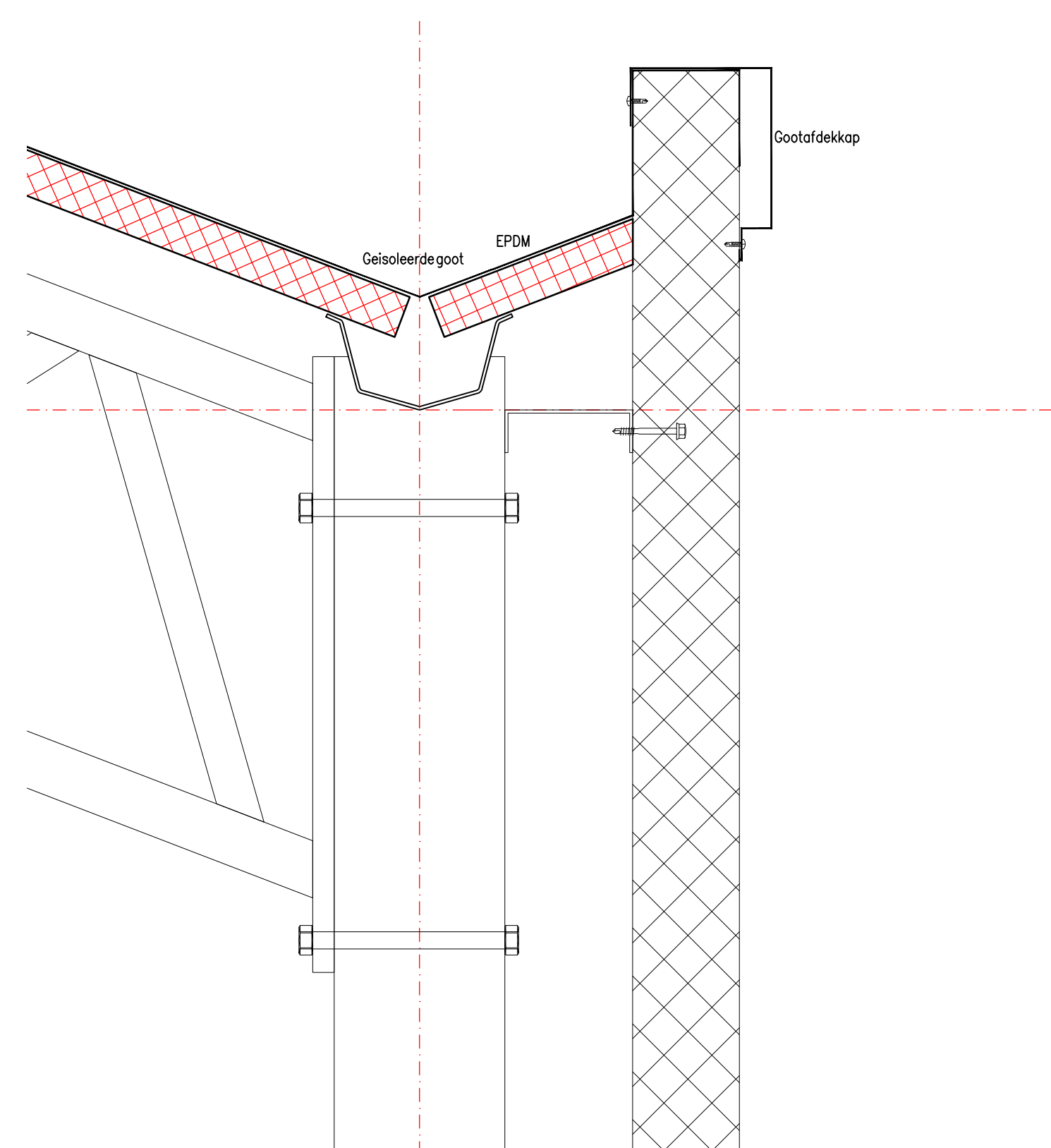
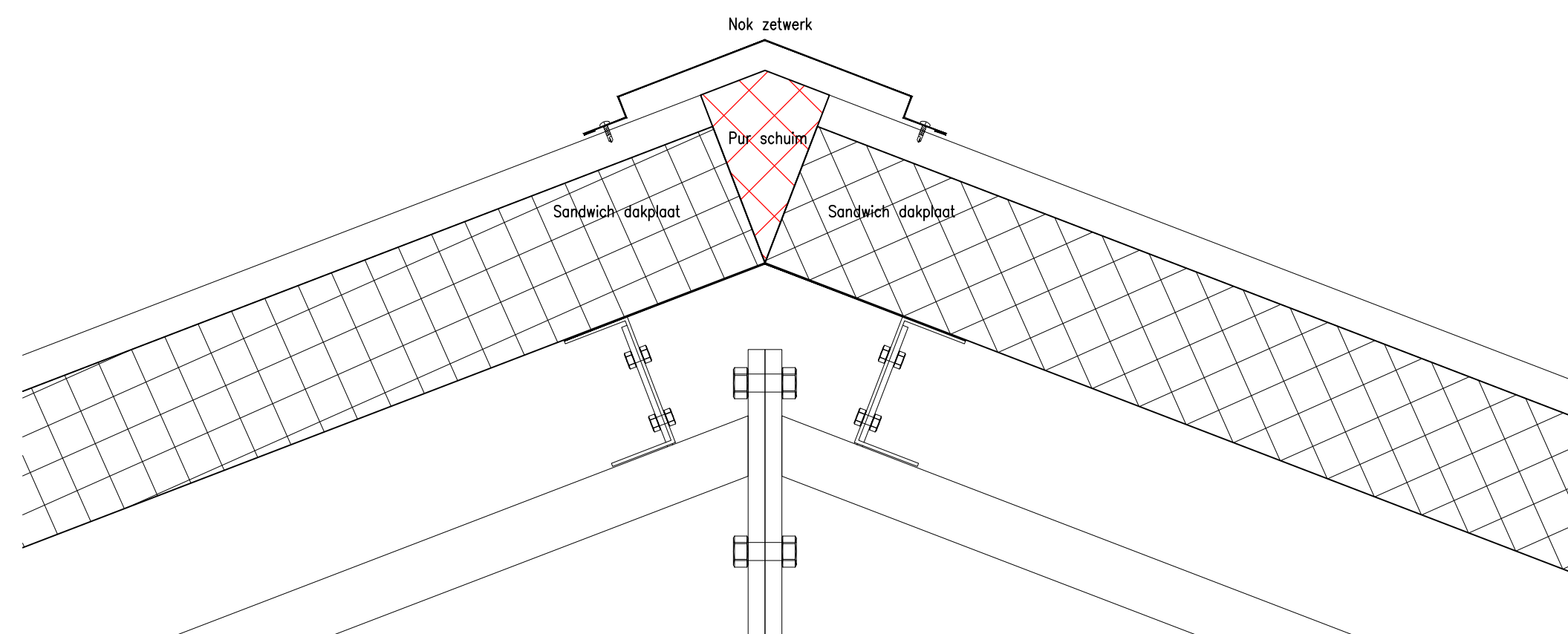
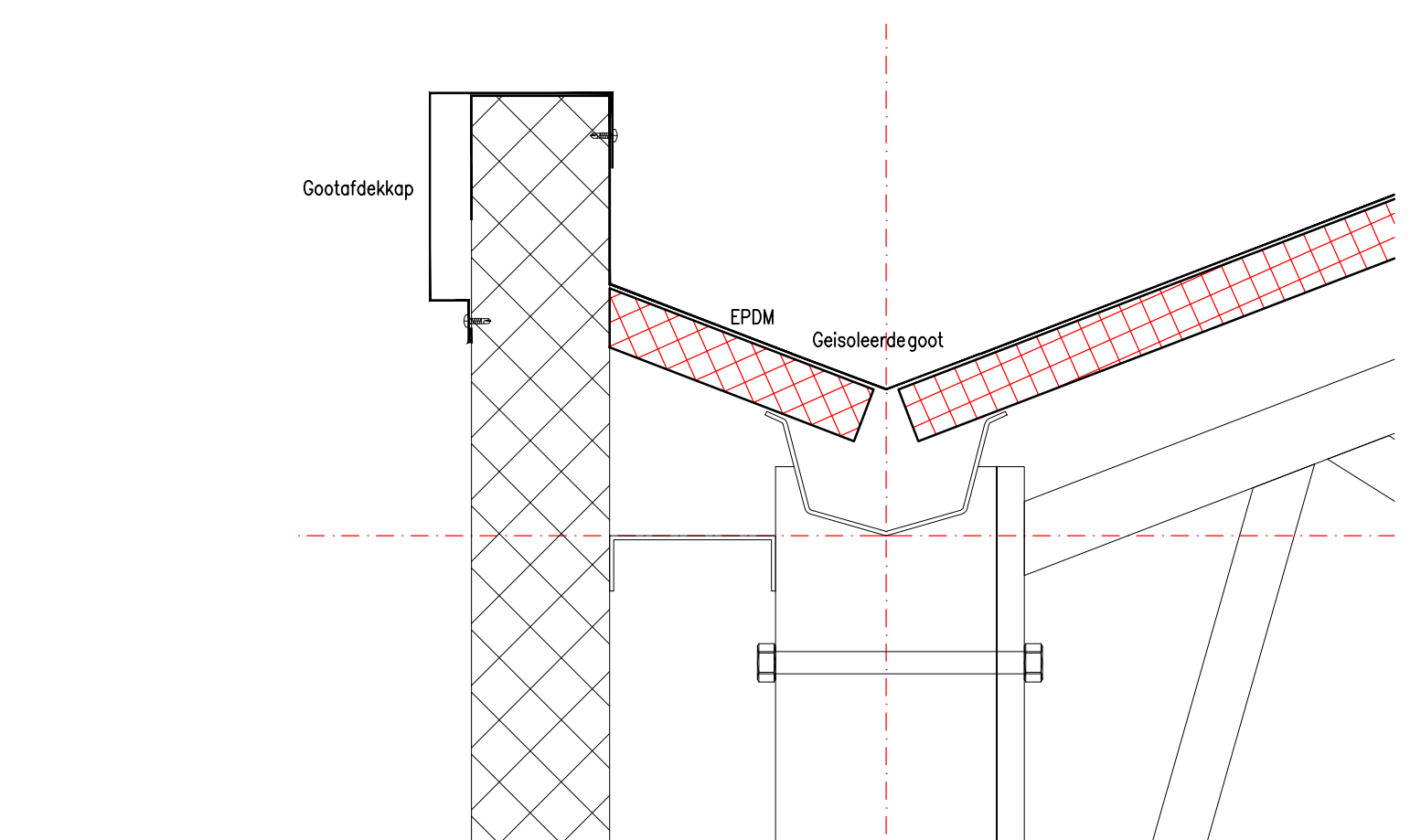
Meterruimte

Opdrachtgever : Nautix			
Project : Nieuwbouw horeca gelegenheid			
Onderdeel : Overzichtstekening Plattegrond			
Datum : 27-06-2024	18-06-2024		Offerte nr. :
Getekend : JV			Order nr. : N24.08
Schaal : 1:50			Status : DEFINITIEF
			Tekening nr. : 01-01

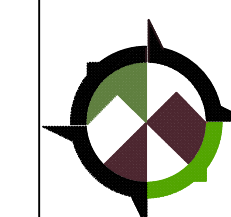


Onderdeel	Materiaal	Kleur/afwerking
Betonvloer	Beton	Grijs onafgewerkt
Staalconstructie	Staal	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Goten	Staal	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Dak	Sandwich platen; stalen platen met isolatie ertussen	Buitenkant Antraciet/binnenkant wit RAL9002
Glasgevels	Aluminium vliesgevels met isolatieglas	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Glas	Thermobel 0.8	Grijzige afwerking
Sandwich gevels	Sandwich platen; stalen platen met isolatie ertussen	Buitenkant Antraciet RAL7016/binnenkant Wit RAL9002
Deuren	Aluminium met isolatieglas	Gepoedercoat in RAL7016 str. Antraciet
Luchtramen	Aluminium met Polycarbonaat beplating	bruut aluminium met opaal polycarbonaat 32mm
Hemelwaterafvoer	PVC buizen	Grijs

Opdrachtgever : Nautix		
Project : Nieuwbouw horeca gelegenheid		
Onderdeel : Overzichtstekening Geveelaanzichten		
Datum : 27-06-2024	18-06-2024	Offerte nr. :
Getekend : JV		Order nr. : N24.08
Schaal : 1:100		Status : DEFINITIEF
		Tekening nr. : 01-02

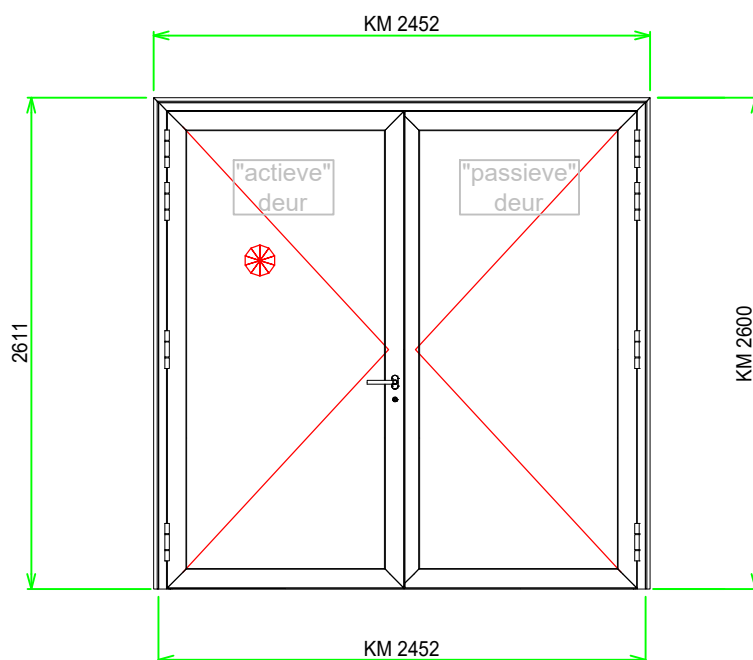
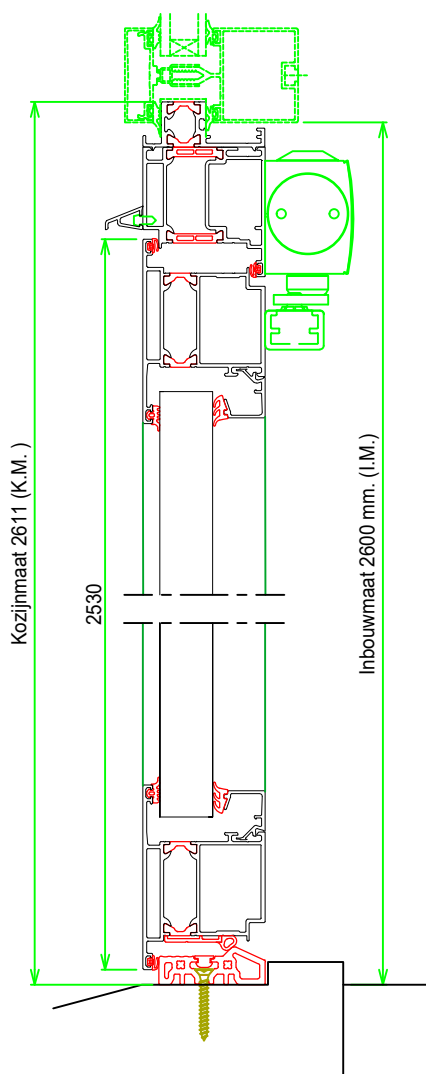
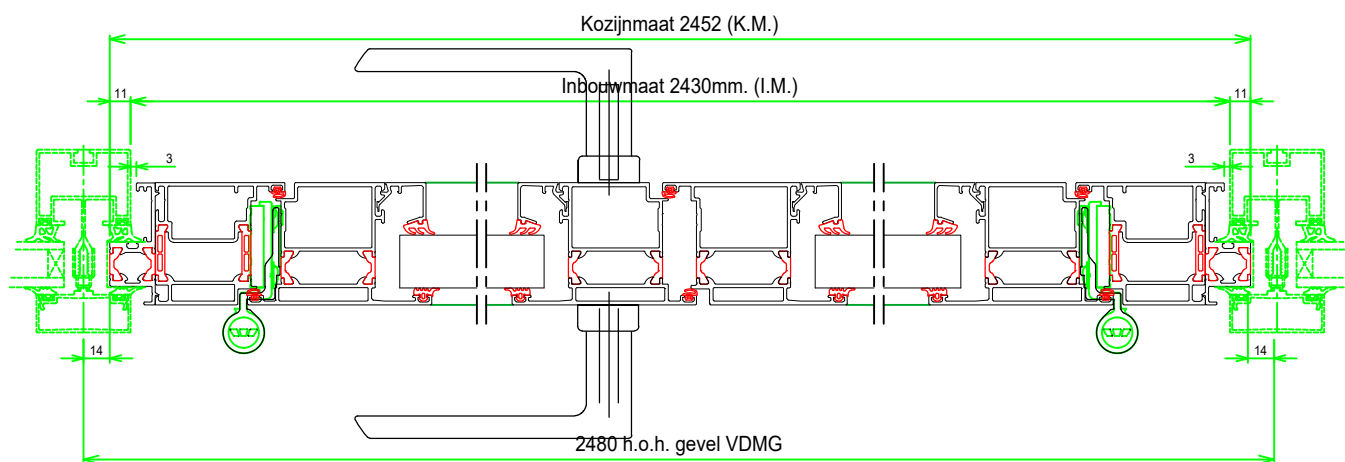


Opdrachtgever : Nautix			
Project : Nieuwbouw horeca gelegenheid			
Onderdeel : Doorsnede en Principedetails			
Datum : 27-06-2024	18-06-2024	Offerte nr. :	
Getekend : JV		Order nr. :	N24.08
Schaal : 1:5 / 1:50		Status :	DEFINITIEF
		Tekening nr. :	01-03



NOBUTEC

Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com



Profielserie Schüco AWS65

Opdrachtgever : *Nautix*

Project : *Nieuwbouw horecapaviljoen*

Onderdeel : *Dubbele loopdeur details*

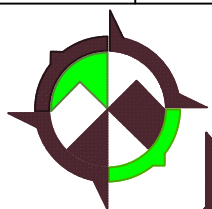
Order nr.: *N24.08*

Datum : *27-06-2024* Getekend : *JV*

Schaal :

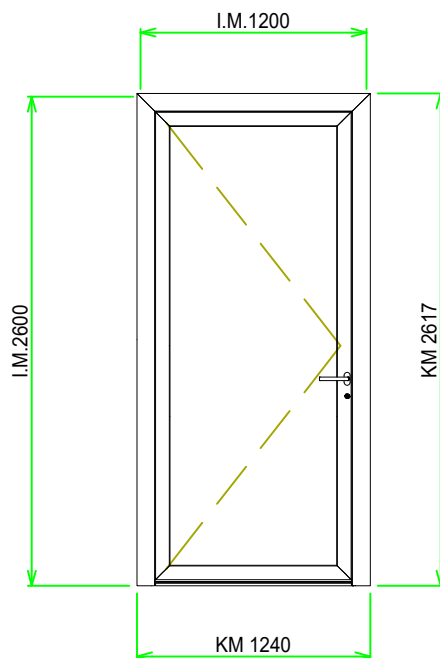
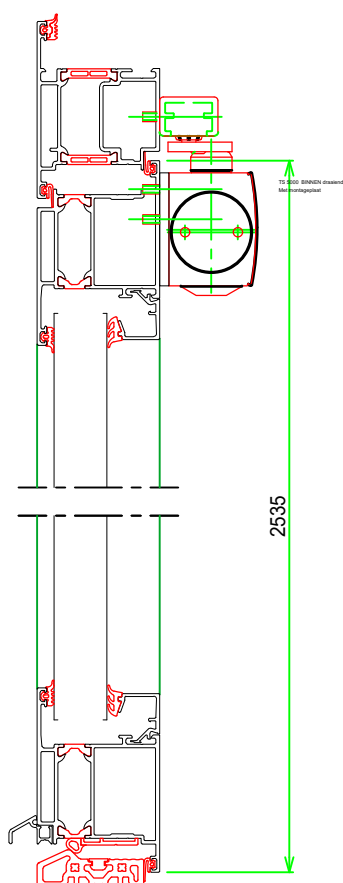
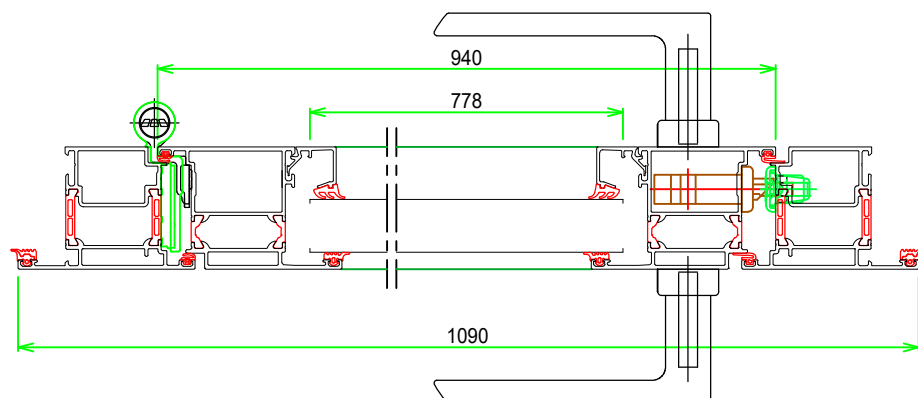
Tekening nr.: *01-07*

REVISIE 1:
REVISIE 2:
REVISIE 3:
REVISIE 4:
REVISIE 5:
REVISIE 6:
REVISIE 7:
REVISIE 8:



NOBUTEC

Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com



Profielserie Schüco AWS65

Opdrachtgever : *Nautix*

Project : *Nieuwbouw horecapaviljoen*

Onderdeel : *Enkele loopdeur details*

Order nr.: *N24.08*

Datum : *27-06-2024* Getekend : *JV*

Schaal :

Tekening nr.: *01-08*

REVISIE 1:

REVISIE 2:

REVISIE 3:

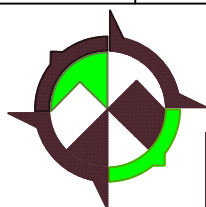
REVISIE 4:

REVISIE 5:

REVISIE 6:

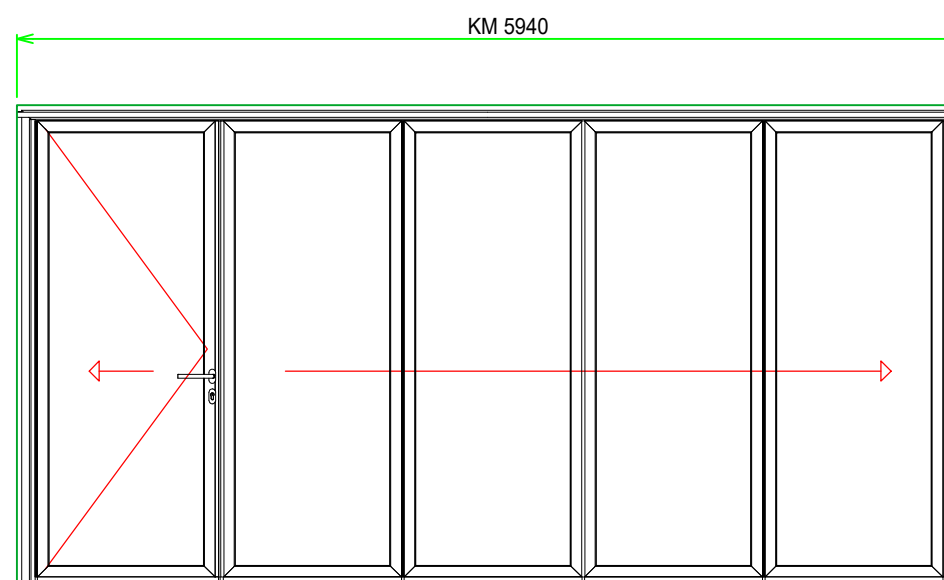
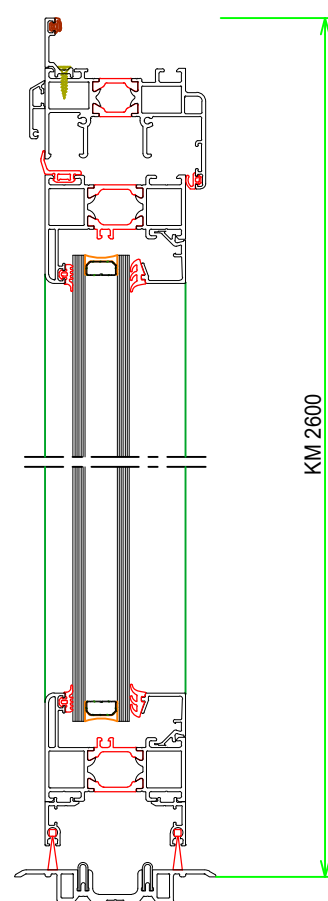
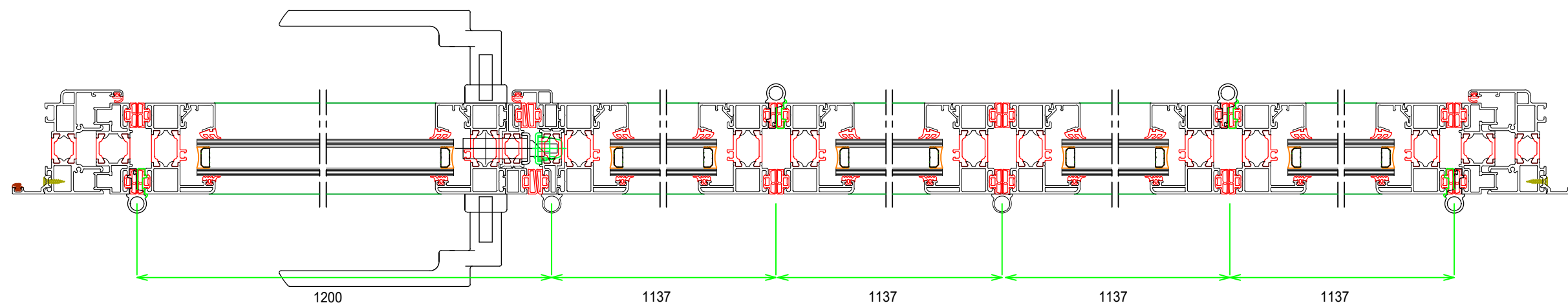
REVISIE 7:

REVISIE 8:



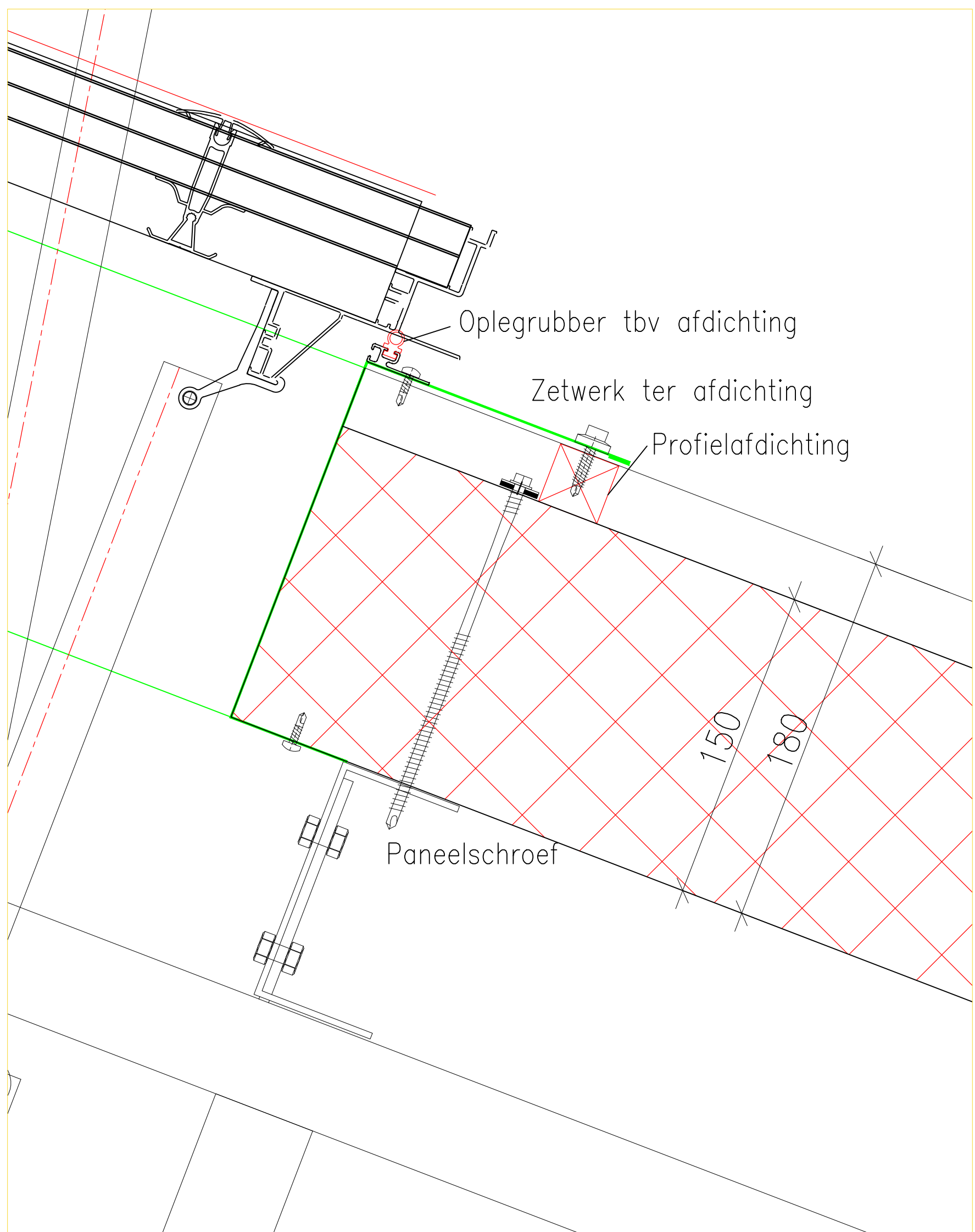
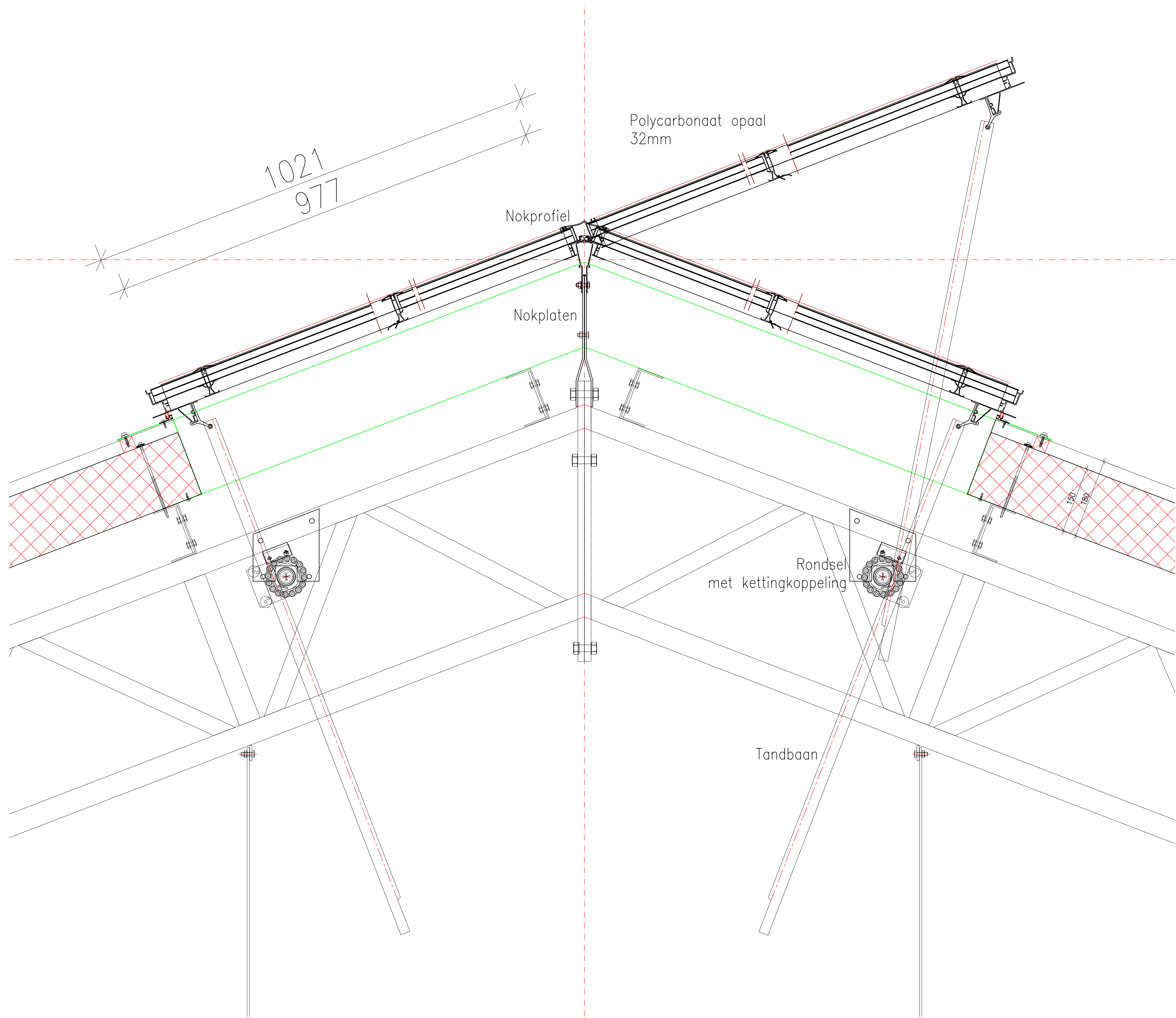
NOBUTEC

Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com

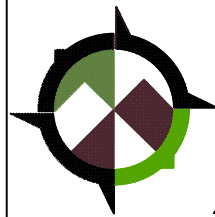


Profielserie Schüco ASS70D

Opdrachtgever : <i>Nautix</i>			
Projekt : <i>Nieuwbouw horecapaviljoen</i>			
Onderdeel : <i>Vouwwand details</i>			Order nr.: <i>N24.08</i>
Datum : <i>27-06-2024</i>		Getekend : <i>JV</i>	Schaal : <i>Tekening nr.: 01-09</i>
REVISIE 1:			
REVISIE 2:			
REVISIE 3:			
REVISIE 4:			
REVISIE 5:			
REVISIE 6:			
REVISIE 7:			
REVISIE 8:			
Maasdijkseweg 113 2291 PJ WATERINGEN Tel. +31 (0)174 385242 E-mail info@nobutec.nl Internet www.nobutec.com			



Opdrachtgever : <i>Nautix</i>			
Project : <i>Nieuwbouw horeca gelegenheid</i>			
Onderdeel : <i>Luchtraam detaillering</i>			
Datum : <i>27-06-2024</i>			Offerte nr. :
Getekend : <i>JV</i>			Order nr. : <i>N24.08</i>
Schaal : <i>1:2 / 1:5</i>			Status : <i>DEFINITIEF</i>
			Tekening nr. : <i>01-06</i>



NOBUTEC

Nobutec Tuinbouwprojecten BV
Maasdijkseweg 113
2291 PJ WATERINGEN
Tel. +31 (0)174 385242
E-mail info@nobutec.nl
Internet www.nobutec.com