

Bijlage 2 – Statische berekening onderstation Vught

RAPPORT

PHS Den Bosch- Vught - nieuw relaishuis en onderstation

Berekeningsrapport
Onderstation

Versie: 4.0

Status: Vrijgegeven

Datum: 14-07-2023

Kenmerk: B95-MJA-HS-RAP-
22007399

Autorisatieblad

PHS Den Bosch-Vught - nieuw relaishuis en onderstation

Berekeningsrapport Onderstation

	Naam	Akkoord	Datum
Opgesteld door	Jamal M (Mushtaq)	v	14-07-2023
Gecontroleerd door	Land W van't (Wim)	v	14-07-2023
Vrijgegeven door	Geudeke JM (Jeffrey)	v	14-07-2023

Versiehistorie

Versie	Naam	Datum	Korte toelichting
1.0	Mushtaq Jamal	31-10-2022	Eerste uitgave
2.0	Mushtaq Jamal	03-11-2022	Wijziging paragraaf 4.3
3.0	Mushtaq Jamal	12-05-2023	Wijziging figuur 2. De kruipruimte wordt verlaagd van 1,60 m naar 1,0m. Figuur 1 en figuur 4 zijn vervagen.
4.0	Mushtaq Jamal	14-07-2023	Wijziging fundering. Het onderstation wordt op staal gefundeerd

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
1 Inleiding	1
1.1 Projectomschrijving	1
2 Uitgangspunten	2
2.1 Voorschriften en richtlijnen	2
2.1.1 Eurocode met nationale bijlagen	2
2.1.2 Richtlijnen	2
2.2 Referentiedocumenten	2
2.2.1 Rapportages	2
2.2.2 Tekeningen	3
2.3 Ontwerputgangspunten	3
2.4 Materiaaleigenschappen	3
2.4.1 Staal	3
2.4.2 Beton	3
2.4.3 Hout	4
2.5 Geotechnische gegevens	4
2.6 Geautomatiseerde hulpmiddelen	4
2.7 Brandveiligheidseisen	5
2.8 Globale vervormingseisen	5
2.8.1 Horizontale vervormingen	5
2.8.2 Verticale vervormingen	5
3 Constructief ontwerp	6
3.1 Ontwerpomschrijving	6
3.2 Constructieve opbouw	6
3.2.1 Kelderbak	7
3.2.2 Begane grondvloer	7
3.2.3 Dragende CLT-wanden	8
3.2.4 Dak	8
3.3 Constructieve raakvlakken	9
3.4 Stabiliteit	9
3.5 Fundering	10
3.6 Rekenmodel	10
3.6.1 Toelichting modellering	11
4 Belastingen en belastingscombinatie	12
4.1 Permanente belastingen	12
4.1.1 Eigengewicht	12
4.1.2 Rustende belastingen	12
4.2 Veranderlijke belastingen	13

4.2.1 Toelichtingen	13
4.3 Buitengewone belastingen	17
4.3.1 Overdrukbelasting	17
4.4 Belastingcombinaties	17
5 Toetsing constructie	18
5.1 Uitgevoerde toetsingen	18
5.2 Globale toetsing	18
5.2.1 Globale stabiliteit	18
5.2.2 Globale vervorming	19
5.2.3 Globale horizontale vervormingen	19
5.2.4 2D contactspanningen	19
5.2.5 Controle opdrijven	20
5.3 Lokale constructietoetsing	21
5.3.1 CLT-dakpanelen	21
5.3.2 Dakligger	22
5.3.3 Roostervloerligger	22
5.3.4 CLT-wanden	23
5.4 Betonconstructie	24
5.4.1 Wapening kelderbak	24
5.4.2 begane grondvloer	25
6 Conclusie & aanbevelingen	26
6.1 Conclusie	26
6.2 Aanbevelingen	26
6.2.1 Aanvullende belastingsgevallen	26
6.2.2 Sparingen	26
Colofon	27
Bijlage 1 : SCIA Uitvoer	28
Bijlage 2 : Excel Uitvoer	29
Bijlage 3 : CLT-Designer Uitvoer	30
Bijlage 4 : Geotechnisch advies	31

1 Inleiding

1.1 Projectomschrijving

Het doel van project PHS Den Bosch – Vught is het realiseren en in gebruik nemen van de gewijzigde railinfrastructuur van 's-Hertogenbosch tot Vught om de capaciteit op het spoor te vergroten. Het realiseren van een onderstation te Vught is een onderdeel van PHS Den Bosch – Vught Contract 1. Het onderstation heeft een binnenmaat van ca 9,5 m×13,6 m (b×l). In Figuur 1 is een 3D impressie van het te realiseren onderstation weergegeven.



Figuur 1: 3D impressie onderstation te Vught

Dit rapport bevat de DO-berekeningen van de draagconstructie van het onderstation. In dit rapport wordt beschreven wat de uitgangspunten zijn. De constructieve elementen van het onderstation worden globaal op sterkte, stijfheid en stabiliteit getoetst.

2 Uitgangspunten

2.1 Voorschriften en richtlijnen

2.1.1 Eurocode met nationale bijlagen

Op het ontwerp en het toetsen van de constructie zijn de onderstaande voorschriften en richtlijnen van toepassing.

2.1.1.1 Eurocode 0: grondslagen van het constructief ontwerp

Eurocode	Titel
NEN-EN 1990	Grondslagen van het constructief ontwerp

2.1.1.2 Eurocode 1: belastingen op constructies

Eurocode	Titel
NEN-EN 1991-1-1	Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen - Dichtheden, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-3	Belastingen op constructies – Deel 1-3: Algemene belastingen – Sneeuwbelasting
NEN-EN 1991-1-4	Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen – Windbelasting

2.1.1.3 Eurocode 2: ontwerp en berekening van betonconstructies

Eurocode	Titel
NEN-EN 1992-1-1	Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

2.1.1.4 Eurocode 3: ontwerp en berekening van staalconstructies

Eurocode	Titel
NEN-EN 1993-1-1	Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen

2.1.1.5 Eurocode 5: ontwerp en berekening van houtconstructies

Eurocode	Titel
NEN-EN 1995-1-1	Ontwerp en berekening van houtconstructies – Deel 1-1: Algemeen – Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen

2.1.2 Richtlijnen

Richtlijn	Titel
OVS00112	Ontwerpvorschrift voor railgebonden gebouwen van ProRail
CUR 65	Ontwerp, aanleg en herstel van vloestofdichte voorzieningen van beton

2.2 Referentiedocumenten

2.2.1 Rapportages

[Ref.] Kenmerk	Titel	Versie	Datum
D80-MU-HS-MEMO-22003991	Funderingsadvies onderstation Vught	-	12-07-2023

2.2.2 Tekeningen

[Ref.]	Tekening	Titel	Versie	Datum
DO.01.00		Begane grond met terrein	1.0	28-10-2022
DO.01.01		Plattegronden	1.0	28-10-2022
DO.01.02		Gevelaanzichten	1.0	28-10-2022
DO.01.03		Doorsneden	1.0	01-05-2023
DO.01.04		DO Details	1.0	28-10-2022

2.3 Ontwerputgangspunten

Ontwerplevensduurklasse	3
Richtwaarde ontwerplevensduur	50 jaren
Gevolgklasse	CC2
Betrouwbaarheidsklasse	RC2; 3,8

2.4 Materiaaleigenschappen

2.4.1 Staal

Constructiestaal

Materiaal	Staalsoort	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	E-modulus [N/mm ²]	Materiaalfactor
Constructie-staal	S235	235	360	$2,1 \times 10^5$	1,0

2.4.2 Beton

Beton

Sterkte klasse	f_{ck} [N/mm ²] (cilinder druksterkte 28dgn)	f_{cd} [N/mm ²] (rekenwaarde druksterkte)	f_{ctm} [N/mm ²] (gemiddelde waarde treksterkte)	f_{ctd} [N/mm ²] (rekenwaarde treksterkte)	E-modulus [N/mm ²]
C30/37	30	20,0	2,90	1,35	33000

Betonstaal

Materiaal	Staalsoort	f_{yk} [N/mm ²]	f_t [N/mm ²]	E-modulus [N/mm ²]	Materiaalfactor
Betonstaal	FeB500 HWL (geribd)	435	500	$2,1 \times 10^5$	1,15

2.4.2.1 Milieuklassen

Elementen	Milieuklassen
Keldervloer	XC4
Kelderwanden buitenkant	XC4; XF1
Kelderwanden binnenkant	XC3
t.p.v. Traforuimte	XC4
Interne kelderwanden	XC1
t.p.v. Traforuimte	XC4
Begane grondvloer	XC1

2.4.3 Hout

Materiaal	Sterkte-klasse	$f_{t;0;rep}$ [N/mm ²]	$f_{t;90;rep}$ [N/mm ²]	$f_{c;0;rep}$ [N/mm ²]	$f_{c;90;rep}$ [N/mm ²]	E-modulus [N/mm ²]	Materiaalfactor
Hout	GL24h	19,2	0,5	24	2,5	$1,15 \times 10^4$	1,25

2.4.3.1 Klimaatklasse

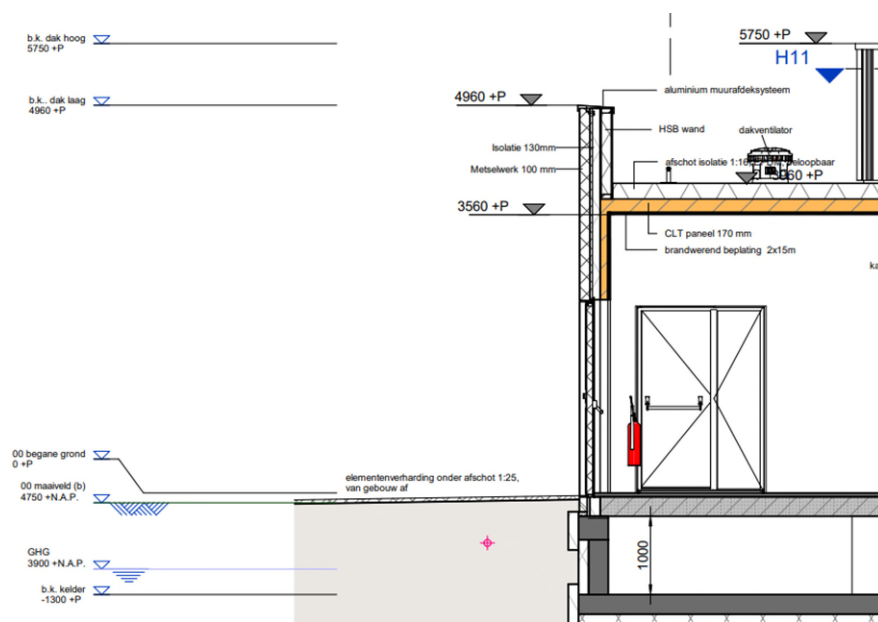
Elementen	Klimaatklasse	k_{def}
Houten wanden en vloeren	2	0,8 (GL) / 1,1 (CLT)

Vanwege de roostergevel van de transformatorcellen kan de relatieve luchtvochtigheid hoger zijn 65%, daarom is er gekozen voor klimaatklasse 2. Dit is toegepast voor alle houtconstructies van het gebouw.

2.5 Geotechnische gegevens

Gezien de grondslag (vanaf maaiveld komt tot grotere diepte vast zand voor, doorsneden door enkele klei en veenlagen) en de aanwezigheid van een verdiepte keldervloer als fundatie, wordt het onderstation op staal gefundeerd. Uit de beschikbare sonderingen is de volgende grondopbouw vastgesteld: ziltig zand met dunne kleilaag, zandhoudende kleilaag en vastgepakt zand. De hoogste voorkomende grondwaterstand is een hoogte van NAP +3,90 m. Dit betekent dat tijdens realisatie van het onderstation rekening dient te worden gehouden met kleine bemaling. Voor een uitgebreide toelichting van de grondopbouw wordt verwezen naar de bijlage 4: "Geotechnisch advies".

In OVS00112 2.1 (11) wordt de eis gesteld dat het railgebonden gebouw inclusief waterdichte kruipruimte minimaal 250 mm boven de hoogste grondwaterstand gepositioneerd dient te worden. De onderkant van de vloer van de kruipruimte bevindt zich op een hoogte van 575 mm onder de hoogste grondwaterstand (NAP +3,325 m). Dit betekent dat er niet wordt voldaan aan deze eis. Echter voor deze eis is dispensatie verleend door ProRail. In Figuur 2 is een overzicht van de grondwaterstanden gerelateerd aan de onderkant vloer van het onderstation weergegeven.



Figuur 2: Grondwaterniveau gerefereerd aan diepteligging van het onderstation

2.6 Geautomatiseerde hulpmiddelen

De volgende software is gebruikt bij het opstellen van deze rapportage:

Programma	Omschrijving
Excel	Diverse geautoriseerde spreadsheets
Scia Engineer	Eindige elementenprogramma
CLT-Designer	Rekensoftware voor CLT-elementen

2.7 Brandveiligheidseisen

De brandwerendheid van de hoofddraagconstructie is hierna weergegeven. Daarbij geldt dat voor beton het toepassen van een brandwerende coating niet is toegestaan.

Onderdeel	Eisen ten aanzien van. brandwerendheid
Alle constructieve onderdelen	90 min

In deze fase is ervan uitgegaan dat al het hout brandwerend bekleed wordt. In een volgende fase moet de brandwerendheid van de constructie verder worden uitgewerkt en getoetst.

2.8 Globale vervormingseisen

2.8.1 Horizontale vervormingen

$$U_{\max, \text{eind}} = 1/150 * H \quad (\text{Totale doorbuiging voor industriële gebouwen})$$

2.8.2 Verticale vervormingen

2.8.2.1 Vloeren

$$U_{\max, \text{bijkomend}} = 0,003 * L \quad (\text{Doorbuiging veroorzaakt door vert. belasting})$$

$$U_{\max, \text{eind}} = 0,004 * L \quad (\text{Totale doorbuiging door zowel perm. als vert. belasting})$$

2.8.2.2 Daken

$$U_{\max, \text{bijkomend}} = 0,004 * L \quad (\text{Doorbuiging veroorzaakt door vert. belasting})$$

$$U_{\max, \text{eind}} = 0,004 * L \quad (\text{Totale doorbuiging door zowel perm. als vert. belasting})$$

2.8.2.3 Wanden

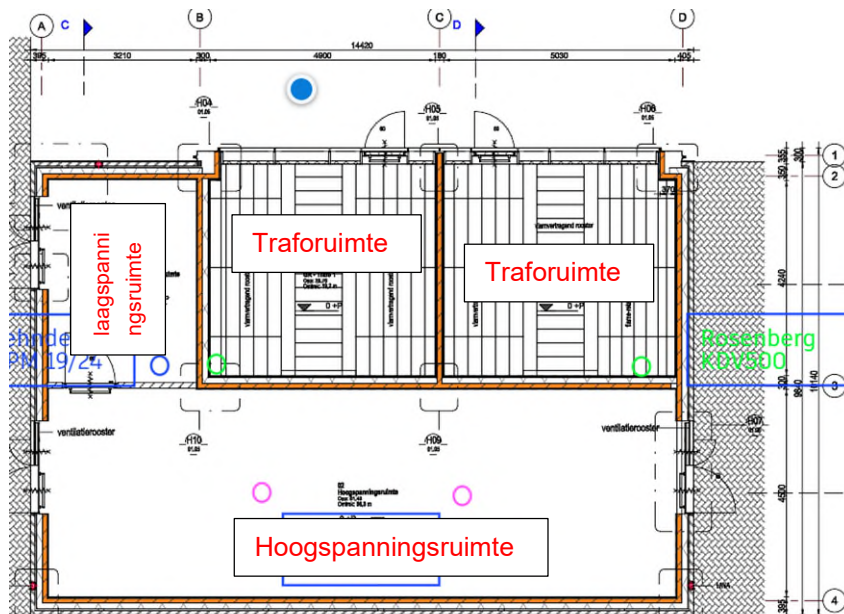
Tenzij scheurvorming wordt vermeden door de constructieve uitvoering van de wand zelf, mag de totale doorbuiging van de vloerconstructies die weinig vervormbare scheidingswanden dragen, niet groter zijn dan:

$$U_{\max, \text{bijkomend}} = 0,002 * L \quad (\text{Doorbuiging veroorzaakt door vert. belasting})$$

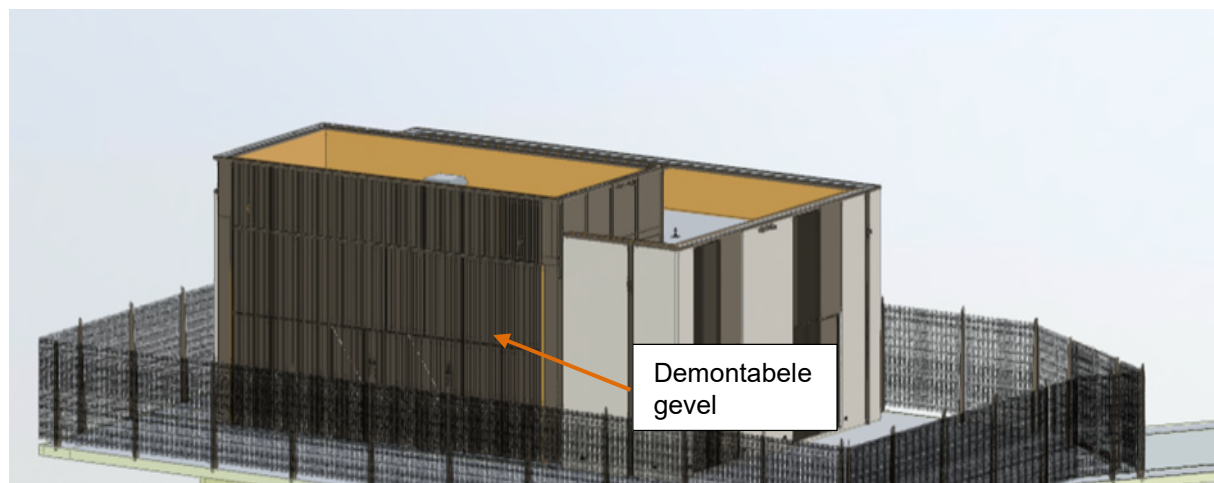
3 Constructief ontwerp

3.1 Ontwerpomschrijving

Het onderstation bestaat uit een hoog-en laagspanningsruimte en twee transformatorcellen. Dit onderstation heeft een buitenafmeting van ca 9,6m×14,4m×5,7m (b×l×h).



Figuur 3: Plattegrond onderstation



Figuur 4: 3D weergave onderstation

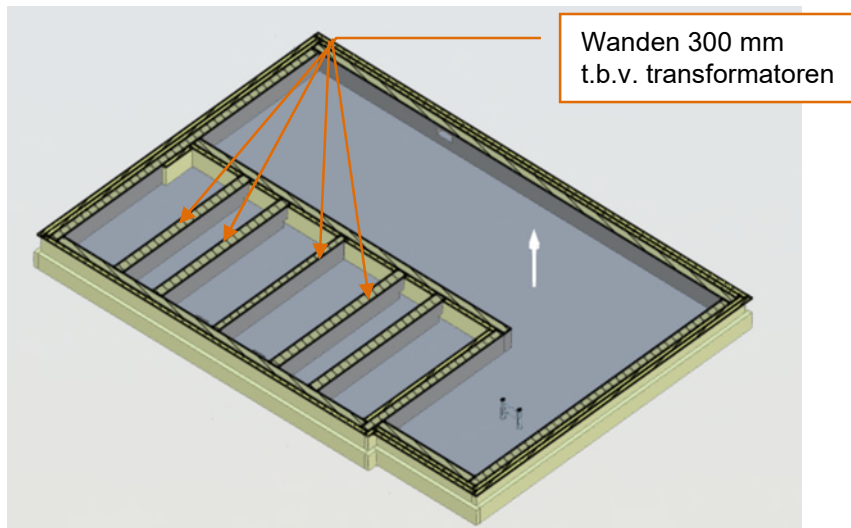
Het onderstation heeft een hybride draagconstructie. De constructieve elementen bestaan uit in het werk gestorte beton, staal en gelamineerde CLT-panelen. De gevel van de traforuimtes wordt demontabel gemaakt om de transformatoren makkelijk te kunnen verplaatsen of vervangen.

3.2 Constructieve opbouw

De draagconstructie van het onderstation wordt verdeeld in twee delen namelijk onderbouw (kelderbak en begane grondvloer) en bovenbouw (wanden boven het maaiveld en dak). In deze paragraaf wordt de draagconstructie van het onderstation nader toegelicht.

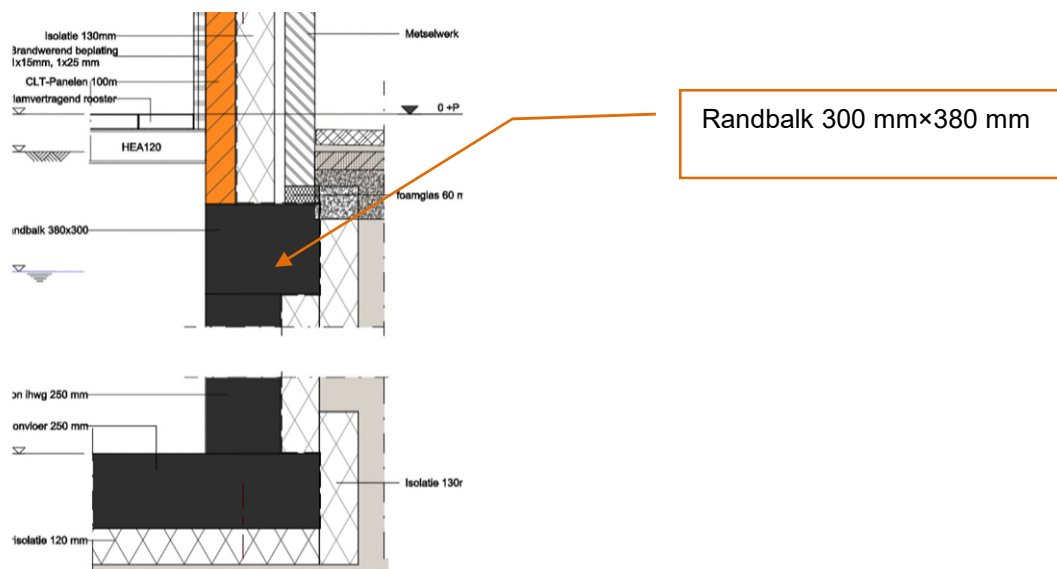
3.2.1 Kelderbak

De kelderbak bestaat uit in het werk gestort beton. De kelderwanden en keldervloer hebben een dikte van 250 mm. Conform de OVS00112 dient de kelderbak waterdicht te worden uitgevoerd. Om deze reden is op het ontwerp en uitvoering van de kelderbak CUR-65 (*Ontwerp, aanleg en herstel van vloeistofdichte voorzieningen van beton*) van toepassing. In Figuur 5 is de kelderbak weergegeven.



Figuur 5: Kelderbak

De inwendige wanden van de kelderbak zijn 250 mm. De twee transformatoren worden op de wanden (300 mm dik) geplaatst. De kelderbak ter plaatse van de transformatoren dient tevens als olieopvangbak. Om een grote opvangbak te kunnen creëren worden er sparingen (150 mm × 200 mm) aan de onderzijde van de betonnen wanden (waarop de transformatoren geplaatst worden) gemaakt. Hierdoor stroomt de olie door en verdeelt zich over een groter oppervlak. De kelderwanden worden voorzien van randbalken met een afmeting van 300 mm × 380 mm om het gevelpakket op de kelderbak te kunnen plaatsen. Zie een principe detail in Figuur 6.



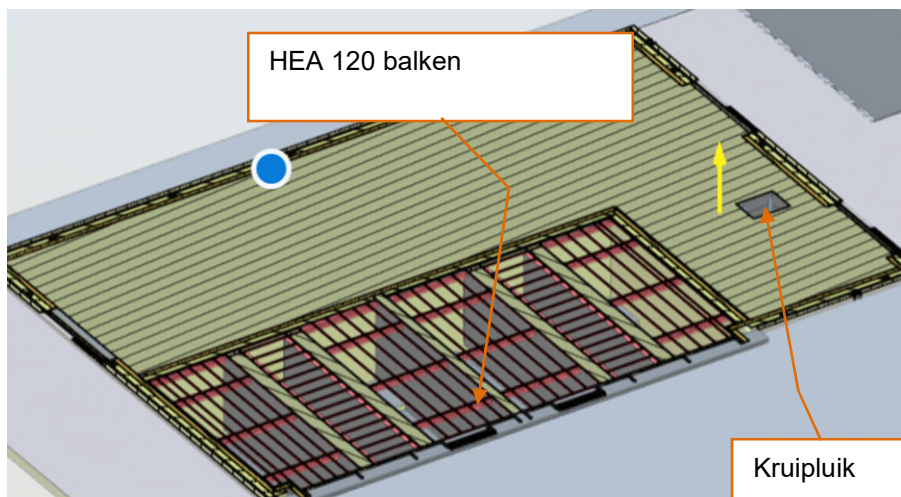
Figuur 6: Principe detail gevelaansluiting

3.2.2 Begane grondvloer

De begane grondvloer ter plaatse van de traforuimtes wordt uitgevoerd als een roostervloer. Deze vlamvertragende roosters worden op de HEA 120 liggers opgelegd. Deze balken overspannen van

wand naar wand (zie Figuur 7). De vloer van hoog-en laagspanningsruimte bestaat uit een massieve plaatvloer van 250 mm met een druklaag van 50 mm.

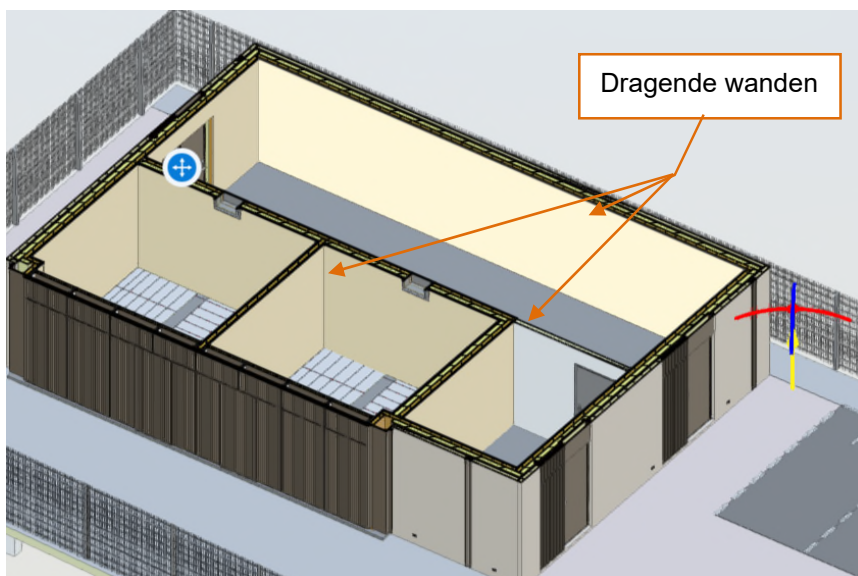
De kruipruimte dient vanuit de begane grondvloer toegankelijk te zijn. Dit betekent dat er een sparing (zie Figuur 7) met een afmeting van ca 600 mm × 800 mm in de begane grondvloer wordt aangebracht.



Figuur 7: Weergave begane grondvloer

3.2.3 Dragende CLT-wanden

De dragende wanden van het onderstation worden uitgevoerd in CLT X-100/5s panelen. Aan de binnenzijde worden deze wanden afgewerkt met brandwerende beplating en aan de buitenzijde worden de wanden met een metselwerkwand afgewerkt. Ter plaatse van de traforuimtes wordt de gevel uitgevoerd met roosterpuien met verticale lamellen. Dit deel van de gevel wordt demontabel gemaakt. In Figuur 8 is een visualisatie van de dragende wanden weergegeven.



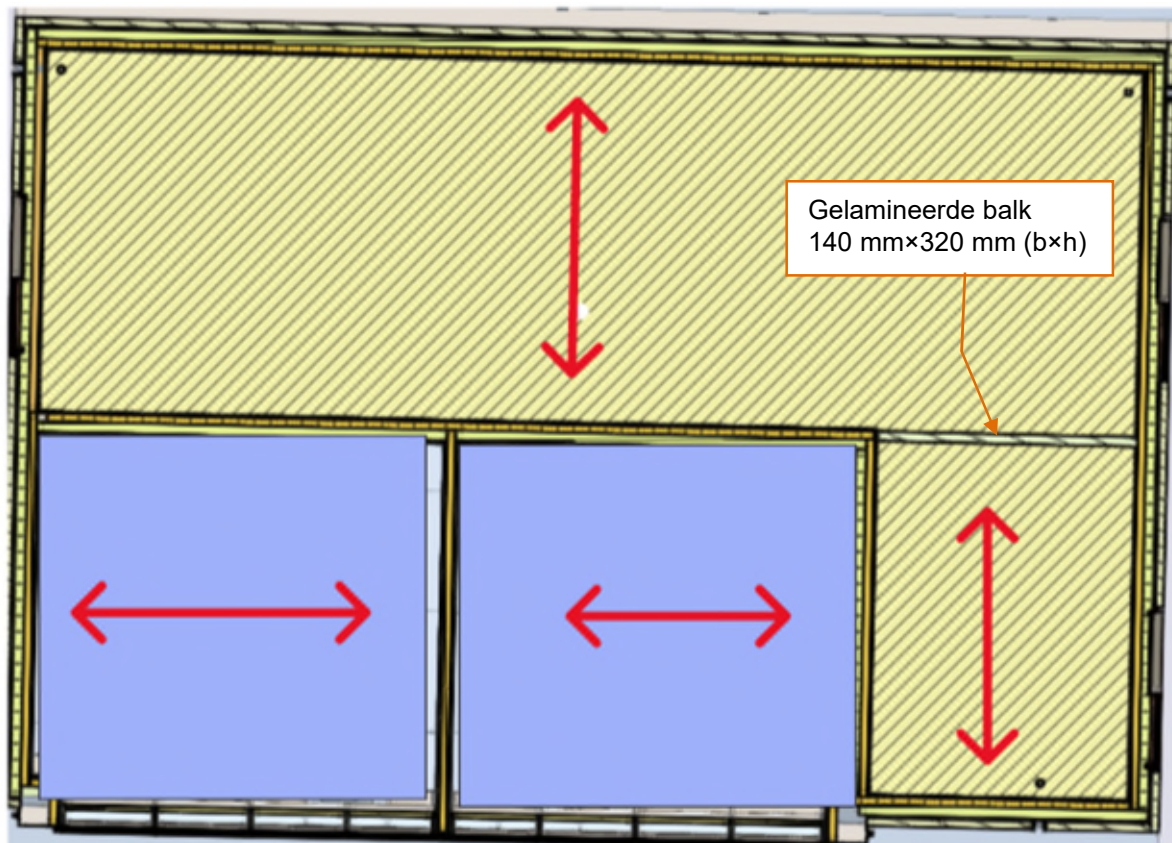
Figuur 8: Ruimtelijke weergave dragende wanden

3.2.4 Dak

Het dak wordt uitgevoerd in CLT LL-170 panelen. De overspanningsrichtingen hiervan zijn schematisch weergegeven in Figuur 9. Tussen de kopgevel en de dragende wand van de traforuimte

wordt een gelamineerde balk met een afmeting 140 mm × 320 mm (b×h) geplaatst om de dakvloer te dragen.

Het dak boven de traforuimtes wordt hoger uitgevoerd dan dat van de hoog- en laagspanningsruimtes. De traforuimtes en de hoog- en laagspanningsruimtes vormen een separaat compartiment.



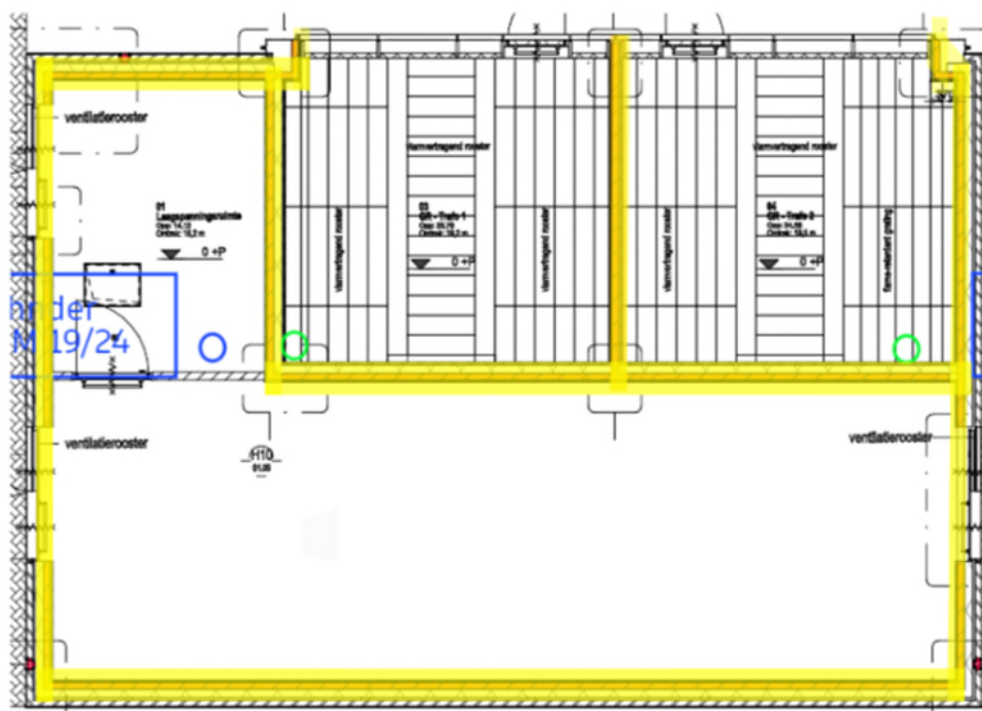
Figuur 9: Overspanningsrichting dakpanelen

3.3 Constructieve raakvlakken

Ten behoeve van de installaties, kabels en leidingen zullen sparingen in de wanden en vloeren gemaakt worden. Deze sparingen dienen in de volgende fase na het vaststellen van de locaties nader uitgewerkt worden. In de begane grondvloer is een rechthoekige sparing nodig (kruipluik) met een afmeting van ca 640 mm × 840 mm. Deze sparing is in het SCIA-model gemodelleerd.

3.4 Stabiliteit

De stabiliteit van het onderstation wordt door de dragende wanden en de CLT-dakpanelen gewaarborgd. De geel gemarkeerde wanden in Figuur 10 zijn dragend en zorgen ook voor de horizontale krachtsoverdracht naar de fundering. De CLT-dakpanelen moeten op constructieve verbonden worden, zodanig dat voldoende schijfwerking wordt gerealiseerd. Dit dient door Opdrachtnemer te worden uitgewerkt.



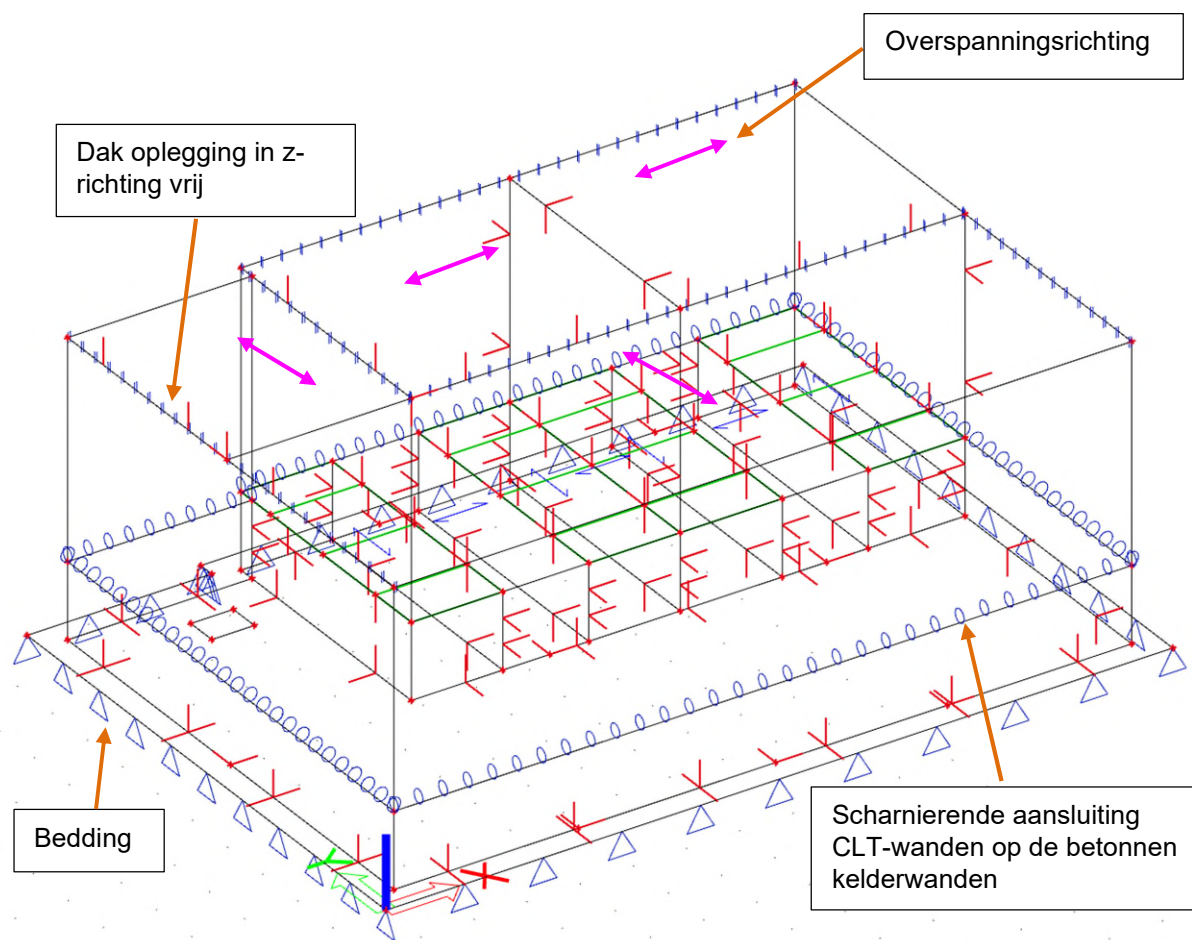
Figuur 10: Dragende CLT-wanden

3.5 Fundering

Het onderstation wordt op staal gefundeerd. Voor de bedding wordt een waarde van 1800 kN/m³ (gebaseerd op geotechnisch advies) aangehouden.

3.6 Rekenmodel

De draagconstructie van het onderstation is in SCIA Engineer gemodelleerd. Het gewicht van de buitengevels en dakranden zijn als een lijnlast in het SCIA-model ingevoerd. Het onderstation wordt op staal gefundeerd. In het SCIA-model is een 2D-vlakondersteuning met een bedding van 1800 kN/m³ ingevoerd. In Figuur 11 is het rekenmodel van het onderstation weergegeven. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de Bijlage 1 "SCIA Uitvoer".



Figuur 11: Rekenmodel onderstation in SCIA Engineer

3.6.1 Toelichting modellering

Een aantal belangrijke modelleringkeuzes wordt in deze paragraaf toegelicht:

- Het eigengewicht van de metselwerkwand en HSB-wanden (dakranden) wordt als lijnlast in SCIA ingevoerd;
- De CLT-dakpanelen overspannen in de richting van de roze pijlen in Figuur 11. Om deze reden is het dak in kopgevels in z-richting als rol oplegging gemodelleerd;
- De CLT-wanden zijn scharnierend aan de kelderwanden gemodelleerd.

4.1.1 Eigengewicht

4.1.2 Rustende belastingen

Belasting	Omschrijving	Waarde
Rustende dakbelasting	EPDM + isolatie + reservering sedum	1,0 kN/m ²
Gronddruk	Zandlaag van ca 1,2 m = (17-10) kN/m ³ × 1,2 m Een lineair oplopende gronddruk	8,4 kN/m ²
HSB-wand (dakrand)	HSB dakranden (aannee)	0,5 kN/m ¹
Metselwerkwand (buitengevel)	4,35 m × 0,1 m × 18 kN/m ³ = 7,8 kN/m ¹	7,8 kN/m ¹
Opwaartse waterdruk (GHG)	Waterdruk 0,575 m = 10 kN/m ³ × 0,575 m	5,75 kN/m ²
Vlamvertragende rooster	0,2 m × 10 kN/m ³ = 2,0 kN/m ² (aannee)	2,0 kN/m ²
Gewicht installaties	Zie toelichting 4.1.2.1	-
Druklaag begane grondvloer	0,05 m × 25 kN/m ³ = 1,25 kN/m ²	1,25 kN/m ²

Tabel 1: Overzicht rustende belastingen

4.1.2.1 Aanwezige installaties

Op de begane grondvloer van het onderstation worden meerdere installatiekasten geplaatst. In deze fase wordt uitgegaan van een indicatief ontwerp conform Figuur 12. In de UO-fase dient geverifieerd te worden dat de locaties en belastingen door installaties niet tot hogere krachten in de vloeren leiden.

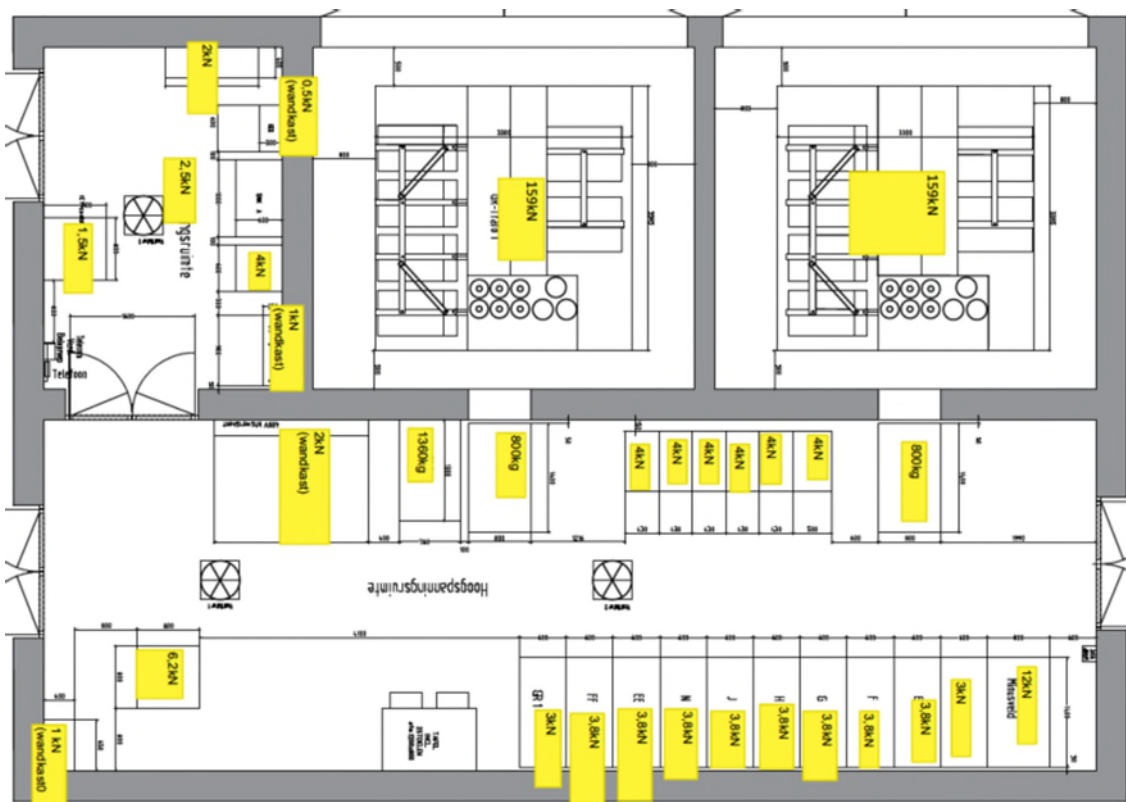
Gewicht transformatoren:

In het onderstation worden twee transformatoren met een gewicht van 192 kN inclusief olie geplaatst. Deze transformatoren worden op de opstanden geplaatst.

Gewicht transformator:	= 159 kN
Gewicht olie:	= 33 kN
Totaal:	<u>192 kN</u> +

De oplegglengte van de trafo is 2,076 m. Dit geeft een lijnlast van $(192/2) \text{ kN}/2,076 \text{ m} = 46 \text{ kN/m}$. Deze lijnlast wordt over de gehele lengte (conservatief) van de opstanden ingevoerd.





Figuur 12: Indicatief ontwerp installaties

4.2 Veranderlijke belastingen

De veranderlijke belastingen zijn in Tabel 2 tabel weergegeven.

Belasting	Omschrijving	ψ_0	Waarde
Dak	Klasse -H	0	1,0 kN/m ²
Veranderlijke belasting begane grondvloer	Klasse E2 7,5 kN/m ² + 0,5 kN/m ² Scheidingswanden	1,0	8,0 kN/m ²
Keldervloer (kruipruimte)	Klasse E2	1,0	3,0 kN/m ²
Sneeuw belasting	Zie 4.2.1.2	0	0,56 kN/m ²
Windbelasting	Zie 4.2.1.3	0	
Wateraccumulatie	Zie 4.2.1.5	0	

Tabel 2: Overzicht veranderlijke belastingen

4.2.1 Toelichtingen

4.2.1.1 Dakbelasting

Het dak is berekend op een onderhoudsbelasting van 1,0 kN/m² over het volledige dakvloer.

4.2.1.2 Sneeuwbelasting

De sneeuwbelasting is conform NEN-EN 1991-1-3 bepaald.

$$s = \mu_1 * C_e * C_t * s_k$$

$$s = 0,8 * 1,0 * 1,0 * 0,7$$

$$= 0,56 \text{ kN/m}^2$$

De sneeuw kan ophopen tegen de dakranden. De dakranden worden beschouwd als een obstakel van 1700 mm (hoogste dakrand).

6.2 sneeuwophoping ter hoogte van uitstekende delen en obstakels

(NB) In Nederland hoeven geen uitzonderlijke sneeuwbelastingen of uitzonderlijke sneeuwverstuivingen te zijn beschouwd

hoogte van het obstakel

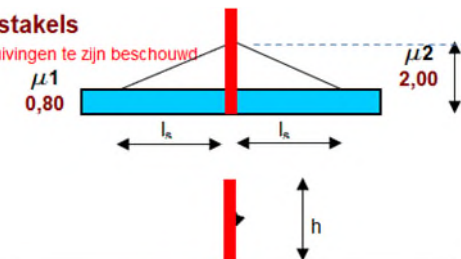
$$h = 1,7 \text{ m}$$

$$l_s = \text{lengte waarover } \mu_1 \text{ oploopt tot } \mu_2$$

$$\text{met } l_k = 2h = \frac{2}{2} * 1,7 = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{maatgevende waarde voor maat } l_k \text{ (} 5\text{m} \leq l_k \leq 15\text{m} \text{)} = 5 \text{ m}$$

$$\mu_2 = g_{s,n,red} * h / p_{s,n,red} = 2 * 1,7 / 0,7 = 4,86 \text{ maar } \leq 2,0$$



De belasting op de punten met maximale sneeuwophoping is:

$$s = \mu_2 * C_e * C_t * s_k$$

$$s = 2,0 * 1,0 * 1,0 * 0,7$$

$$= 1,4 \text{ kN/m}^2$$

Sneeuwophoping wordt als een aparte belastinggeval in SCIA ingevoerd. Deze belasting verloopt lineair en heeft een bereik van 3,4 m vanaf de dakrand.

$$\text{Sneeuwophoping: } 1,4 \text{ kN/m}^2 - 0,56 \text{ kN/m}^2 = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

4.2.1.3 Windbelasting

De windbelasting is bepaald op basis van Eurocode 1991-1-4.

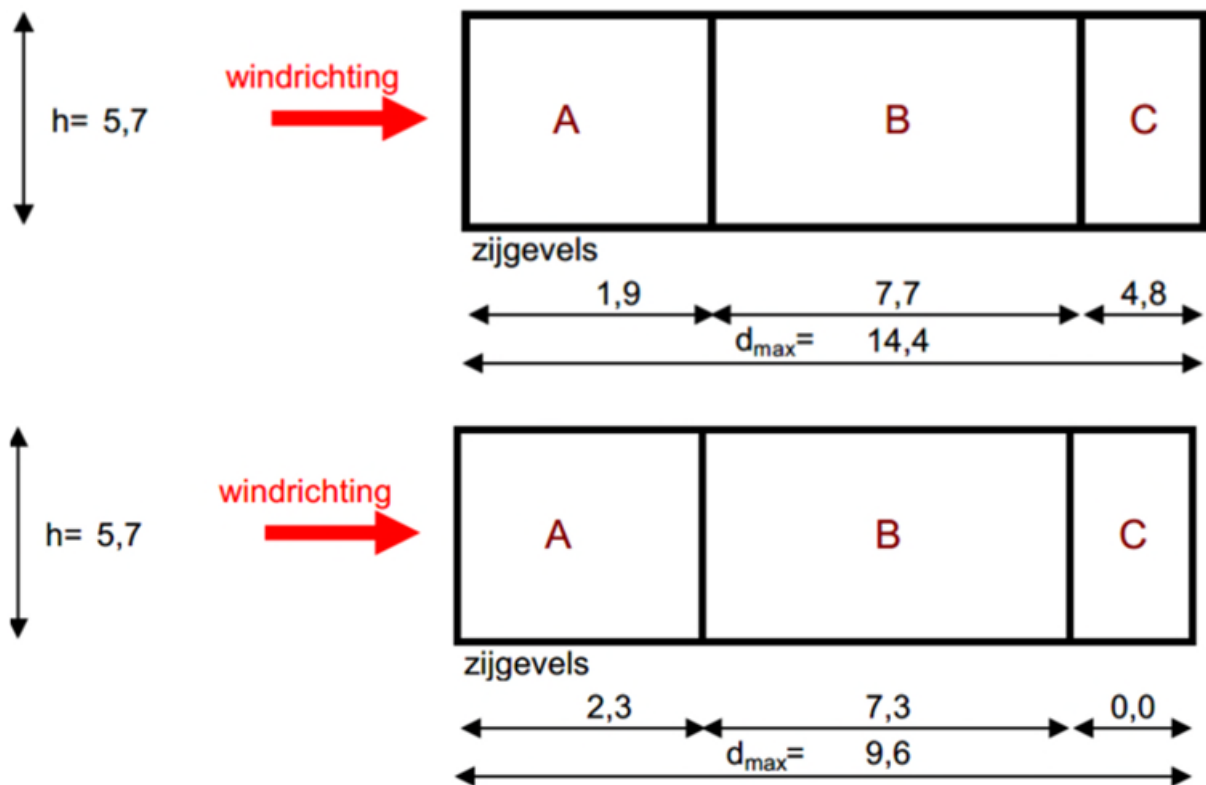
Windgebied	III
Omgeving	II (onbebouwd)
Referentiehoogte t.o.v. maaiveld	5,7 m
Stuwdruk q_p (4,6m)	0,57 kN/m ²
Bouwfactor $C_s C_d$	1,0

De krachtscoëfficiënten zijn aan de hand van Tabel NB.6.7.1 en Tabel NB.7.7.2 bepaald. De krachtscoëfficiënten en de bijbehorende zones zijn in Tabel 3 weergegeven.

Zone:	A	B	C	D	E	F	G	H	I
C_p :	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5	-1,2	-0,8	-0,7	+0,2

Tabel 3: krachtscoëfficiënten en zones

Een overzicht van de indeling van de zones is weergegeven Figuur 13. Voor de uitgebreide toelichting van de windbelasting worde verwezen naar de bijlage 2 "Excel Uitvoeren".



Figuur 13: Indeling windzones aangeblazen kopgevel (boven) aangeblazen langsgevel (onder)

4.2.1.4 Interne over- en onderdruk

Winddruk op binnenwanden is bepaald aan de hand van NEN-EN 1991-1-4 uitdrukking 5.2:

$$w_i = q_p(z_i) * c_{pi}$$

Voor de c_{pi} -factor is rekening gehouden met NEN-EN 199-11-4 7.2.9(6) waarin gesteld wordt dat de volgende waarden gehanteerd moeten worden:

$$c_{pi} = -0,3$$

$$c_{pi} = 0,2$$

Dit geeft belastingen van:

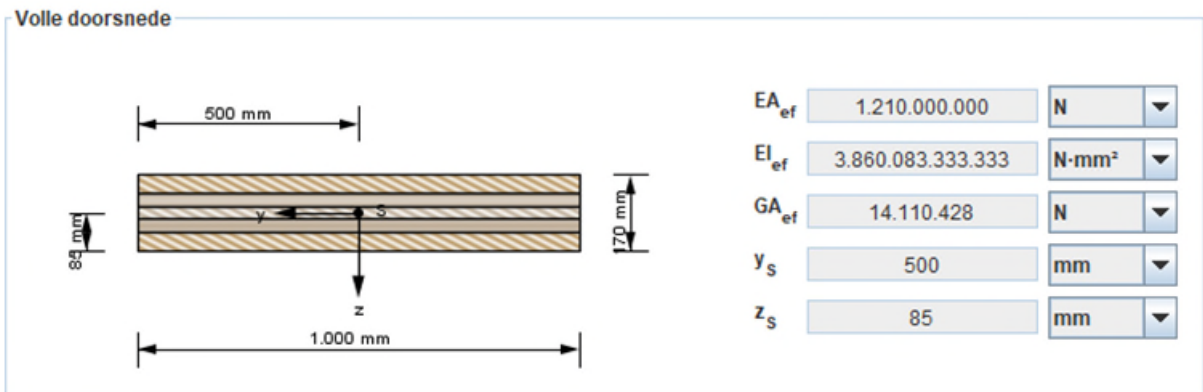
$$w_i = 0,52 \times -0,3 = -16 \text{ kN/m}^2$$

$$w_i = 0,52 \times 0,2 = 0,10 \text{ kN/m}^2$$

4.2.1.5 Wateraccumulatiecheck

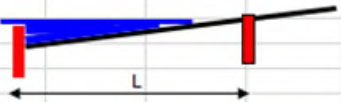
Aangezien het dak bestaat uit CLT elementen is kruip meegenomen. De kruip zal plaatsvinden onder de permanente belasting. Voor de berekening van de belasting t.b.v. kruip is gerekend met een k_{def} factor. Deze wordt bepaald via NEN-EN1995 1-1 tabel 3.2. En is voor gelijmd gelamineerd hout i.c.m. klimaatklasse II: $k_{def} = 0,8$ en voor CLT panelen geldt conform CLT-Designer een waarde van 1,1.

Het CLT-element op het dak heeft een maximale overspanning van 5,3 m. Er is geen secundaire constructie. Het element is een 170 mm dik paneel. Voor de gebruikte eigenschappen is verwezen naar Figuur 14.



Figuur 14: Eigenschappen CLT-dakpaneel

De dakranden worden voorzien van noodafvoer met een binnenmaat van 100 mm × 80 mm. De afstand van onderkant spuwer tot bovenkant dakbedekking is 50 mm. De totale waterbelasting is berekend op 6,6 kN over een overspanning van 5,3 m. Dat is $6,6 / 5,3 = 1,2$ kN/m². Hieronder is een samenvatting van de wateraccumulatieberekening weergegeven. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de bijlage 2 "Excel Uitvoeren".

Movares Adviseurs en Ingenieurs				Versie : 6.11.12 ; NDP : NL				printdatum : 27-10-2022				
Dakpanelen				A wateraccumulatie EC				klasse eigen opgave				
PHS DB-Vught												
Relaishuis												
Eurocode NIEUWBOUW												
veiligheidsklasse		CC2	-									
modelfactor		1,3										
unity-check		sterkte	0,04	toename	0,00	overstort	0,97					
opmerking												
schematisering												
aantal steunpunten hoofdligger A		$n_A =$	2	st	profielgegevens secundaire constructie B							
aantal steunpunten secundaire co		$n_B =$	2	st	traagheidsmoment per m' breedte							
lengte liggerdeel 1		$L_1 =$	1000	mm	elasticiteitsmodulus							
			17500	mm								
hart op hartmaat hoofdliggers A		$a =$	5300	mm	noodafvoer							
hoogteverschil tussen stpt 1-2		$\delta H =$	0	mm	vorm van de noodafvoer							
zeeg tussen steunpunt 1 en 2 (par		$z =$	0	mm	rechte vrije overlaat							
belastingen (representatief)					breedte noodafvoer							
eigen gewicht dak		$G_{rep} =$	1	kN/m	hoogte (rechthoekige) noodafvoer							
belasting tbv kruip		$G_{kruip} =$	2,1	kN/m	dakoppervlak voor één noodafvoer							
eigen gewicht ligger A		$g_{rep} =$	0,935	kN/m								
profielgegevens hoofdligger (A1+)		$A_1 =$				doorbuiging						
		$A_2 =$				1e orde doorbuiging e.g. + kruip						
traagheidsmoment		$I_y =$	40942	cm ⁴	bijkomende doorbuiging tgv water							
weerstandsmoment		$W_y =$	4817	cm ³	doorbuiging ligger tov as-lijn							
elasticiteitsmodulus		$E =$	9428	N/mm ²	moment $M_{Ed,A}$ na 12 iteraties							
buigtrekspanning		$f_y =$	24	N/mm ²	totale waterbelasting op ligger A							
sterkte ligger A: $W_{benodigd} / W_{aanwzig}$												
% toename na 12 iteraties / toelaatbare toename												
minimum vrije hoogte / werkelijke vrije hoogte												

Figuur 15: Samenvatting wateraccumulatieberekening

4.2.1.6 Thermische belasting

De thermische belasting is niet maatgevend voor de hoofdconstructie vanwege de beperkte dimensies. In deze fase is de thermische belasting niet meegenomen.

4.3 Buitengewone belastingen

4.3.1 Overdrukbelasting

Overdruk is mogelijk door de werking van de installaties. De grootte van de krachten en de benodigde voorzieningen moeten worden uitgewerkt in de volgende fase conform de opgave van de leverancier. Het onderstation is bij de traforuimtes voorzien van overdrukroosters. Deze roosters zullen de overdruk snel dissiperen. Er wordt geen significant effect op de constructie verwacht.

4.4 Belastingcombinaties

De belastingcombinaties zijn gebaseerd op basis van de NEN-EN 1990. In Tabel 4 is een overzicht van de combinatiefactoren weergegeven.

Belastingscombinaties	Blijvende belastingen		Overheersende veranderlijke belasting	Veranderlijke belastingen gelijktijdig met overheersende
	Ongunstig	Gunstig		
Uiterste grenstoestanden (UGT)				
STR/GEO (vgl. 6.10a)	1,35	0,9	1,5 $\Psi_{0,1}$	1,5 $\Psi_{0,i}$ ($i>1$)
STR/GEO (vgl. 6.10b)	1,2	0,9	1,5	1,5 $\Psi_{0,i}$ ($i>1$)
Buitengewoon (vgl. 6.11b)	1,0	1,0	1,0	1,0 $\Psi_{1,1}^a$ 1,0 $\Psi_{2,i}$ ($i>1$)
Bruikbaarheidsgrenstoestanden (BGT)				
Karakteristiek (vgl. 6.14b)	1,0	1,0	1,0	1,0 $\Psi_{0,i}$ ($i>1$)
Frequent (vgl. 6.15b)	1,0	1,0	1,0 $\Psi_{1,1}$	1,0 $\Psi_{2,i}$ ($i>1$)
Quasi-permanent	1,0	1,0	1,0 $\Psi_{2,1}$	1,0 $\Psi_{2,i}$ ($i>1$)

Tabel 4: Overzicht belastingcombinaties

5 Toetsing constructie

5.1 Uitgevoerde toetsingen

In bijlage 1 “SCIA Uitvoer” zijn de resultaten van de EEM-berekeningen terug te vinden. De draagconstructie van het onderstation is getoetst op:

- Globale stabiliteit;
- Globale vervorming;
- Lokale sterkte;
- Lokale vervorming.

5.2 Globale toetsing

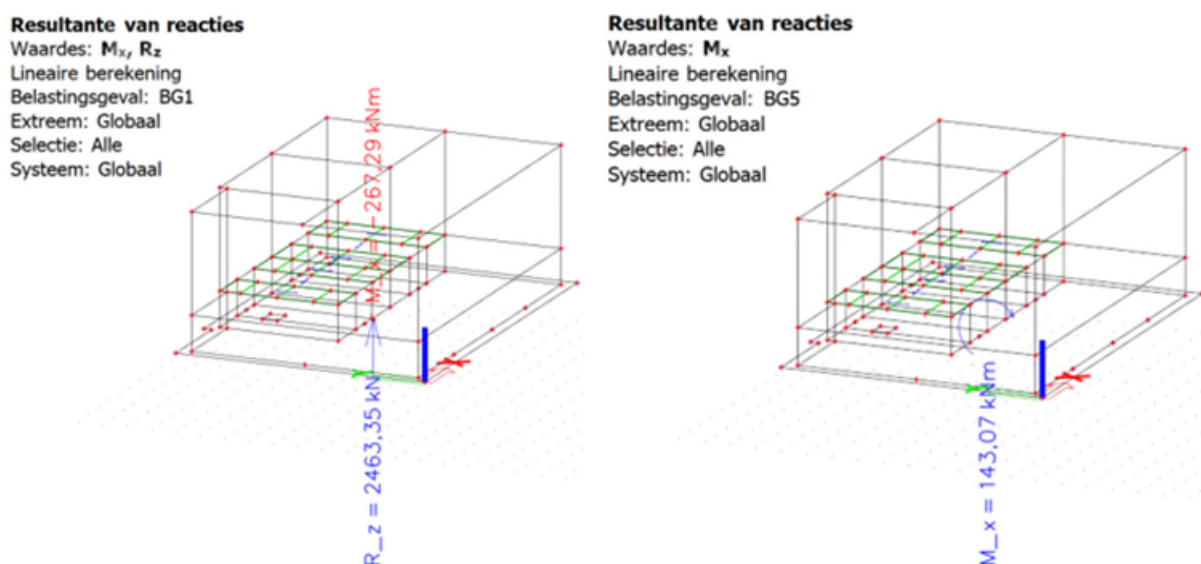
5.2.1 Globale stabiliteit

De globale stabiliteit van het gebouw is te controleren door het omduwende effect van de windbelasting te analyseren. Het eigengewicht van het onderstation moet het omduwende effect van de windbelasting opheffen. Omdat het eigengewicht gunstig werkt, wordt het eigengewicht gereduceerd met factor van 0,9. In Figuur 16 zijn de resultante momenten en reactiekrachten weergegeven.

De controle is als volgt uitgevoerd:

$$\begin{array}{rclcl} \Sigma T & = & 0 & & \\ & \rightarrow & 1,5 * M_{x,wind} & \leq & 0,9 * ((b/4 * F_{z,perm}) - M_{x,perm}) \\ & \rightarrow & 1,5 * 143,07 & \leq & 0,9 * ((9,6 / 4 * 2463,35) - 267,29) \\ & \rightarrow & 215 \text{ kNm} & \leq & 5321 \text{ kNm} \end{array}$$

Aan de hand bovenstaande toetsing kan geconcludeerd worden dat het onderstation stabiel is.

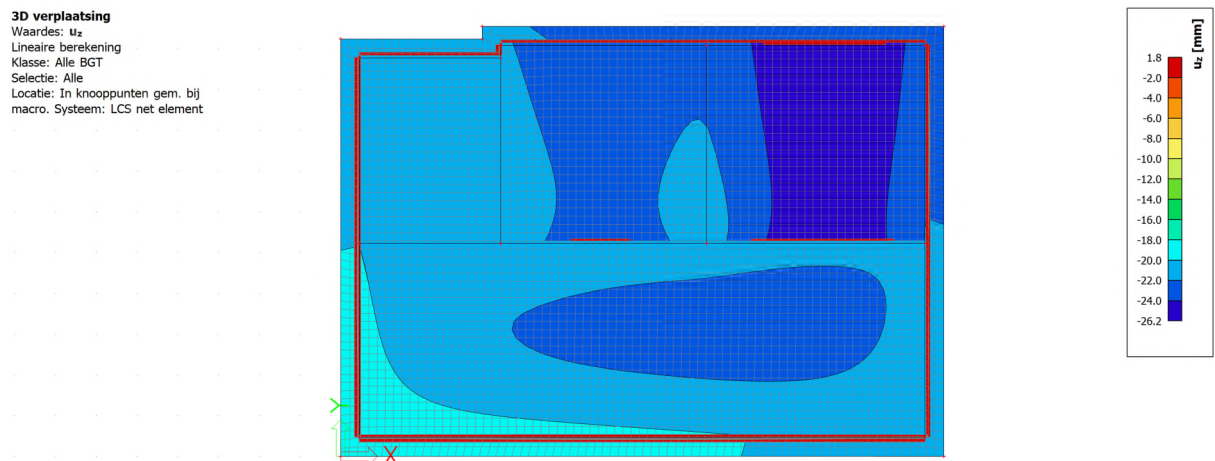


Figuur 16: Resultante M_x en R_z t.g.v. eigengewicht (links) en resultante M_x t.g.v. windbelasting langsgevel (rechts)

5.2.2 Globale vervorming

De maximale optredende vervorming vindt plaats in de z-richting namelijk 26,2 mm zie Figuur 17. Dit is de totale vervorming, de zakking ten gevolge van het eigengewicht bedraagt 9,7 mm. De relatieve vervorming van het dak is dan $26,2 - 9,7 = 16,5$ mm.

U.C = $5300/250 = 21,2$ mm > 16,5 mm voldoet

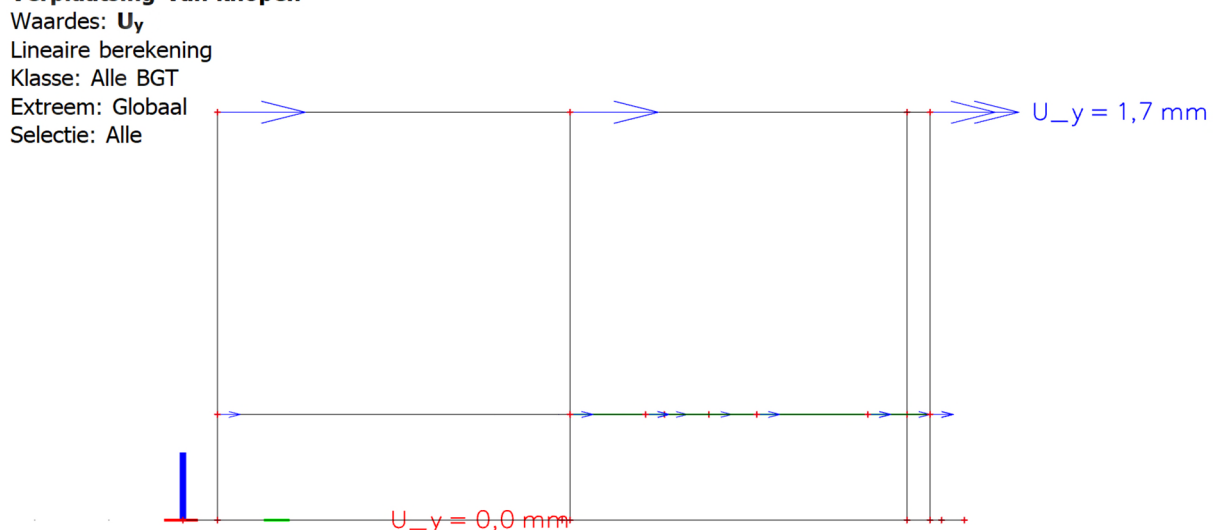


5.2.3 Globale horizontale vervormingen

Vervormingen	Verplaatsingseis [mm]	Optredende verplaatsing [mm]	Unity Check
Horizontale vervorming	$\leq H/150$	1,7 mm	$0,04 < 1,0$ voldoet

Constructiehoogte boven maaiveld: 5700 mm
 Verplaatsingseis: 38 mm

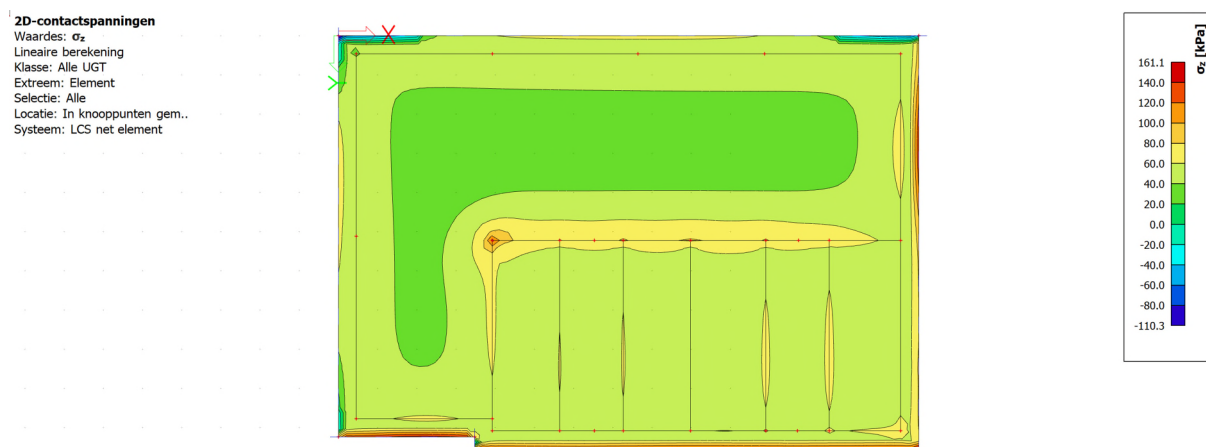
Verplaatsing van knopen



5.2.4 2D contactspanningen

De extreme verticale contactspanningen in UGT-situatie zijn weergegeven in Figuur 19. De berekende draagkracht van de fundering is 146 kPa. Hoewel er piekspanningen ontstaan aan de randen van de

keldervloer, is de spanning over het geheel ongeveer 60 kPa, wat kleiner is dan de opneembare draagkracht.



Figuur 19: Contactspanning in UGT situatie

5.2.5 Controle opdrijven

In SCIA is er een toets uitgevoerd om het effect van de opwaartse waterdruk te onderzoeken. Hierin is de gunstige neerwaartse permanente belasting gereduceerd met een factor van 0,9 en is de opwaartse waterdruk vermenigvuldigd met een factor van 1,5. Uit SCIA berekening blijkt dat het onderstation niet zal opdrijven. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de bijlage 1: "SCIA uitvoer". In Figuur 20 is de resultante verticale reactiekracht weergegeven.

Controle opdrijven		Lineair - UGT	BG1 - Eigengewicht	0,900
			BG2 - Rustende belasting	0,900
			BG10 - opwaartse waterdruk (GHG)	1,500

Resultante van reacties

Waardes: R_z

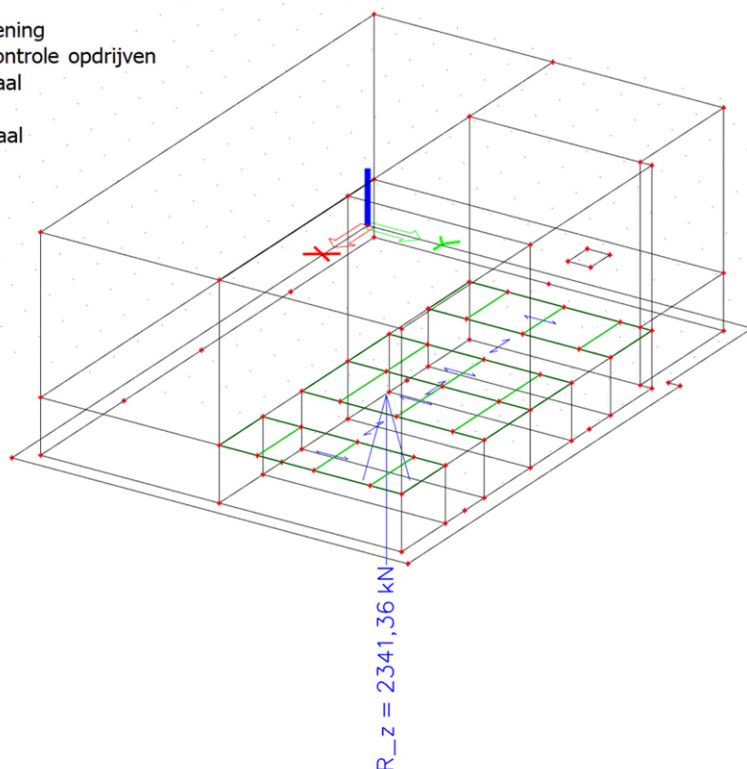
Lineaire berekening

Combinatie: Controle opdrijven

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Systeem: Globaal



Figuur 20: Resultante verticale reactiekracht controle opdrijven

5.3 Lokale constructietoetsing

5.3.1 CLT-dakpanelen

De dakconstructie wordt uitgevoerd in CLT-panelen met dikte van 170 mm. De dakpanelen bestaan uit 5 gelamineerde lagen. Deze dakpanelen zijn op sterkte en stijfheid getoetst met behulp van rekensoftware CLT-designer. De maatgevende opgelegde belasting is wateraccumulatie. De maatgevende overspanning is 5,3 m (boven de traforuimte). Een samenvatting van de uitgevoerde controles is weergegeven in Figuur 21. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de bijlage 3 "CLT-Designer Uitvoer".

Uitnutting					
Uiterste grenstoestand (ULS)					
Buiging	η_M	18,9 %	k_{mod}	0,9	bij $x = 2,65$ m Fundamentele combinatie: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
Afschuiving	η_V	10,9 %	k_{mod}	0,9	bij $x = 0,0$ m Fundamentele combinatie: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
Oplegdruk	$\eta_{c,90}$	7,9 %	k_{mod}	0,9	bij $x = 0,0$ m Fundamentele combinatie: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
SLS					
Doorbuiging	η_w	72,3 %	k_{def}	1,1	bij $x = 2,65$ m Eindvervorming $w_{net,fin}^{t=\infty} = g_{0,k} + (g_{0,k})_{creep} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{creep} + 1,00 \cdot q_k$

Figuur 21: Overzicht controle CLT-dakpanelen

5.3.2 Dakligger

In het dak is een GL24h ligger opgenomen met een afmeting van 140x320mm. Deze ligger overspant van CLT-wand naar de CLT binnen wand van de traforuimte (zie Figuur 9). Deze ligger is getoetst aan de hand van een QEC-rekenblad. Een samenvatting van de uitgevoerde controle is weergegeven in Figuur 22. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de bijlage 2 "Excel Uitvoer".

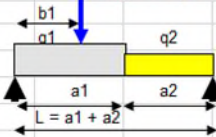
Movares Adviseurs en Ingenieurs			Versie : 2.3.12 ; NDP : NL			printdatum : 14-10-2022		
Dakligger			H ligger 2 stpt 2 q-lasten EC			b 140		
PHS Den Bosch-Vught			F1			h 320		
Onderstation			q1			M _{Ed,max} 20,6		
Eurocode NIEUWBOUW			q2			V _{Ed,max} 23,7		
H: daken			a1			R _{Ed,max} 23,7		
ontwerplevensduur 5 jaar			a2			u _{eind} 5,4		
veiligheidsklasse CC2			stabiliteit 0,53			u _{bij} 3,3		
UGT buiging 0,53			BGT			u _{eind} 0,39		
dwarskr. 0,35						u _{bij} 0,32		
opmerking								
sterkteklasse GL 24h			lengte q1 a1 3,47 m			resultaten		
materiaal gelamineerd hout			lengte q2 a2 0,000001 m			M _{Ed,stpt,max} 0,0 kNm		
houtbreedte b 140 mm			afstand F-last b1 0 m			M _{Ed,veld,max} 20,6 kNm		
houthoogte h 320 mm			G _{rep} 4,8 kN/m			V _{Ed,max} 23,7 kN		
klimaatklasse 1			Q _{extr,max} 4,8 kN/m			R _{Ed,max} 23,7 kN		
belastingduurklasse middellang			Q _{mom} 4,8 kN/m			τ _{m,y,d} 8,6 N/mm ²		
factor volume-effect s 0,12			q2			τ _d 0,79 N/mm ²		
doorbuiging eind 1: 250 * L1			G _{rep} 0 kN/m			doorbuiging u _{eind} 5,4 mm(veld)		
doorbuiging bij 1: 333 * L1			Q _{extr+mom} 0 kN/m			doorbuiging u _{bij} 3,3 mm(veld)		
zeeg veld 0 mm			Q _{mom} 0 kN/m					
			F1					
			G _{rep} 0 kN					
			Q _{extr+mom} 0 kN					
			Q _{mom} 0 kN					
γ _M sterkte 1,25 -								
k _s buiging 1,06 -			E _{0,mean,d} 11500 N/mm ²					
f _{m,d} 16,36 N/mm ²			k _{mod} sterkte 0,80 -			I _y 38229 10 ⁴ mm ⁴		
f _{v,d} 2,24 N/mm ²			k _{sef} vervorming 0,60 -			W _y 2389,3 10 ³ mm ³		

Figuur 22: Controle dak ligger

5.3.3 Roostervloerligger

In de roostervloer zijn S235 HEA120 liggers 1,5m h.o.h. opgenomen. De volgende belastingen grijpen aan op de ligger: $q_{\text{ligger}} = 1,5\text{m} * (1,5 * Q_k + 1,2 * G_k) = 1,5 * (1,5 * 7,5 + 1,2 * 2,0) = 20,5 \text{ kN/m}$

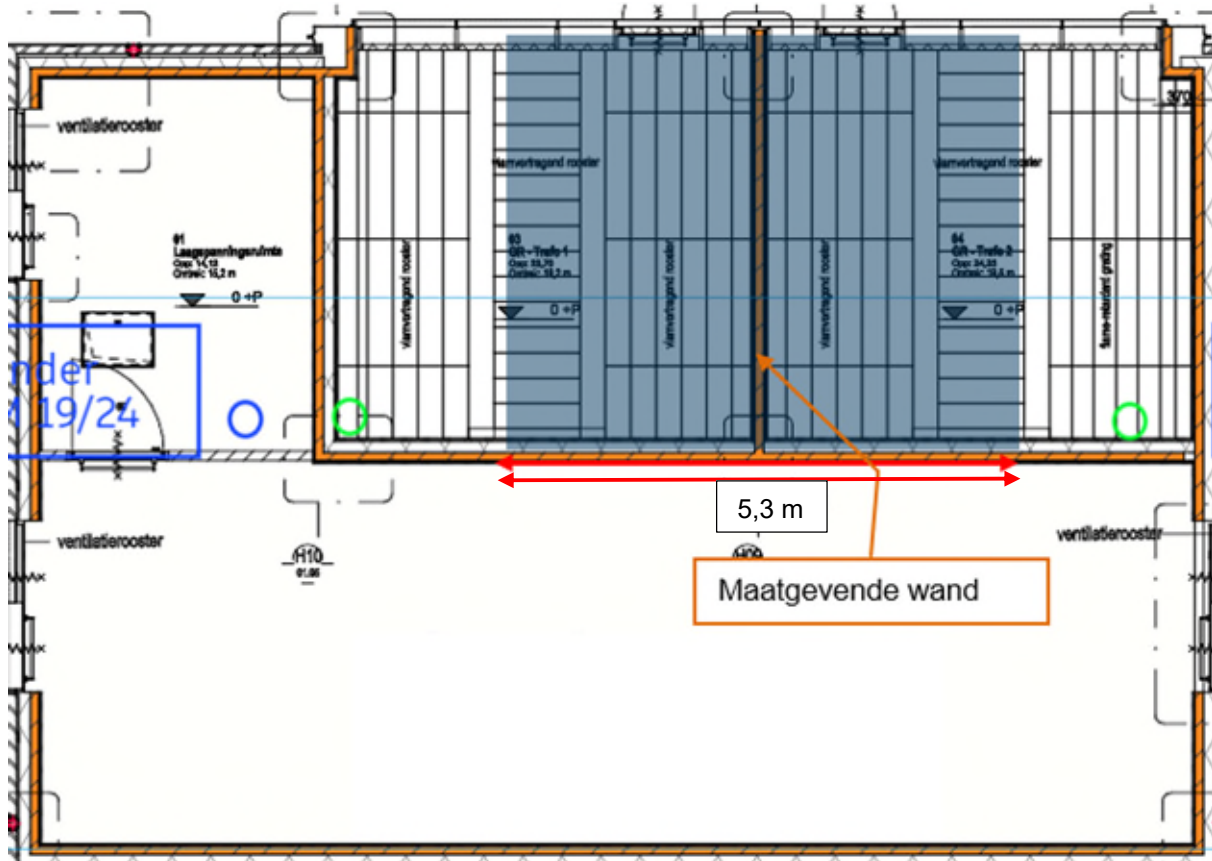
In Figuur 23 is een samenvatting van de toetsing weergegeven, volledige controle is te vinden in de bijlage 2 "Excel Uitvoer".

Movares Adviseurs en Ingenieurs			Versie : 1.6.12 ; NDP : NL			printdatum : 14-10-2022		
Dakligger			S ligger 2 stpt 2 q-lasten EC			profiel 1 HE120A		
PHS Den Bosch-Vught						profiel 2		
Onderstation						M _{Ed,max} 9,6		
Eurocode NIEUWBOUW						V _{Ed,max} 20,1		
E: opslagruimten						R _{Ed,max} 20,1		
ontwerplevensduur 50 jaar						u _{eind} 1,9		
veiligheidsklasse CC2						u _{bij} 1,5		
buiging 0,34			dwarskracht 0,18			U _{eind} 0,25		
onderflens 0,52			kip 0,38			U _{bij} 0,26		
opmerking								
materiaal S235			liggerlengte L 1,9 m			resultaten		
klasse 1			a1 lengte q1 1,9 m			M _{Ed,stpt,max} 0 kNm		
f _y 235 N/mm ²			a2 lengte q2 1E-08 m			M _{Ed,veld,max} 9,6 kNm		
E 210000 N/mm ²			b1 afstand F1 0 m			M _{c,Rd} 28,1 kNm		
doorbuiging eind 1: 250 * L			q1			M _{b,Rd} 25,5 kNm		
doorbuiging bij 1: 333,3 * L			G _{rep} 3 kN/m			V _{Ed,max} 20,1 kN		
zeeg veld 0 mm			Q _{extr+mom} 11,25 kN/m			V _{c,Rd} 114,2 kN		
profiel 1 HE120A			Q _{mom} 11,25 kN/m			R _{Ed,max} 20,1 kN		
richting sterke as			q2			N _{b,Rd} 38,8 kN		
aantal 1xprofiel 1:			G _{rep} 0 kN			doorbuiging u _{eind} 1,9 mm		
profiel 2			Q _{extr+mom} 0 kN			doorbuiging u _{bij} 1,5 mm		
richting			Q _{mom} 0 kN					
aantal			F1					
			G _{rep} 0 kN					
			Q _{extr+mom} 0 kN					
			Q _{mom} 0 kN					

Figuur 23: Controle HEA 120

5.3.4 CLT-wanden

De dragende wanden van het onderstation wordt uitgevoerd in CLT-wanden met een dikte van 100 mm. Deze wanden worden aan de binnenzijde voorzien van een brandwerende beplating. De maatgevende wand (zie Figuur 24) een hoogte van ca 4,3 m. Deze wanden zijn op sterkte en stijfheid getoetst met behulp van rekensoftware CLT-designer.



Figuur 24: Maatgevende CLT wand

De maatgevende wand wordt belast door een lijnlast gewicht dak en de maatgevende veranderlijke belasting. De maximale overspanning is 5,3 m. Dit geeft een verticale belasting van:

$$5,3 \times (1,2 \times G + 1,5 \times Q) = 5,3 \times (1,2 \times 1,0 + 1,5 \times 1,2) = 15,9 \text{ kN/m}^1.$$

Een samenvatting van de uitgevoerde toetsing is in Figuur 25 weergegeven. Voor de uitgebreide toelichting wordt verwezen naar de bijlage 3 "CLT-Designer Uitvoer".

Uitnuttings-graden					
Buiging met normaalkracht $m_y + n_y$	$\eta_{m_y+n_y}$	2,4 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 5,00 \text{ m} 2,15 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Afschuiving v_y	η_{v_y}	0 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 2,50 \text{ m} 0,00 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Schuifkracht n_{xy} (Bruttoschuif)	$\eta_{n_{xy,gross}}$	0 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 2,50 \text{ m} 0,00 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Schuifkracht n_{xy} (Nettoschuif)	$\eta_{n_{xy,net}}$	0 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 2,50 \text{ m} 0,00 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Schuifkracht n_{xy} (Torsie)	$\eta_{n_{xy,tor}}$	0 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 2,50 \text{ m} 0,00 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Knik	$\eta_{buckling}$	24,7 %	k_{mod}	1,00	bij $x y = 5,00 \text{ m} 2,15 \text{ m}$ Fundamentele combinatie: $q_d + H_d + q_{\perp,d}$

Figuur 25: Samenvatting UC maatgevende wand

5.4 Betonconstructie

De onderbouw van het onderstation wordt uitgevoerd in beton. In deze paragraaf wordt de globale wapening van de betonconstructie berekend.

5.4.1 Wapening kelderbak

De kelderbak moet waterdicht worden uitgevoerd. Om deze reden is de CUR- aanbeveling 65 van toepassing. Aan de dikte-eis van 250 mm wordt voldaan door zowel de kelderwanden als ook de keldervloer.

Voor hoogte vloeistof >0,5h:

Voor de wapening mogen de staven niet verder dan **s = 100 mm** uit elkaar geplaatst worden. De scheurwijdte van het beton zal maximaal **w = 0,07 mm** bedragen. Minimum wapeningspercentage voor de waterdichtingseis aan een betonzijde: C30/37 $\omega_0 = 0,44\%$.

In de volgende paragrafen is de wapeningshoeveelheid bepaald met behulp van SCIA Engineer. De uitgebreide toelichting is te vinden in de bijlage 1 "SCIA Uitvoer".

5.4.1.1 Keldervloer

De keldervloer heeft een dikte van 250 mm. In SCIA zijn aan de hand van de momenten ordegrrootte hoeveelheden wapening berekend t.b.v. het bepalen van hoeveelheden. De wapening dient in de volgende fase verder uitgewerkt en gedetailleerd te worden. In het overzicht is + naar boven gerichte wapening en geven de getallen de twee wapeningsrichtingen aan.

As req 1+	343	mm ² /m
As req 1-	600	mm ² /m
As req 2+	376	mm ² /m
As req 2-	700	mm ² /m

Minimumwapeningeis:

- De minimumwapening t.b.v. waterdichting: $0,0044 \cdot 250000 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}^2/\text{m}$. De wapeningsopzet voldoet aan de minimum wapeningeis.

Minimumwapening voor waterdichtheid is maatgevend. Voldaan wordt aan de eis als aan de onderzijde netten $\varnothing 12 \text{ mm}$ worden toegepast met staafafstand $s = 100 \text{ mm}$. De hoeveelheid wapening is dan: $1131 \text{ mm}^2/\text{m}$. Aan de bovenzijde kan volstaan worden met netten $\varnothing 12 \text{ mm}$ om de 200 mm .

Aanbevolen wordt om de netten $\varnothing 12 \text{ mm} - 100 \text{ mm}$ onderin te leggen zodat deze functioneren voor de waterdichting door het voorkomen van te grote scheuren aan de buitenzijde van de vloer.

5.4.1.2 Kelderwanden

De kelderwanden hebben een dikte van 250 mm. De bovenzijde van de kelderwanden is voorzien van een randbalk. Op de randen rusten de metselwerkwanden en de isolatie. De vereiste wapeningshoeveelheid conform SCIA-berekening is als volgt:

As req 1+	600	mm ² /m
As req 1-	600	mm ² /m
As req 2+	600	mm ² /m
As req 2-	600	mm ² /m

Minimumwapeningeis conform CUR-65:

- De minimumwapening t.b.v. waterdichting: $0,0044 \cdot 250000 \text{ mm} = 1100 \text{ mm}^2/\text{m}$.

Minimumwapening voor waterdichtheid is maatgevend. Voldaan wordt aan de eis als een net van $\varnothing 12\text{mm}$ worden toegepast met staafafstand $s = 100\text{mm}$. De hoeveelheid wapening is dan: $1131 \text{ mm}^2/\text{m}$. Aan de andere zijde kan volstaan worden met netten $\varnothing 12 \text{ mm}$ om de 150 mm .

Aanbevolen wordt om de netten $\varnothing 12\text{mm}-100\text{mm}$ aan de buitenzijde te leggen zodat deze functioneren voor de waterdichting door het voorkomen van te grote scheuren aan de buitenzijde van de wand.

Aandachtspunt

in de volgende fase dient de wapeningsdetaillering ter plaatse van de randbalken aan de bovenzijde van de kelderwanden nader uitgewerkt worden. Want het gewicht van de metselwerkwand grijpt excentrisch t.o.v. de hartlijn van de kelderwand.

5.4.2 begane grondvloer

De begane grondvloer heeft een dikte van 250 mm en een druklaag van 50 mm . De wapeningshoeveelheid is berekend met behulp van SCIA. De vereiste wapeningshoeveelheid conform SCIA-berekening is als volgt:

As req 1+	400	mm^2/m
As req 1-	356	mm^2/m
As req 2+	500	mm^2/m
As req 2-	393	mm^2/m

Deze waarden geven de volgende wapeningsopzet:

Richting	Basis wapening	Bijlegwapening	Oppervlakte [mm^2/m]
+1	$\varnothing 8-100$	N.v.t.	503
+2	$\varnothing 8-100$	N.v.t.	503
-1	$\varnothing 8-100$	N.v.t.	503
-2	$\varnothing 8-100$	N.v.t.	503

In verband met de eventuele toekomstige sparingen in de begane grondvloer is gekozen voor een kleinere staafdiameter met kleinere h.o.h. afstanden. Dit is gedaan vanwege eventuele doorboren van staven tijdens het maken van de sparingen. Als een staaf doorgeboord wordt zijn de h.o.h. afstanden van de staven relatief acceptabel.

Aandachtspunt:

in de volgende fase dient de wapeningsdetaillering ter plaatse van de sparingen nader uitgewerkt worden. Hierin moet de lokale scheurvorming beheersbaar blijven.

6 Conclusie & aanbevelingen

6.1 Conclusie

De constructie voldoet aan de gestelde eisen. Globale stabiliteit is getoetst door middel van horizontale uitwijking. Toetsingen van elementen zijn uitgevoerd ten behoeve van dimensionering.

6.2 Aanbevelingen

6.2.1 Aanvullende belastingsgevallen

De mogelijke overdruk in de ruimte door de werking van de installaties moet worden gebaseerd op de opgave van de leverancier van de installaties. Er is nu aangenomen dat de overdruk volledig kan worden opgevangen met het gebruik van overdrukroosters van de installatieruimtes. De aantallen en dimensies van overdrukroosters dient Opdrachtnemer in de volgende fase uit te werken.

6.2.2 Sparingen

Het inventariseren en eventueel constructief uitwerken van sparingen (deuren, ramen en eventuele sparingen t.b.v. de installaties) dient in een latere fase door de Opdrachtnemer te worden uitgewerkt. Eventuele grote sparingen in de vloeren kunnen met raveelconstructies worden opgelost.

Colofon

OPDRACHTGEVER	ProRail B.V.
UITGAVE	Movares Nederland B.V. Daalseplein 100 Postbus 2855 3500 GW Utrecht
TELEFOON	+31 (0)30 - 265 5555
ONDERTEKENAAR	Jeffrey Geudeke jeffrey.geudeke@movares.nl
PROJECTNUMMER	MN001275
KENMERK	B95-MJA-HS-RAP-22007399

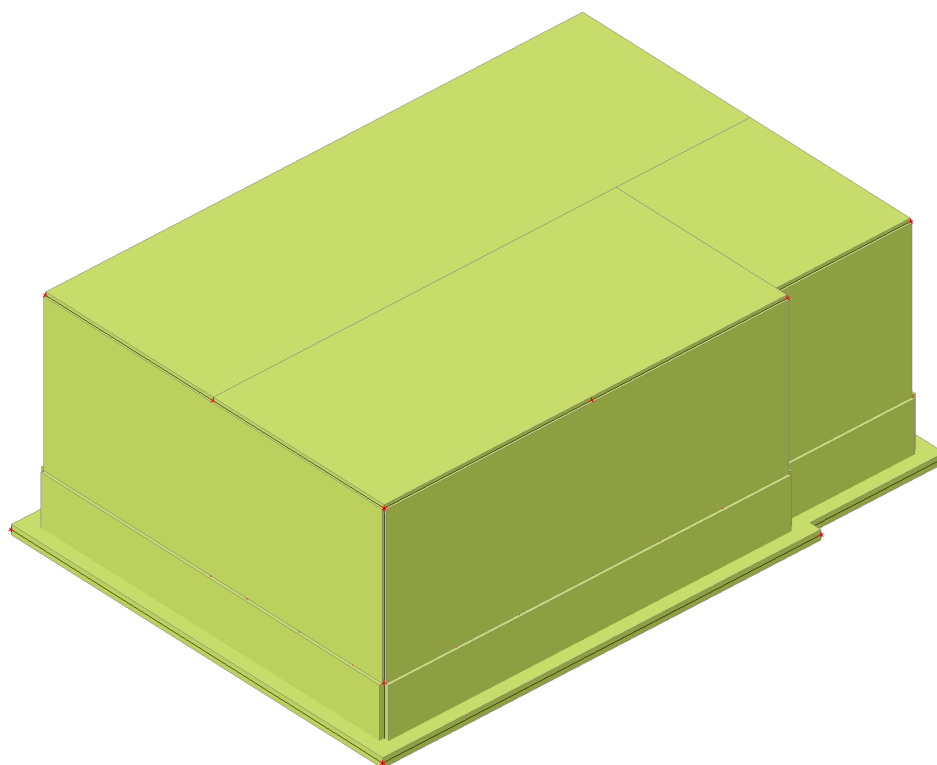
© 2022, Movares Nederland B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Movares Nederland B.V.

Bijlage 1 : SCIA Uitvoer

1. Project

Gebruiker van licentie	mushtaq.jamal@movares.nl
Project	PHS Den Bosch - Vught
Onderdeel	Onderstation
Omschrijving	Draagconstructie
Auteur	M.Jamal
Datum	10-07-2023
Constructie	Algemeen XYZ
Aantal knopen :	86
Aantal staven :	13
Aantal platen :	27
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	1
Aantal belastingsgevallen :	12
Aantal gebruikte materialen :	5
Gravitatieversnelling [m/s ²]	9,810
Nationale norm	EC - EN



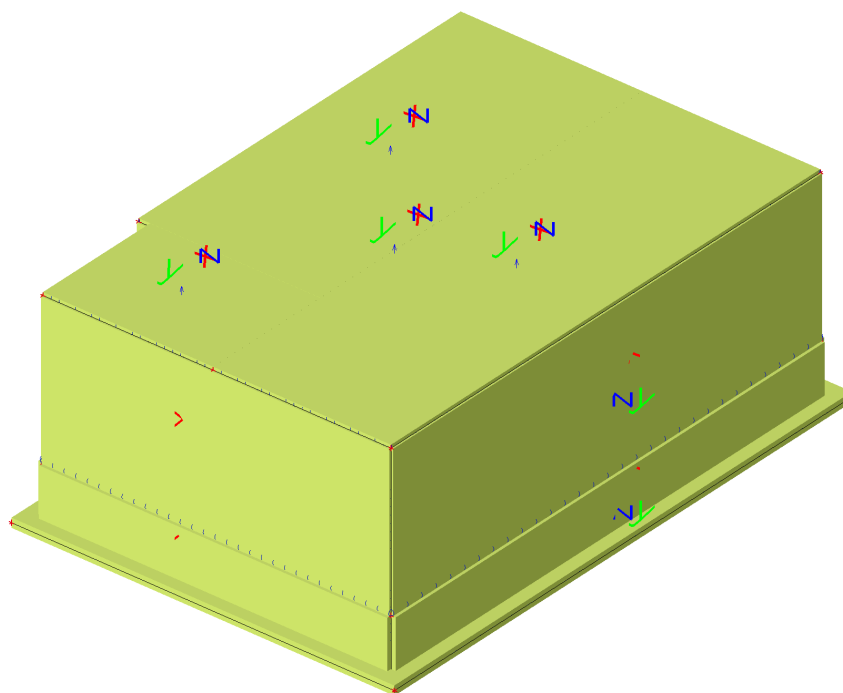
2. Inhoudsopgave

1. Project	1
2. Inhoudsopgave	2
3. Modelleren	4
3.1. 3D- Weergave	4
3.2. Rekenmodel	4
3.3. Rekenmodel	5
4. Doorsnede en materialen	6
4.1. Doorsneden	6
4.2. Materialen	7
4.3. Knopen	7
4.4. 2D-elementen	8
4.5. 2D-element interne randen	8
4.6. 2D-element openingen	10
4.7. 2D elementondersteuningen	10
5. Belastingen en combinaties	11
5.1. Belastingsgevallen	11
5.2. BG1 / Totale waarde	11
5.3. Belastingsgevallen	11
5.4. BG2 / Totale waarde	12
5.5. Belastingsgevallen	12
5.6. BG3 / Totale waarde	13
5.7. Belastingsgevallen	13
5.8. BG4 / Totale waarde	14
5.9. Belastingsgevallen	14
5.10. BG2.1 / Totale waarde	15
5.11. Belastingsgevallen	15
5.12. BG4.1 / Totale waarde	16
5.13. Belastingsgevallen	16
5.14. BG7 / Totale waarde	17
5.15. Belastingsgevallen	17
5.16. BG6 / Totale waarde	18
5.17. Belastingsgevallen	18
5.18. BG8.1 / Totale waarde	19
5.19. Belastingsgevallen	19
5.20. BG7 / Totale waarde	20
5.21. Belastingsgevallen	20
5.22. BG10 / Totale waarde	21
5.23. Belastingsgevallen	21
5.24. BG11 / Totale waarde	22
5.25. Belastinggroepen	22
5.26. Combinaties	22
5.27. Resultaatklassen	23
6. Resultaten	24
6.1. Resultante van reacties	24
6.2. Resultante van reacties; R_z	25
6.3. Resultante van reacties; R_z	25
6.4. Resultante van reacties; R_z	26
6.5. Resultante van reacties; M_x	26
6.6. Resultante van reacties; R_z ; M_x	27
6.7. 2D-contactspanningen	27
6.8. 2D-contactspanningen; σ_z	28
6.9. Interne 2D-krachten	28
6.10. Interne 2D-krachten; m_{xD+}	29
6.11. Interne 2D-krachten; m_{xD-}	30
6.12. Interne 2D-krachten; m_{yD+}	30
6.13. Interne 2D-krachten; m_{yD-}	31
6.14. Interne 2D-krachten; m_{xD+}	31
6.15. Interne 2D-krachten; m_{xD-}	32
6.16. Interne 2D-krachten; m_{yD+}	32
6.17. Interne 2D-krachten; m_{yD-}	33
6.18. Interne 2D-krachten; n_{xD}	33
6.19. Interne 2D-krachten; m_{xD+}	34
6.20. Interne 2D-krachten; m_{xD-}	34
6.21. Interne 2D-krachten; m_{yD+}	35
6.22. Interne 2D-krachten; m_{yD-}	35
6.23. 2D-verplaatsing	36

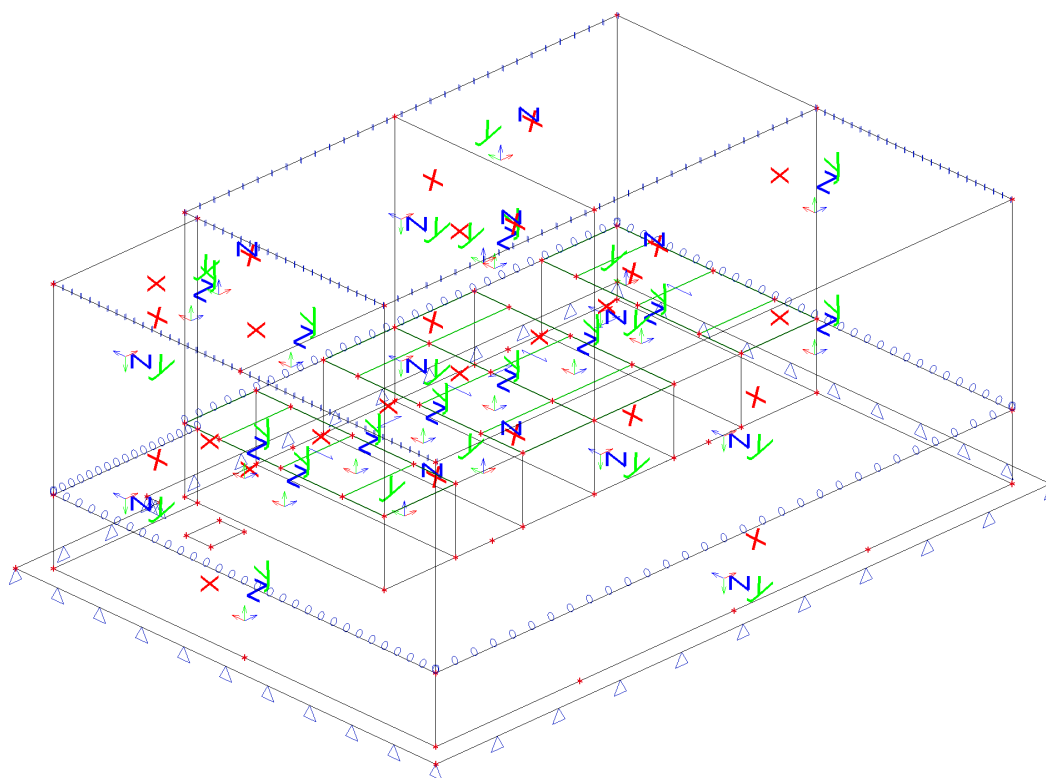
6.24. 3D verplaatsing; u_z	37
6.25. Verplaatsing van knopen; U_y	37
7. Toetsing	38
7.1. Wapeningsontwerp (UGT+BGT)	38
7.2. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1+	41
7.3. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2+	42
7.4. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1-	42
7.5. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2-	43
7.6. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1+	43
7.7. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2+	44
7.8. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1-	44
7.9. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2-	45
7.10. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1+	45
7.11. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2+	46
7.12. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,1-	46
7.13. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); As,req,2-	47

3. Modelling

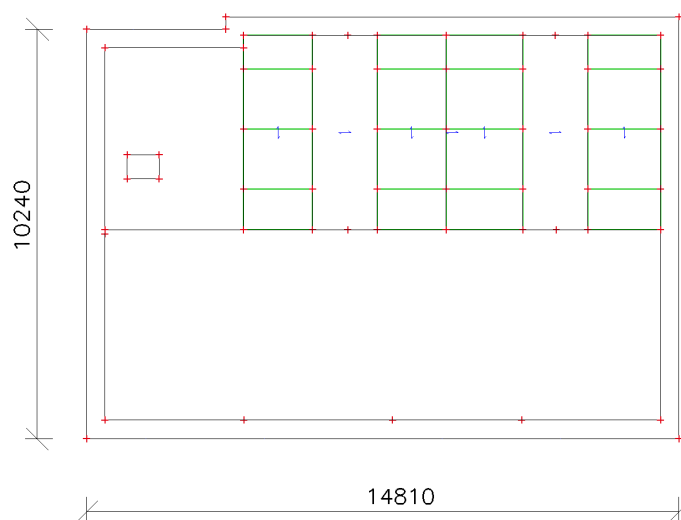
3.1. 3D- Weergave



3.2. Rekenmodel

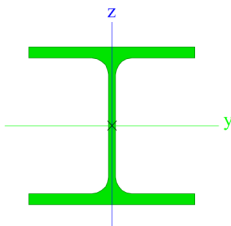


3.3. Rekenmodel



4. Doorsnede en materialen

4.1. Doorsneden

CS33		
Type	HEA120	
Vormnorm	1 - I-doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 235	
Bouwwijze	gewalst	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	b	c
A [m ²]	2,5300e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	1,8775e-03	6,1698e-04
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	6,7700e-01	6,7730e-01
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	60	57
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	6,0600e-06	2,3100e-06
i _y [mm], i _z [mm]	49	30
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	1,0600e-04	3,8500e-05
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	1,1958e-04	5,8750e-05
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	28104,34	28104,34
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	13834,12	13834,12
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	5,9900e-08	6,4719e-09
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
Vormnorm	h - Hoogte b - Flensbreedte t - Flensdikte s - Lijfdikte r - Straal bij flensbasis r1 - Straal bij flensvoet a - Flenshelling W - Interne boutafstand wm - Welving van eenheid bij flensvoet
A	Gebied
A _y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A _z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A _L	Omtrek per eenheidslengte
A _D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
C _{y,UCS}	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
C _{z,UCS}	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
I _{y,LCS}	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
I _{z,LCS}	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
I _{yz,LCS}	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I _y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I _z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
i _y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i _z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
W _{el,y}	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W _{el,z}	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
W _{pl,y}	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
W _{pl,z}	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
M _{pl,y,+}	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
M _{pl,y,-}	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
M _{pl,z,+}	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
M _{pl,z,-}	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d _y	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d _z	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I _t	Torsie constante
I _w	Welvings constante
β _y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β _z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

4.2. Materialen

Naam	Type	ρ [kg/m ³]	Dichtheid in natte toestand [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{c,k,28}$ [MPa]	Kleur
C30/37	Beton	2500,00	2600,00	3,2800e+04	0.2	0,01e-003	30,00	■

Verklaring van symbolen	
Dichtheid in natte toestand	De waarde van de dichtheid van het kenmerk nieuwe toestand wordt alleen gebruikt als een samengesteld dek wordt ingevoerd en rekening wordt gehouden met de belasting van het eigengewicht.

Wapening EC2

Naam	Type	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	G_{mod} [MPa]	α [m/mK]	$f_{y,k}$ [MPa]
B 500B	Betonstaal	7850,00	2,0000e+05	8,3333e+04	0,01e-003	500,0

Hout EC5

Naam	Houtsoort	μ	E_{mod} [MPa]	$f_{m,k}$ [MPa]	$f_{t,0,k}$ [MPa]	$f_{t,90,k}$ [MPa]	$f_{c,0,k}$ [MPa]	$f_{c,90,k}$ [MPa]	$f_{v,k}$ [MPa]	Kleur
	ρ [kg/m ³]	α [m/mK]	G_{mod} [MPa]							
GL 24h (EN 14080)	Gelijmd, gelamineerd 420,00	0 5,00e-06	1,1500e+04 6,5000e+02	24,0	19,2	0,5	24,0	2,5	3,5	■

4.3. Knopen

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
N2	0,000	10,240	0,000
N3	3,475	10,240	0,000
N4	3,475	10,550	0,000
N5	14,810	10,550	0,000
N7	0,455	0,465	1,425
N27	3,925	9,245	1,425
N28	5,645	9,245	1,425
N31	7,265	7,745	1,425
N32	8,985	7,745	1,425
N41	12,525	7,745	1,425
N42	14,345	7,745	1,425
N47	8,985	9,245	1,425
N48	10,905	9,245	1,425
N25	12,525	9,245	1,425
N26	14,345	9,245	1,425
N33	7,265	6,245	1,425
N34	8,985	6,245	1,425
N45	3,925	6,245	1,425
N46	5,645	6,245	1,425
N35	3,925	7,745	1,425
N36	5,645	7,745	1,425
N43	7,265	9,245	1,425
N40	10,905	6,245	1,425
N30	10,905	7,745	1,425
N37	12,525	6,245	1,425
N38	14,345	6,245	1,425
N51	14,810	0,000	0,000
N52	0,455	9,775	0,000
N53	0,455	0,465	0,000
N55	14,345	0,465	0,000
K6	0,455	9,775	1,425
K7	14,345	0,465	1,425
K8	14,345	10,085	0,000
K9	14,345	10,085	1,425
K13	14,345	5,225	0,000
K14	3,925	5,225	0,000
K15	3,925	10,085	0,000
K16	3,925	5,225	1,425
K17	3,925	10,085	1,425

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K19	14,345	5,225	1,425
K22	3,925	9,775	0,000
K25	3,925	9,775	1,425
K39	5,645	10,085	1,425
K40	5,645	5,225	1,425
K41	5,645	5,225	0,000
K42	5,645	10,085	0,000
K43	7,265	10,085	1,425
K44	7,265	5,225	1,425
K45	7,265	5,225	0,000
K46	7,265	10,085	0,000
K47	8,985	10,085	1,425
K48	8,985	5,225	1,425
K49	8,985	5,225	0,000
K50	8,985	10,085	0,000
K51	10,905	10,085	1,425
K52	10,905	5,225	1,425
K53	10,905	5,225	0,000
K54	10,905	10,085	0,000
K55	12,525	10,085	1,425
K56	12,525	5,225	1,425
K57	12,525	5,225	0,000
K58	12,525	10,085	0,000
K66	14,345	10,085	5,500
K67	14,345	0,465	5,500
K68	3,925	10,085	5,500
K72	3,925	9,775	5,500
K75	0,455	9,775	5,500
K77	0,455	0,465	5,500
K83	3,925	5,225	5,500
K84	14,345	5,225	5,500
K110	8,985	10,085	5,500
K111	8,985	5,225	5,500
K128	0,455	5,225	5,500
K153	0,455	5,120	0,000
K154	11,715	10,085	0,000
K155	6,530	10,085	0,000
K156	3,927	0,465	0,000
K157	7,642	0,465	0,000

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K158	10,872	0,465	0,000
K159	6,530	5,225	0,000
K160	11,740	5,225	0,000
K181	1,810	6,500	1,425

Naam	Coördinaat X [m]	Coördinaat Y [m]	Coördinaat Z [m]
K182	1,010	6,500	1,425
K183	1,010	7,100	1,425
K184	1,810	7,100	1,425
K186	0,000	0,000	0,000

4.4. 2D-elementen

Naam	Laag	Type	Element type	Materiaal	Dikte type	D. [mm]
S1	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	C30/37	constant	250
S3	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S4	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S5	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S6	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S7	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S8	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S9	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S10	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	C30/37	constant	250
S12	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S13	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S14	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	200
S15	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S16	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	C30/37	constant	250
S17	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S18	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S19	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S20	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S21	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S22	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S23	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S24	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S27	StructuralSurfaceMember	wand (112)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	100
S28	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	170
S29	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	170
S30	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	170
S31	StructuralSurfaceMember	vloer (111)	Standaard	GL 24h (EN 14080)	constant	170

4.5. 2D-element interne randen

Naam	2D-element 1	2D-element 2	Intersectie	Lengte [m]	Vorm	Knoop	Rand
Rand1	S1			9,310	Lijn	N52 N53	Lijn
Rand2	S1			9,620	Lijn	K8 N55	Lijn
Rand4	S1			13,890	Lijn	N53 N55	Lijn
Rand7	S1			10,420	Lijn	K13 K14	Lijn
Rand8	S1			4,860	Lijn	K14 K15	Lijn
Rand9	S1			10,420	Lijn	K8 K15	Lijn
Rand5	S1			3,470	Lijn	N52 K22	Lijn
Rand10	S6			4,550	Lijn	K25 K16	Lijn
Rand13	S5			4,860	Lijn	K19 K9	Lijn
Rand14	S1			4,860	Lijn	K58 K57	Lijn
Rand15	S1			4,860	Lijn	K54 K53	Lijn
Rand16	S1			4,860	Lijn	K50 K49	Lijn
Rand17	S1			4,860	Lijn	K46 K45	Lijn

Naam	2D-element 1	2D-element 2	Intersectie	Lengte [m]	Vorm	Knoop	Rand
Rand18	S1			4,860	Lijn	K42 K41	Lijn
Rand19	S16			4,860	Lijn	K55 K56	Lijn
Rand21	S15			4,860	Lijn	K51 K52	Lijn
Rand22	S14			4,860	Lijn	K47 K48	Lijn
Rand23	S13			4,860	Lijn	K43 K44	Lijn
Rand24	S12			4,860	Lijn	K39 K40	Lijn
Rand47	S23			10,420	Polylijn	K84 K111 K83	Lijnstrook
Rand49	S24			4,550	Polylijn	K83 K72	Lijnstrook
Rand50	S27			4,860	Polylijn	K110 K111	Lijnstrook
Rand51	S21			9,310	Lijn	K77 K75	Lijn
Rand52	S1	S3	Inter1	9,310	Polylijn	N53 N52	Lijnstrook
Rand53	S1	S4	Inter2	13,890	Polylijn	N55 N53	Lijnstrook
Rand54	S1	S5	Inter3	9,620	Polylijn	K8 K13 N55	Lijnstrook
Rand55	S1	S6	Inter4	4,860	Polylijn	K14 K22 K15	Lijnstrook
Rand56	S1	S7	Inter5	10,420	Polylijn	K13 K57 K53 K49 K45 K41 K14	Lijnstrook
Rand57	S1	S8	Inter6	3,470	Polylijn	K22 N52	Lijnstrook
Rand58	S1	S9	Inter7	10,420	Polylijn	K15 K42 K46 K50 K54 K58 K8	Lijnstrook
Rand59	S1	S12	Inter8	4,860	Polylijn	K42 K41	Lijnstrook
Rand60	S1	S13	Inter9	4,860	Polylijn	K46 K45	Lijnstrook
Rand61	S1	S14	Inter10	4,860	Polylijn	K50 K49	Lijnstrook
Rand62	S1	S15	Inter11	4,860	Polylijn	K54 K53	Lijnstrook
Rand63	S1	S16	Inter12	4,860	Polylijn	K58 K57	Lijnstrook
Rand64	S5	S7	Inter13	1,425	Polylijn	K19 K13	Lijnstrook
Rand65	S6	S8	Inter14	1,425	Polylijn	K22 K25	Lijnstrook
Rand66	S9	S12	Inter15	1,425	Polylijn	K39 K42	Lijnstrook
Rand67	S9	S13	Inter16	1,425	Polylijn	K43 K46	Lijnstrook
Rand68	S9	S14	Inter17	1,425	Polylijn	K47 K50	Lijnstrook

Naam	2D-element 1	2D-element 2	Intersectie	Lengte [m]	Vorm	Knoop	Rand
Rand69	S9	S15	Inter18	1,425	Polylijn	K51 K54	Lijnstrook
Rand70	S9	S16	Inter19	1,425	Polylijn	K55 K58	Lijnstrook
Rand71	S17	S23	Inter20	4,075	Polylijn	K19 K84	Lijnstrook
Rand72	S18	S27	Inter21	4,075	Polylijn	K110 K47	Lijnstrook
Rand73	S23	S27	Inter22	4,075	Polylijn	K111 K48	Lijnstrook
Rand74	S27	S28	Inter23	4,860	Polylijn	K110 K111	Lijnstrook
Rand76	S7	S12	Inter40	1,425	Polylijn	K41 K40	Lijnstrook
Rand77	S7	S13	Inter41	1,425	Polylijn	K45 K44	Lijnstrook
Rand78	S7	S14	Inter42	1,425	Polylijn	K49 K48	Lijnstrook
Rand79	S7	S15	Inter43	1,425	Polylijn	K53 K52	Lijnstrook
Rand80	S7	S16	Inter44	1,425	Polylijn	K57 K56	Lijnstrook

4.6. 2D-element openingen

Naam	2D-element
Sparing4	S10

4.7. 2D elementondersteuningen

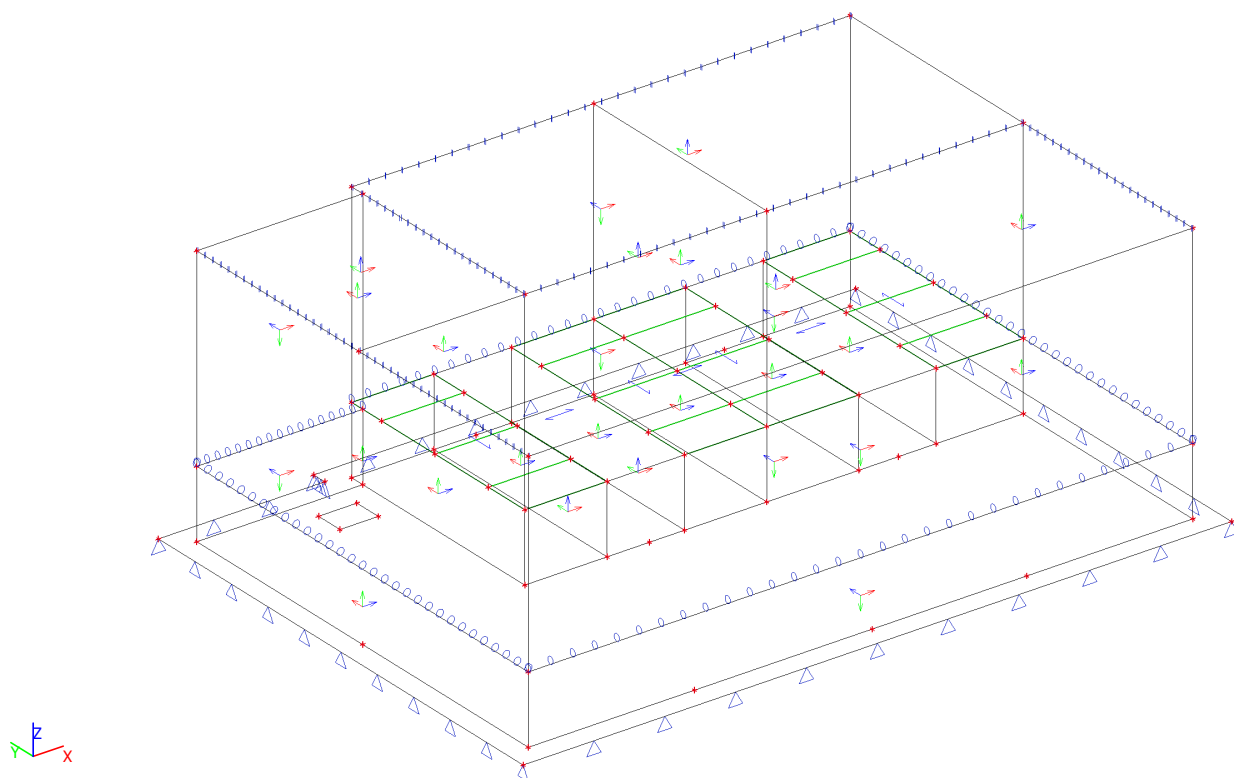
Naam	Type	Bedding	2D-element
SS1	Individueel	Bedding1	S1

5. Belastingen en combinaties

5.1. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep	Richting
BG1	Eigengewicht	Permanent	LG1 permanent	-Z
		Eigen gewicht		

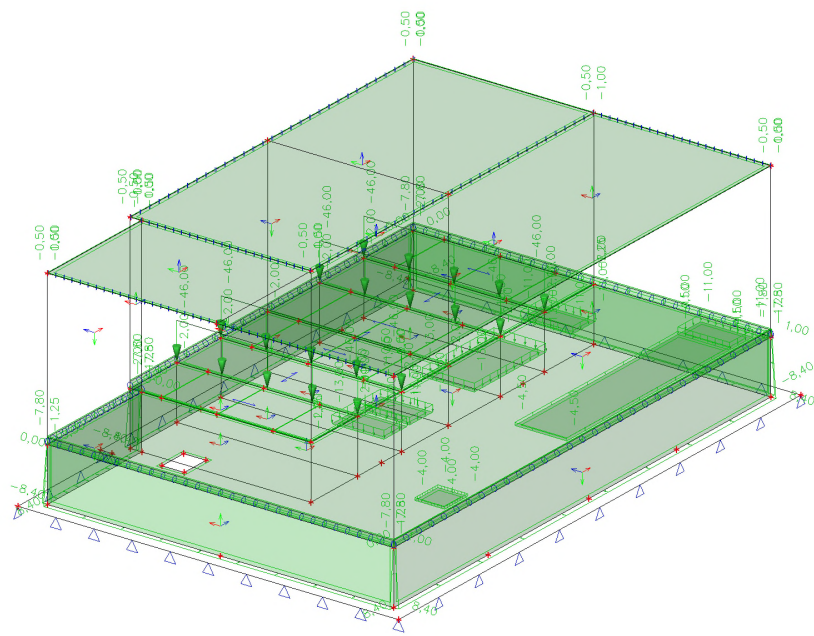
5.2. BG1 / Totale waarde



5.3. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep
BG2	Rustende belasting	Permanent	LG1 permanent
		Standaard	

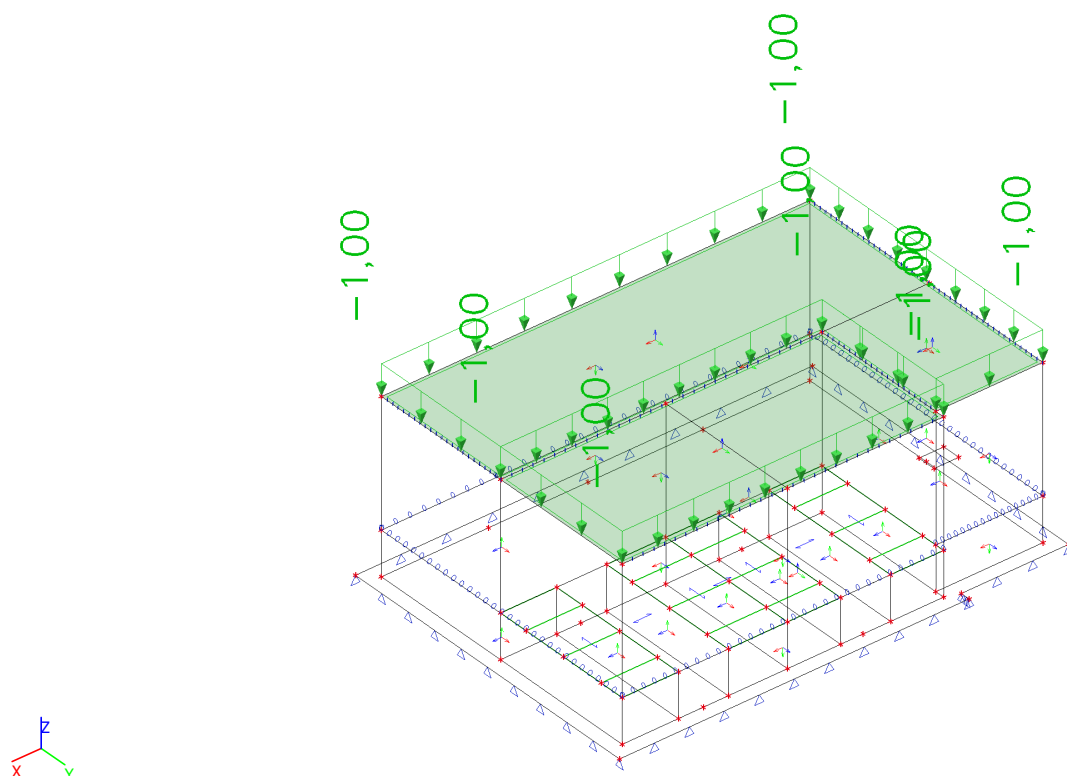
5.4. BG2 / Totale waarde



5.5. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG3	Dak belasting	Variabel	LG2 dak	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

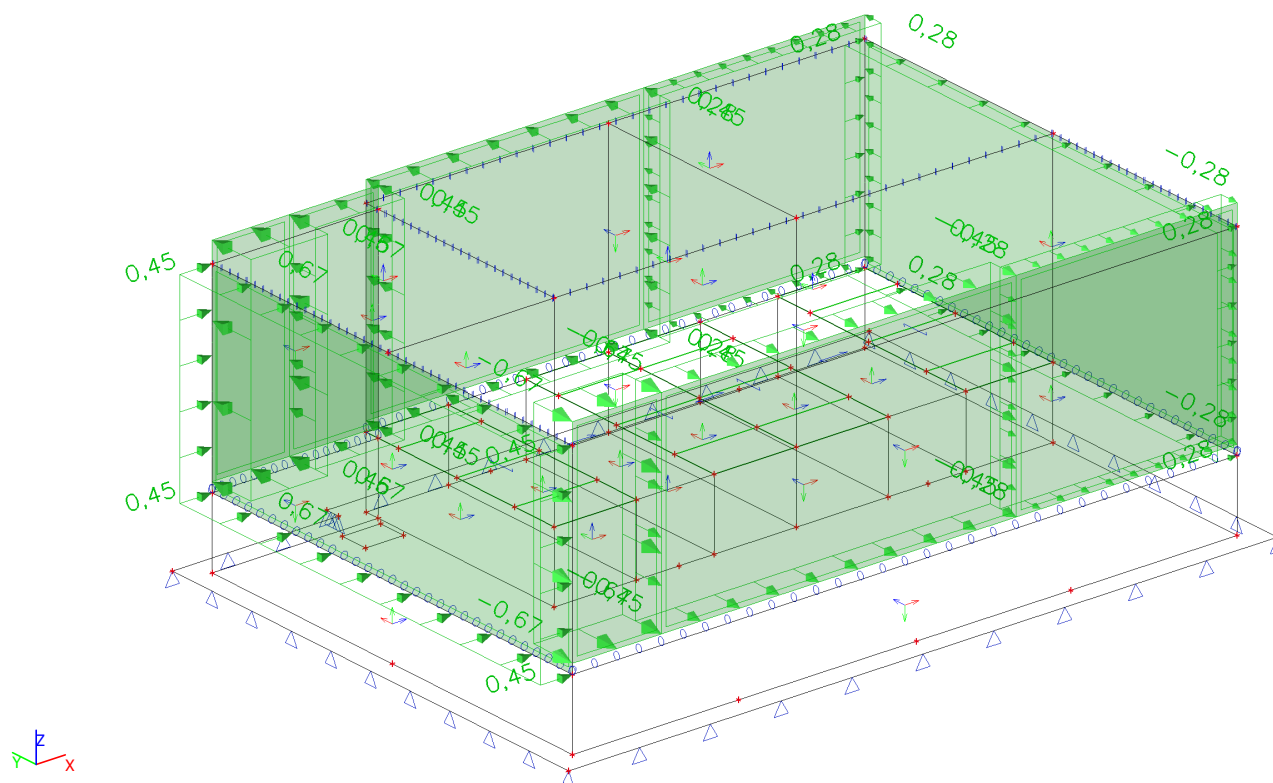
5.6. BG3 / Totale waarde



5.7. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG4	Wind kopgevel	Variabel	LG3 wind	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

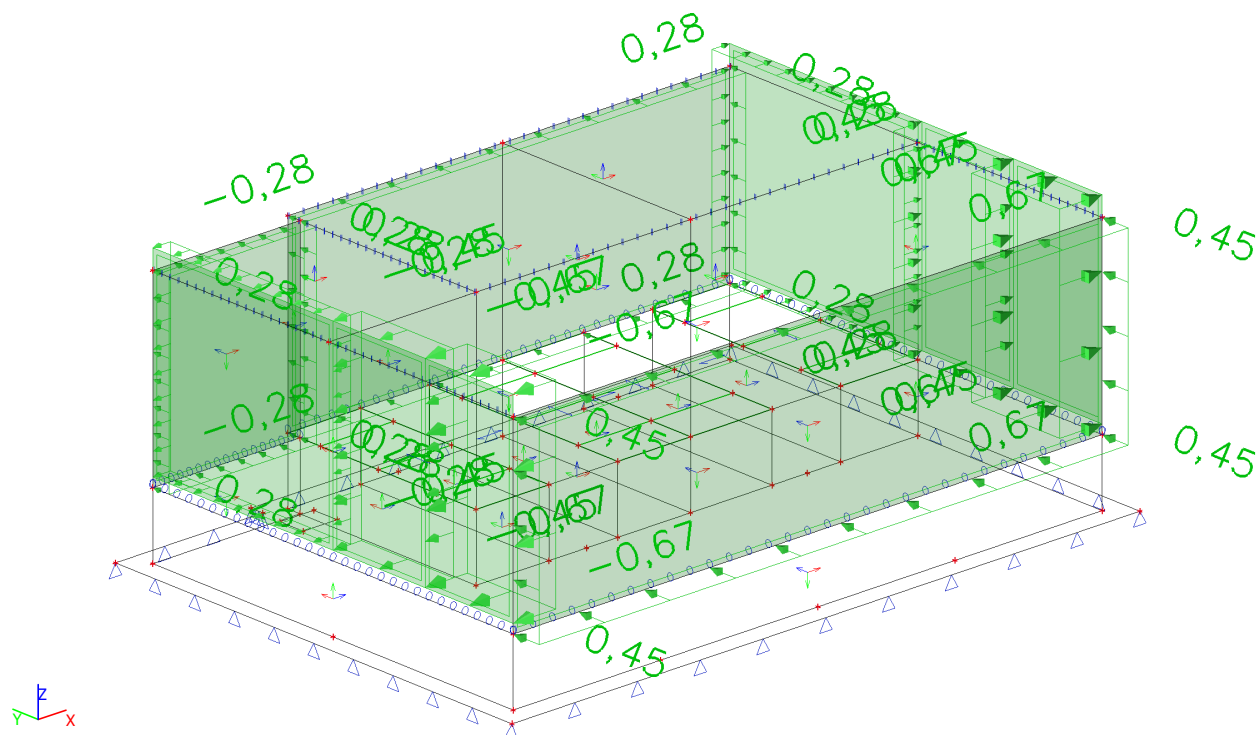
5.8. BG4 / Totale waarde



5.9. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG5	Wind langsgevel Standaard	Variabel Statisch	LG3 wind	Kort	Geen

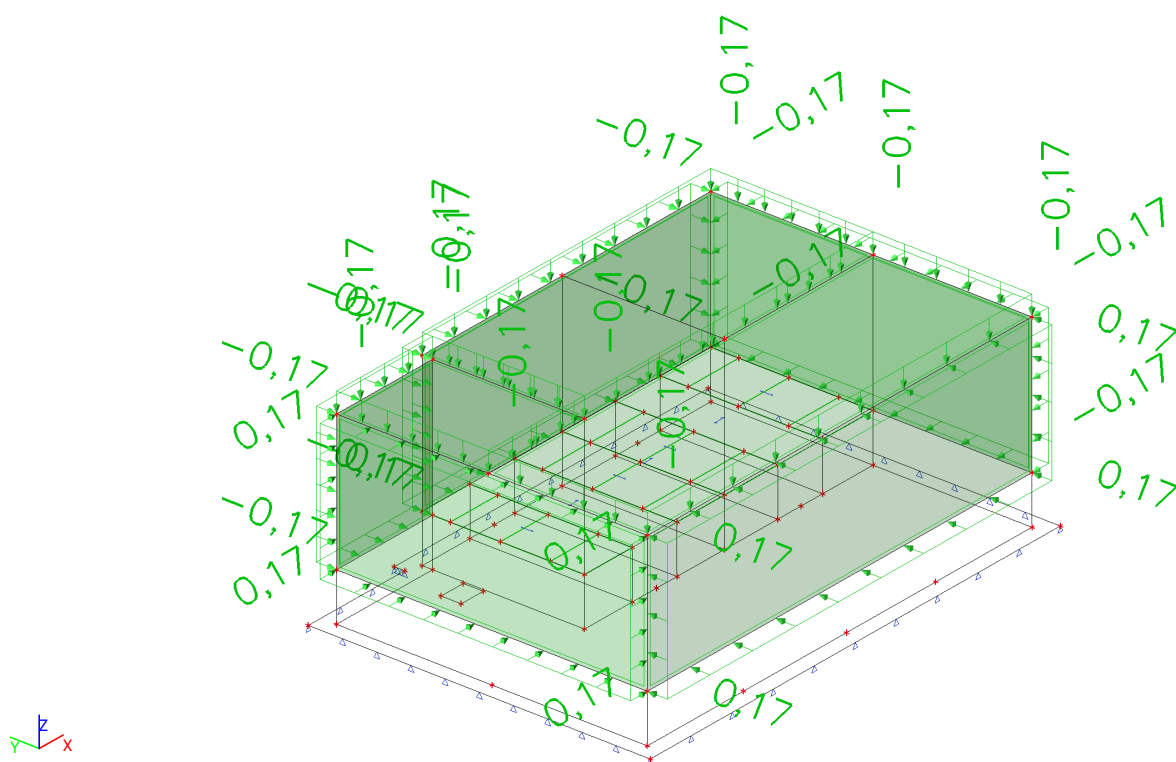
5.10. BG2.1 / Totale waarde



5.11. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG6	Wind onderdruk Standaard	Variabel Statisch	LG3 wind	Kort	Geen

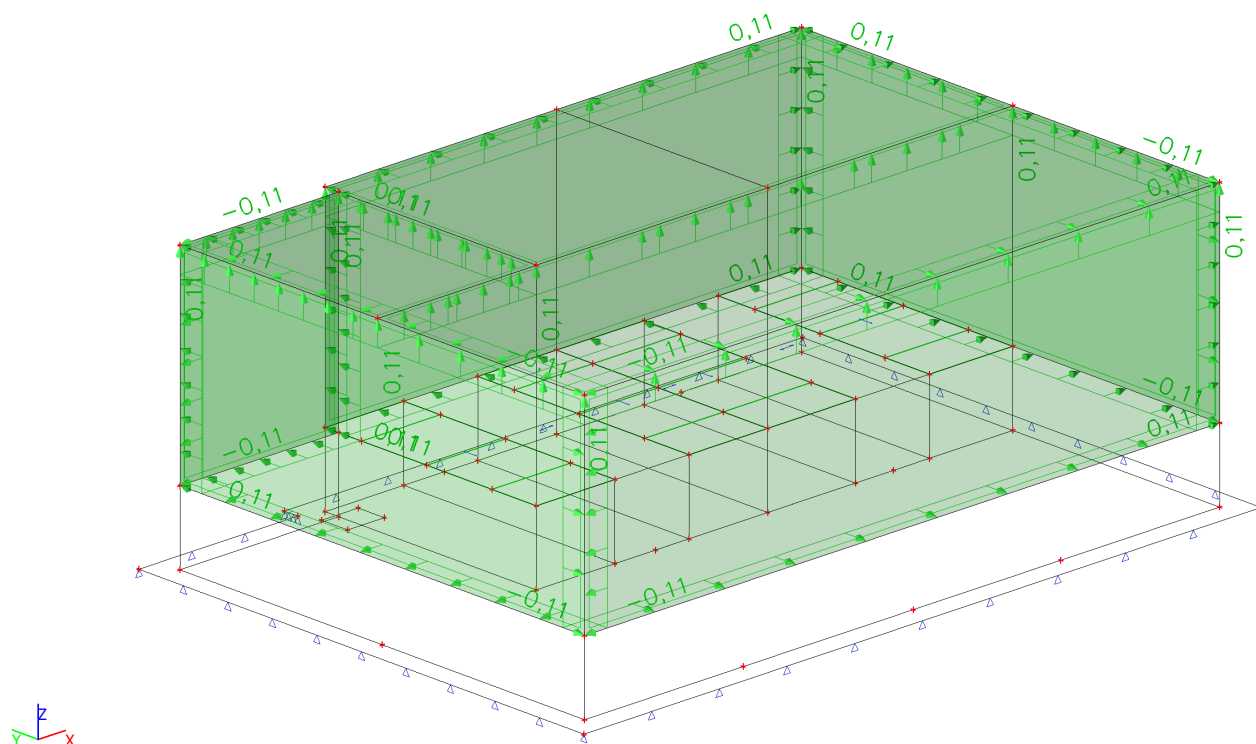
5.12. BG4.1 / Totale waarde



5.13. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG7	Wind overdruk Standaard	Variabel Statisch	LG3 wind	Kort	Geen

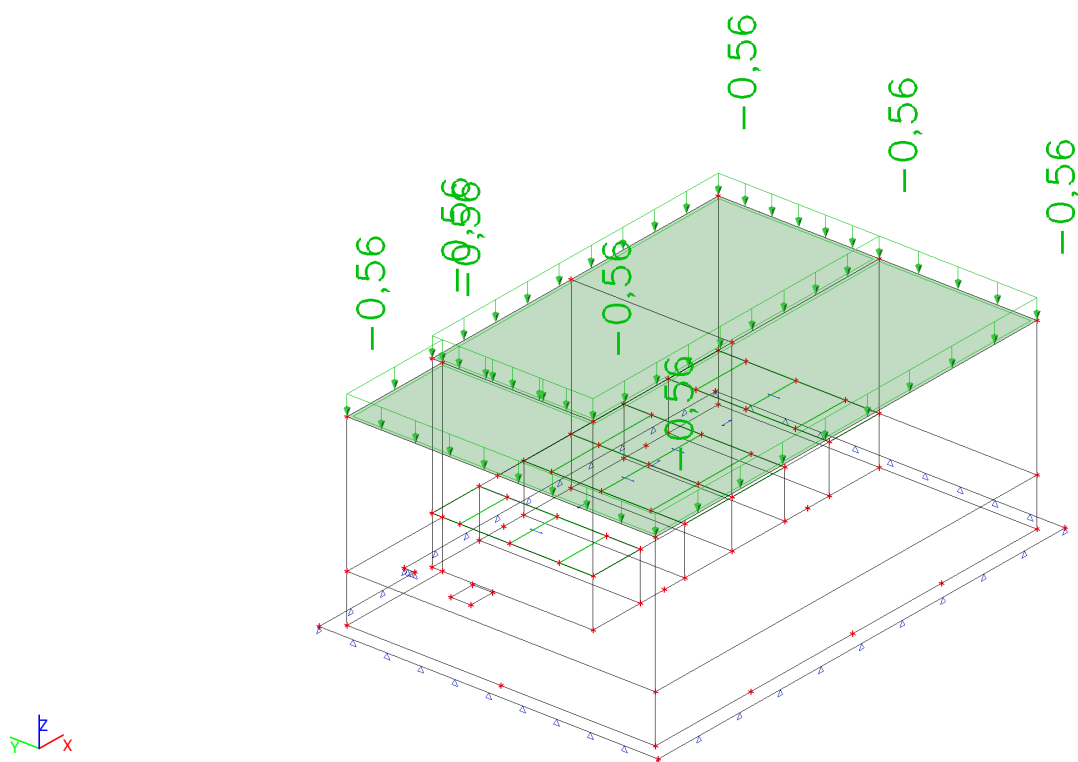
5.14. BG7 / Totale waarde



5.15. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG8	Sneeuw belasting Standaard	Variabel Statisch	LG4 sneeuw	Kort	Geen

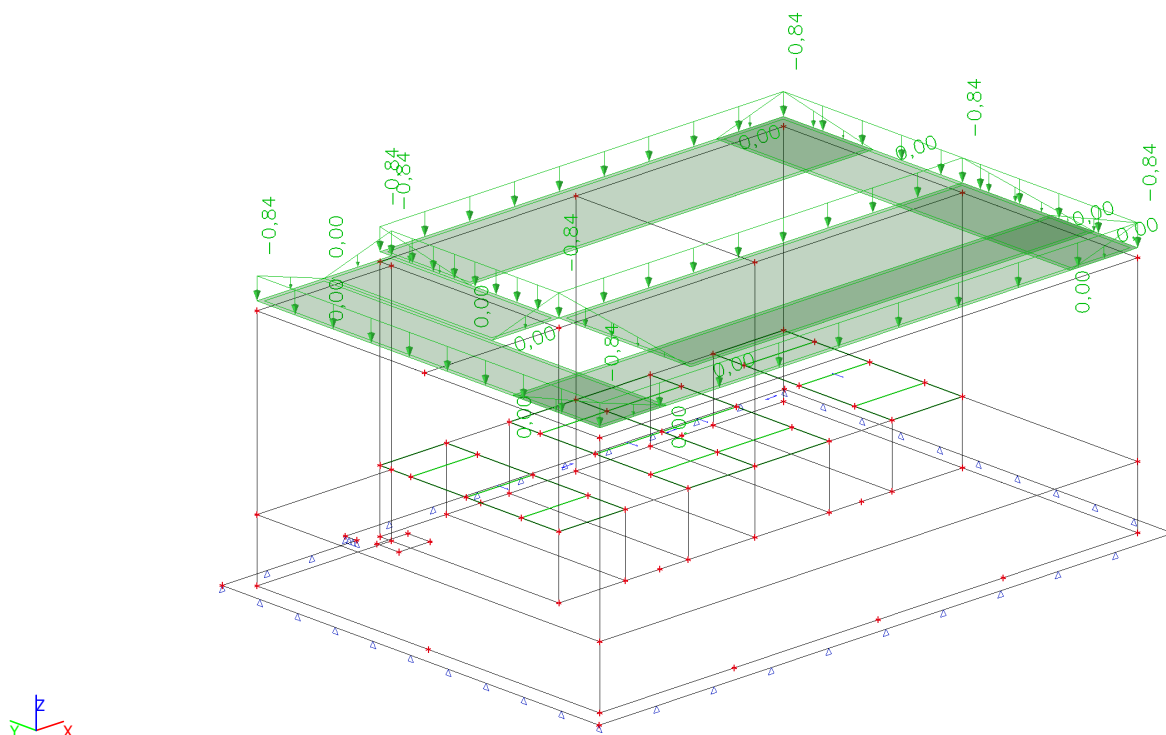
5.16. BG6 / Totale waarde



5.17. Belastingsgevalen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG8.1	Sneeuw ophoging Standaard	Variabel Statisch	LG4 sneeuw	Kort	Geen

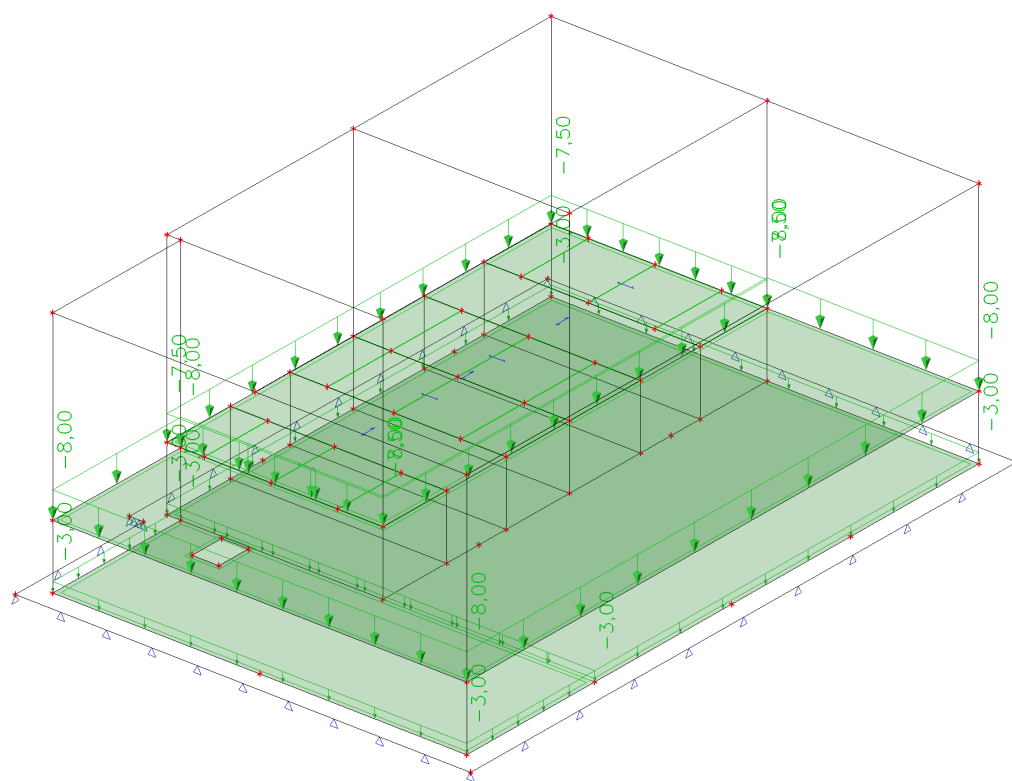
5.18. BG8.1 / Totale waarde



5.19. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG9	Veranderlijke belasting	Variabel	LG5 veranderlijke	Kort	Geen
	Standaard	Statisch			

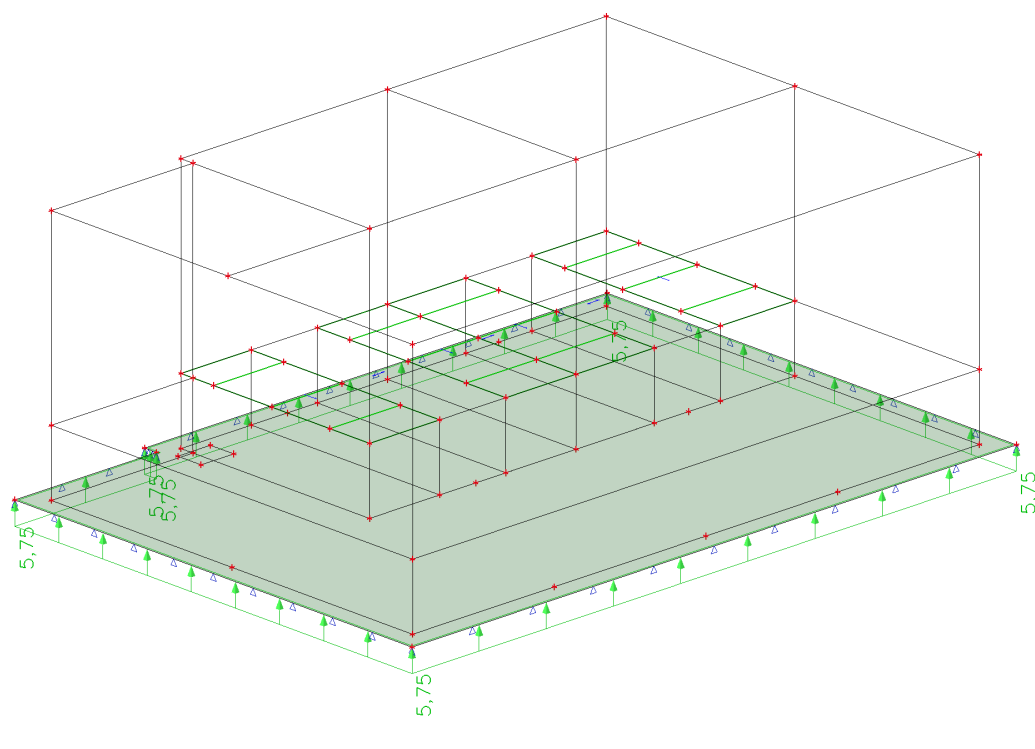
5.20. BG7 / Totale waarde



5.21. Belastingsgevalen

Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep
BG10	opwaartse waterdruk (GHG)	Permanent	LG1 permanent
		Standaard	

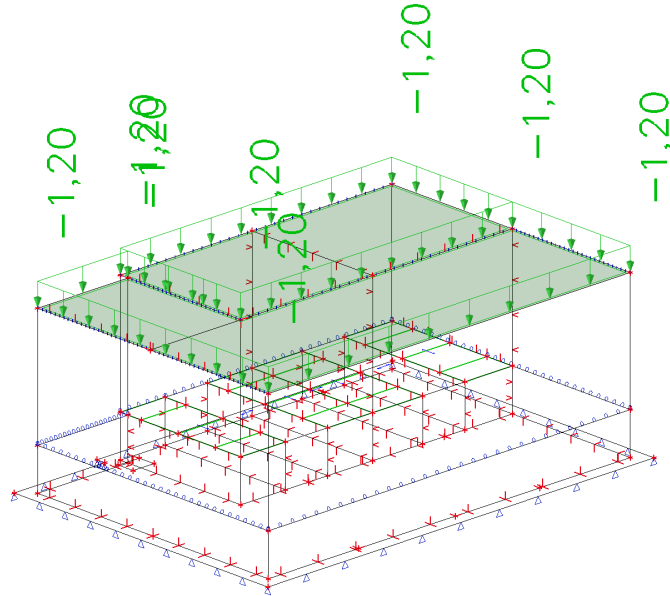
5.22. BG10 / Totale waarde



5.23. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
BG11	Wateraccumulatie Standaard	Variabel Statisch	LG2 dak	Kort	Geen

5.24. BG11 / Totale waarde



5.25. Belastinggroepen

Naam	Last	Relatie	Type
LG1 permanent	Permanent		
LG2 dak	Variabel	Standaard	Cat H : Dak
LG3 wind	Variabel	Exclusief	Wind
LG4 sneeuw	Variabel	Standaard	Sneeuw
LG5 veranderlijke	Variabel	Standaard	Cat E : Opslagruimte

5.26. Combinaties

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
UGT-Set B (automatisch)		EN-UGT (STR/GEO) Set B	BG1 - Eigengewicht	1,000
			BG2 - Rustende belasting	1,000
			BG3 - Dak belasting	1,000
			BG4 - Wind kopgevel	1,000
			BG5 - Wind langsgevel	1,000
			BG6 - Wind onderdruk	1,000
			BG7 - Wind overdruk	1,000
			BG8 - Sneeuw belasting	1,000
			BG8.1 - Sneeuw ophoging	1,000
			BG9 - Veranderlijke belasting	1,000
			BG10 - opwaartse waterdruk (GHG)	1,000
BGT-kar (automatisch)		EN - BGT Karakteristiek	BG11 - Wateraccumulatie	1,000
			BG1 - Eigengewicht	1,000
			BG2 - Rustende belasting	1,000
			BG3 - Dak belasting	1,000
			BG4 - Wind kopgevel	1,000
			BG5 - Wind langsgevel	1,000
			BG6 - Wind onderdruk	1,000
			BG7 - Wind overdruk	1,000
			BG8 - Sneeuw belasting	1,000

Naam	Omschrijving	Type	Belastingsgevallen	Coëff. [-]
			BG8.1 - Sneeuw ophoging	1,000
			BG9 - Veranderlijke belasting	1,000
			BG10 - opwaartse waterdruk (GHG)	1,000
			BG11 - Wateraccumulatie	1,000
BGT-quasi (automatisch)		EN-BGT Quasi-permanent	BG1 - Eigengewicht	1,000
			BG2 - Rustende belasting	1,000
			BG3 - Dak belasting	1,000
			BG4 - Wind kopgevel	1,000
			BG5 - Wind langsgevel	1,000
			BG6 - Wind onderdruk	1,000
			BG7 - Wind overdruk	1,000
			BG8 - Sneeuw belasting	1,000
			BG8.1 - Sneeuw ophoging	1,000
			BG9 - Veranderlijke belasting	1,000
			BG10 - opwaartse waterdruk (GHG)	1,000
			BG11 - Wateraccumulatie	1,000
Controle opdrijven		Lineair - UGT	BG1 - Eigengewicht	0,900
			BG2 - Rustende belasting	0,900
			BG10 - opwaartse waterdruk (GHG)	1,500
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk		EN-UGT (STR/GEO) Set B	BG1 - Eigengewicht	1,000
			BG2 - Rustende belasting	1,000
			BG3 - Dak belasting	1,000
			BG4 - Wind kopgevel	1,000
			BG5 - Wind langsgevel	1,000
			BG6 - Wind onderdruk	1,000
			BG7 - Wind overdruk	1,000
			BG8 - Sneeuw belasting	1,000
			BG8.1 - Sneeuw ophoging	1,000
			BG9 - Veranderlijke belasting	1,000
			BG11 - Wateraccumulatie	1,000
BGT-kar zonder opwaartse waterdruk		EN - BGT Karakteristiek	BG1 - Eigengewicht	1,000
			BG2 - Rustende belasting	1,000
			BG3 - Dak belasting	1,000
			BG4 - Wind kopgevel	1,000
			BG5 - Wind langsgevel	1,000
			BG6 - Wind onderdruk	1,000
			BG7 - Wind overdruk	1,000
			BG8 - Sneeuw belasting	1,000
			BG8.1 - Sneeuw ophoging	1,000
			BG9 - Veranderlijke belasting	1,000
			BG11 - Wateraccumulatie	1,000

5.27. Resultaatklassen

Naam	Lijst
Alle UGT	UGT-Set B (automatisch) - EN-UGT (STR/GEO) Set B UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk - EN-UGT (STR/GEO) Set B
Alle BGT	BGT-kar (automatisch) - EN - BGT Karakteristiek BGT-quasi (automatisch) - EN-BGT Quasi-permanent BGT-kar zonder opwaartse waterdruk - EN - BGT Karakteristiek
Alle UGT+BGT	UGT-Set B (automatisch) - EN-UGT (STR/GEO) Set B Controle opdrijven - Lineair - UGT UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk - EN-UGT (STR/GEO) Set B BGT-kar (automatisch) - EN - BGT Karakteristiek BGT-quasi (automatisch) - EN-BGT Quasi-permanent BGT-kar zonder opwaartse waterdruk - EN - BGT Karakteristiek

6. Resultaten

6.1. Resultante van reacties

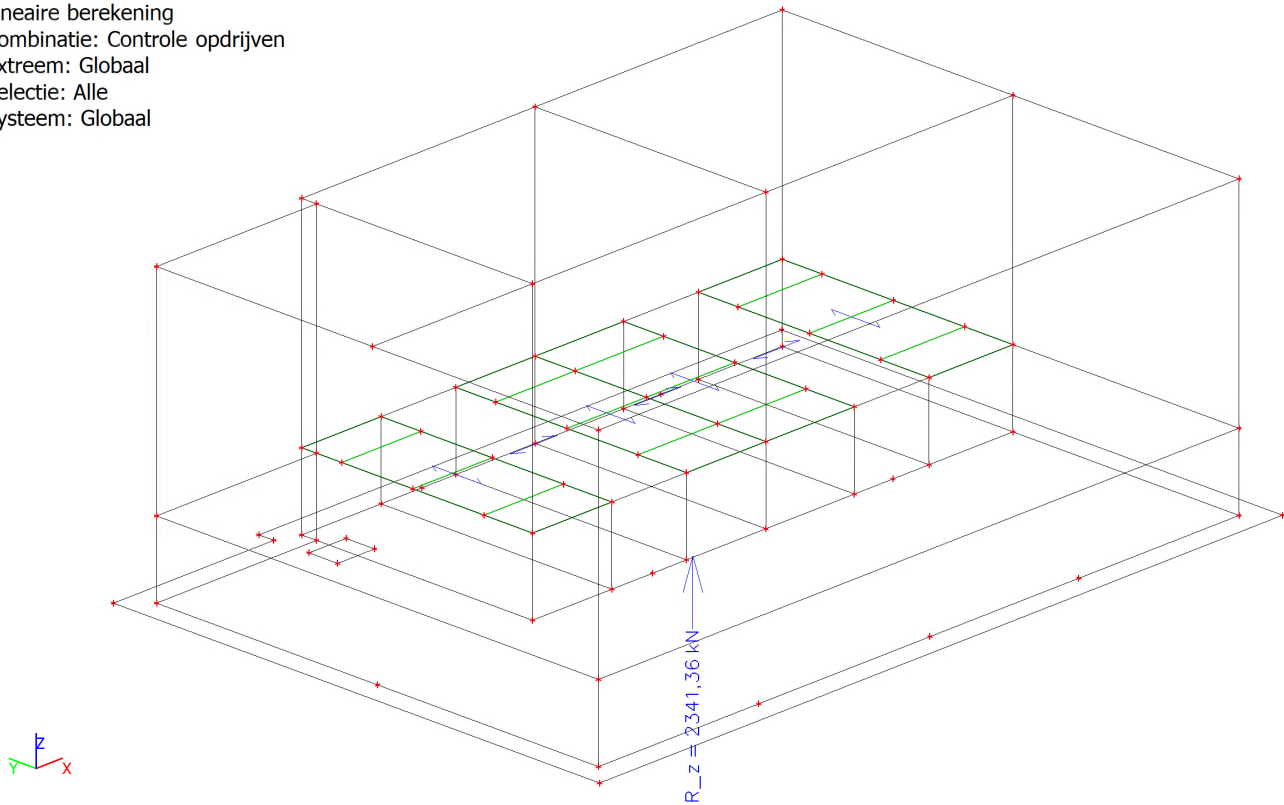
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal

x [m]	y [m]	z [m]	Belasting	R _x [kN]	R _y [kN]	R _z [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	-40,17	-9,84	2876,69	1777,45	-1336,08	-13,61
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/2	2,86	-13,56	7089,45	2190,64	-1558,49	-12,79
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/3	-6,84	-75,54	3840,38	2589,02	-1622,61	-38,75
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/4	-40,17	-9,84	5822,95	1601,01	-1306,15	-13,61
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/5	1,70	-10,16	2854,82	1779,16	-1191,14	-7,48
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/6	2,86	-15,24	7662,79	2481,81	-1756,24	-12,68
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/7	1,90	-10,16	6260,36	1590,68	-1160,16	-8,45
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/8	2,86	-15,24	4315,04	2667,88	-1785,60	-12,68
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/9	2,86	-15,24	5519,52	2638,99	-1787,29	-12,68
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/10	2,23	-10,16	5053,76	1620,53	-1158,20	-9,96
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B (automatisch)/11	-6,84	-75,54	5983,65	2431,84	-1591,56	-38,75
7,443	5,263	0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/12	1,70	-10,16	3657,81	1759,90	-1192,27	-7,48

Naam	Combinatiesleutel
UGT-Set B (automatisch)/1	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 1.50*BG4 + 0.90*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/2	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG9 + 1.50*BG6
UGT-Set B (automatisch)/3	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG5 + 1.20*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/4	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 1.50*BG4 + 1.50*BG9
UGT-Set B (automatisch)/5	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 0.90*BG10 + 1.50*BG7
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/6	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.50*BG9
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/7	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 1.50*BG3 + 1.50*BG9 + 1.50*BG11
UGT-Set B (automatisch)/8	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.35*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/9	1.35*BG1 + 1.35*BG2
UGT-Set B (automatisch)/10	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 1.50*BG9 + 0.90*BG10 + 1.50*BG6
UGT-Set B (automatisch)/11	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG5 + 1.50*BG9 + 1.20*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/12	0.90*BG1 + 0.90*BG2 + 1.50*BG7

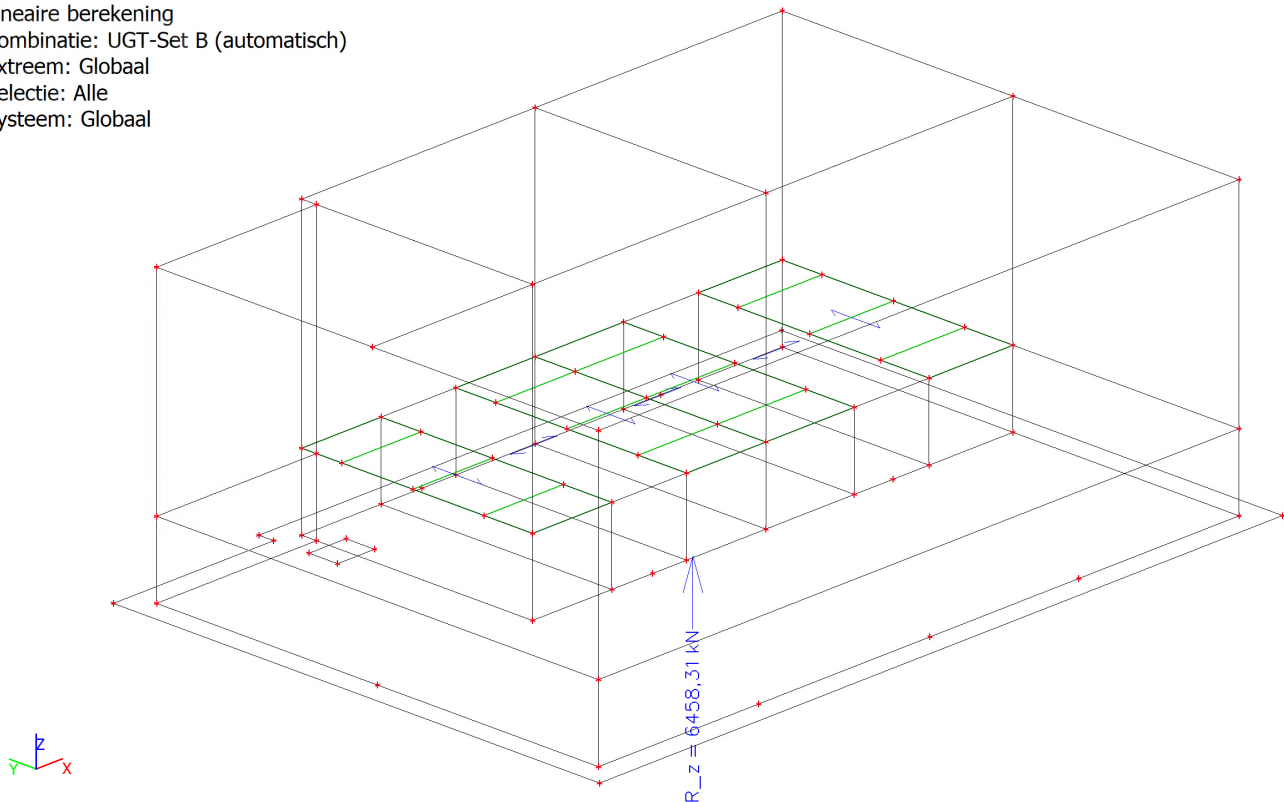
6.2. Resultante van reacties; R_z

Waardes: R_z
Lineaire berekening
Combinatie: Controle opdrijven
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal



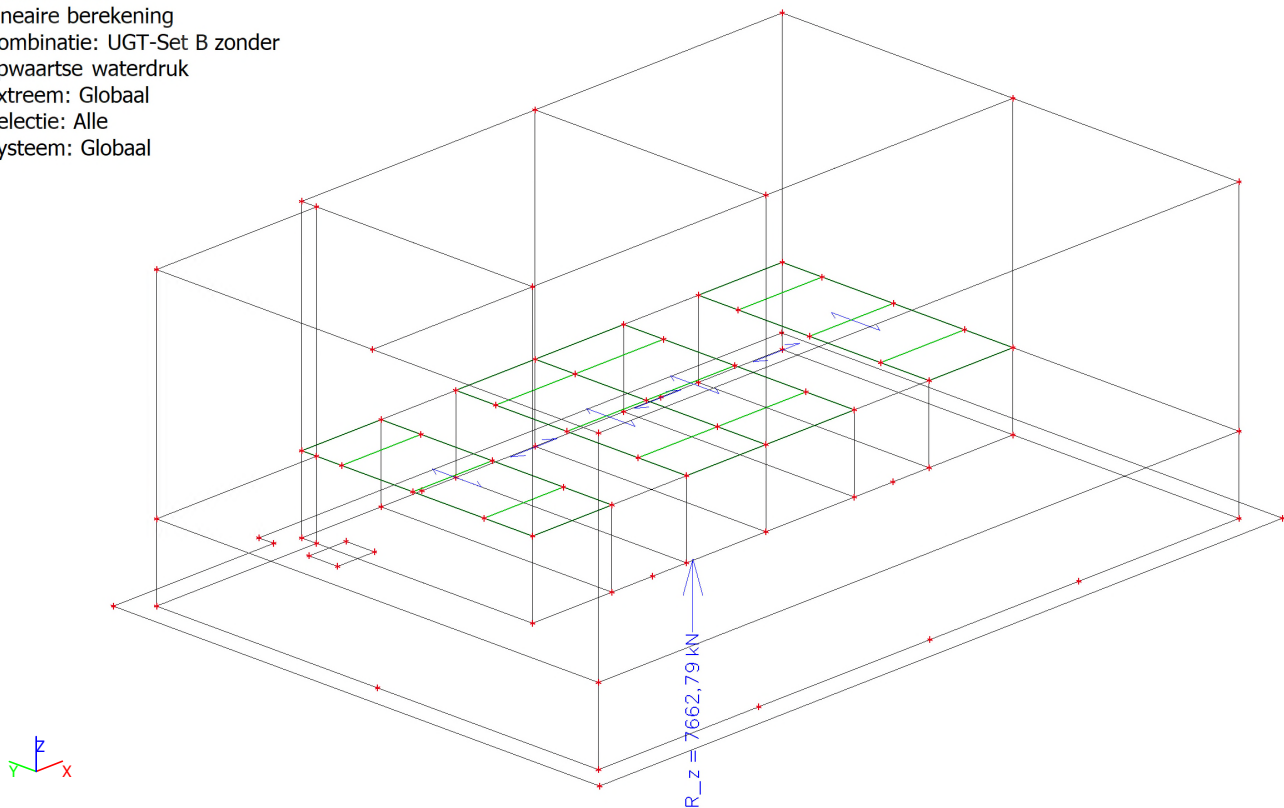
6.3. Resultante van reacties; R_z

Waardes: R_z
Lineaire berekening
Combinatie: UGT-Set B (automatisch)
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal



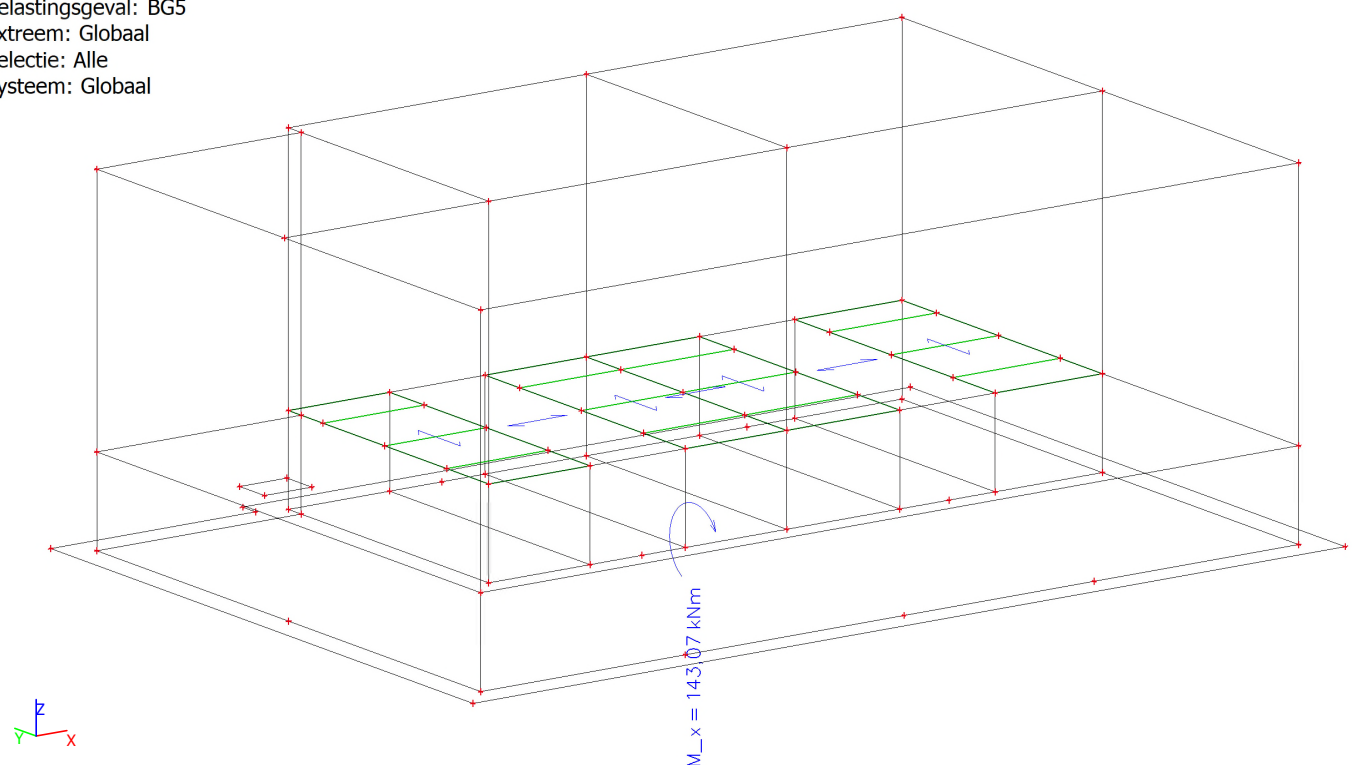
6.4. Resultante van reacties; R_z

Waardes: R_z
Lineaire berekening
Combinatie: UGT-Set B zonder
opwaartse waterdruk
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal



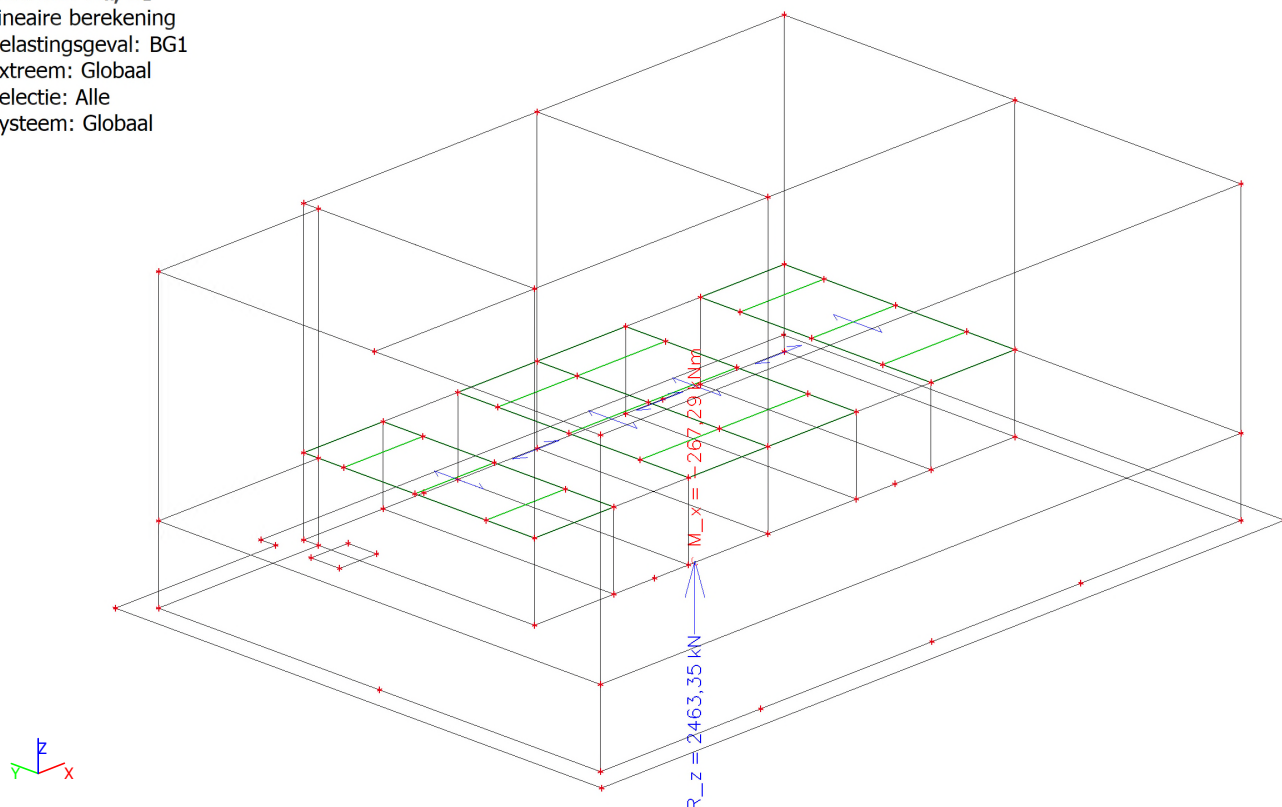
6.5. Resultante van reacties; M_x

Waardes: M_x
Lineaire berekening
Belastingsgeval: BG5
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal



6.6. Resultante van reacties; R_z ; M_x

Waardes: M_x , R_z
Lineaire berekening
Belastingsgeval: BG1
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Systeem: Globaal



6.7. 2D-contactspanningen

Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem.. Systeem: LCS net element

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	T_{zx} [kPa]	T_{yz} [kPa]	σ_z [kPa]
S1	Knoop: 5	14,810 10,550 0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	-0,9	0,2	139,9
S1	Knoop: 4	3,475 10,550 0,000	UGT-Set B (automatisch)/2	0,9	-0,2	85,6
S1	Knoop: 3238	5,645 9,883 0,000	UGT-Set B (automatisch)/3	0,4	-1,1	45,5
S1	Knoop: 12	12,525 5,225 0,000	UGT-Set B (automatisch)/4	-0,3	0,3	66,6
S1	Knoop: 1	0,000 0,000 0,000	UGT-Set B (automatisch)/5	-0,1	-0,6	-110,3
S1	Knoop: 5	14,810 10,550 0,000	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/6	-0,4	0,2	161,1

Naam	Combinatiesleutel
UGT-Set B (automatisch)/1	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG4 + 1.50*BG9 + 1.20*BG10
UGT-Set B (automatisch)/2	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG3 + 1.50*BG9 + 1.20*BG10 + 1.50*BG11
UGT-Set B (automatisch)/3	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG5 + 1.50*BG9 + 1.20*BG10
UGT-Set B (automatisch)/4	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.50*BG9 + 1.35*BG10
UGT-Set B (automatisch)/5	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.35*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/6	1.35*BG1 + 1.35*BG2

6.8. 2D-contactspanningen; σ_z

Waardes: σ_z

Lineaire berekening

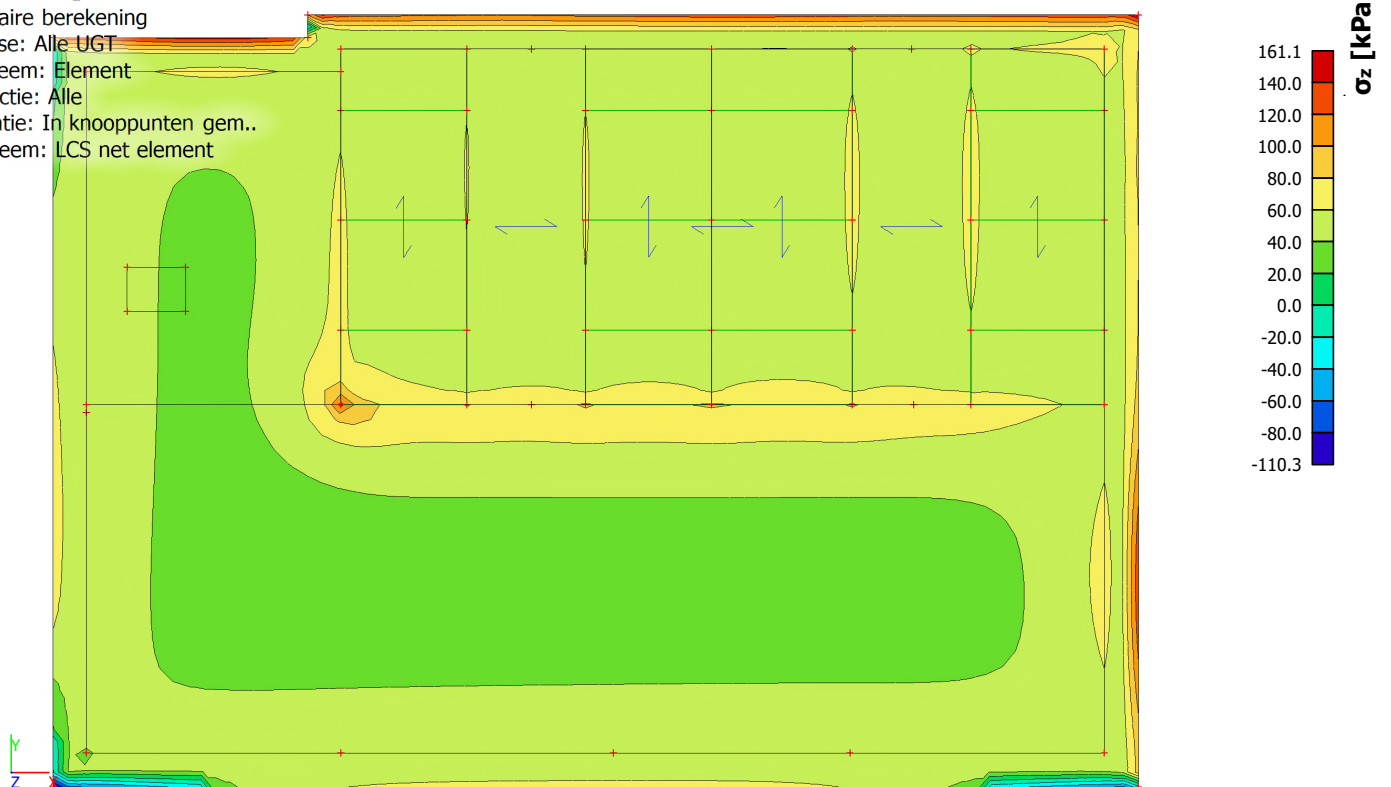
Klasse: Alle UGT

Extreem: Element

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem..

Systeem: LCS net element



6.9. Interne 2D-krachten

Lineaire berekening

Klasse: Alle UGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element

Basis grootheden

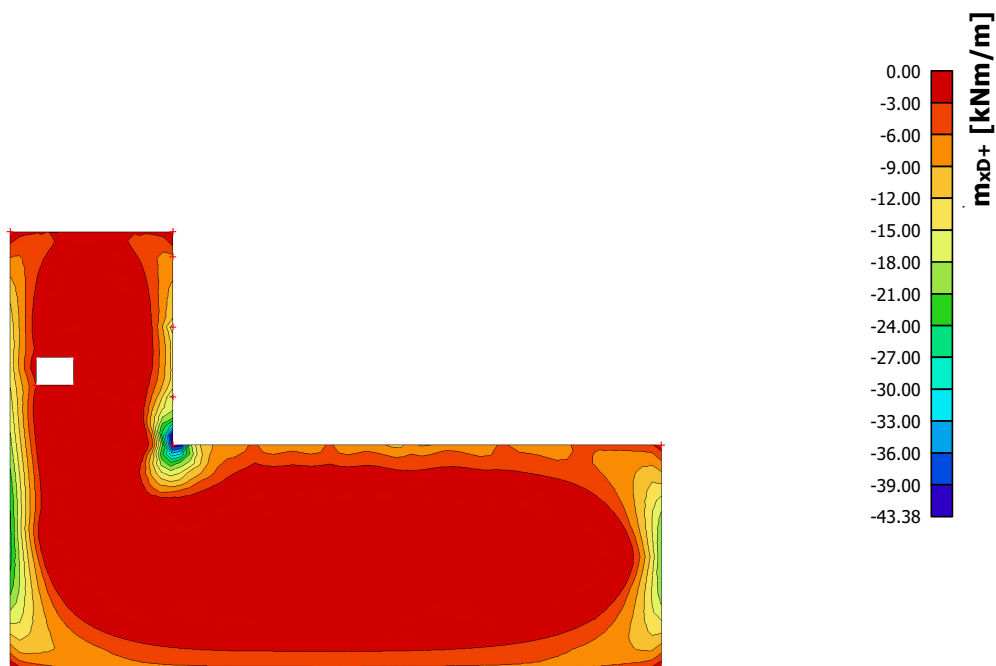
Naam	Net	Positie [m]	Belasting	m_x [kNm/m] m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	v_x [kN/m] v_y [kN/m]	n_x [kN/m] n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]
S1	Element: 462 Knoop: 196	3,925 5,423 0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	55,93 36,81	10,86	150,84 -111,04	-66,38 102,06	12,92
S7	Element: 5198 Knoop: 38	3,925 5,225 1,425	UGT-Set B (automatisch)/2	-13,93 -71,26	1,02	92,23 394,09	-133,74 -759,74	-151,21
S1	Element: 459 Knoop: 194	4,116 5,225 0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	32,81 74,02	7,86	-82,48 180,59	59,44 -39,19	-19,58
S1	Element: 70	3,273	UGT-Set B	-6,09	-10,50	27,85	-11,66	-13,07

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	m_x [kNm/m] m_y [kNm/m]	m_{xy} [kNm/m]	v_x [kN/m] v_y [kN/m]	n_x [kN/m] n_y [kN/m]	n_{xy} [kN/m]
	Knoop: 752	4,625 0,000	(automatisch)/1	1,95		25,49	3,09	
S10	Element: 6205 Knoop: 38	3,925 5,225 1,425	UGT-Set B (automatisch)/2	-41,18 -54,02	-0,01	-204,38 -144,77	83,11 96,48	-151,25
S1	Element: 460 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	44,86 60,42	12,90	226,88 198,44	-54,26 7,63	-92,76
S7	Element: 5144 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	UGT-Set B (automatisch)/1	-4,28 -56,13	5,32	-4,90 -316,89	-294,88 -957,07	214,46
S12	Element: 8092 Knoop: 49	5,645 5,225 1,425	UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/3	-0,12 0,91	-0,44	-0,19 12,25	1309,59 452,44	-476,05
S7	Element: 5144 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	UGT-Set B (automatisch)/2	-4,17 -55,05	5,16	-3,71 -311,09	-293,77 -944,36	214,83

Naam	Combinatiesleutel
UGT-Set B (automatisch)/1	1.20*BG1 + 1.20*BG2 + 1.50*BG3 + 1.50*BG9 + 1.20*BG10 + 1.50*BG11
UGT-Set B (automatisch)/2	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.50*BG9 + 1.35*BG10
UGT-Set B zonder opwaartse waterdruk/3	1.35*BG1 + 1.35*BG2 + 1.50*BG9

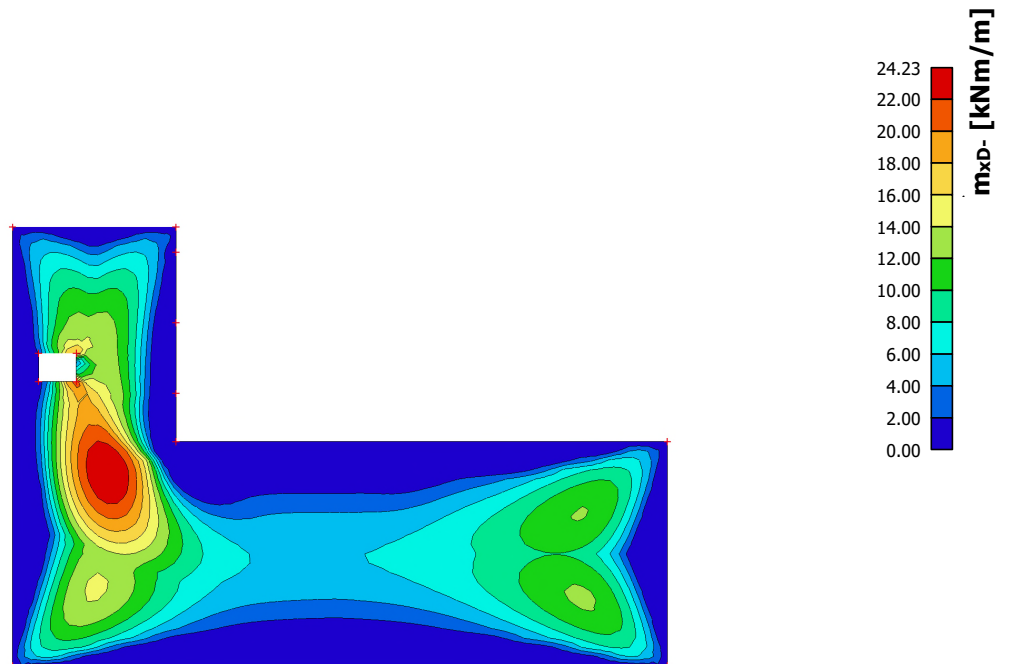
6.10. Interne 2D-krachten; m_{xD+}

Waardes: m_{xD+}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



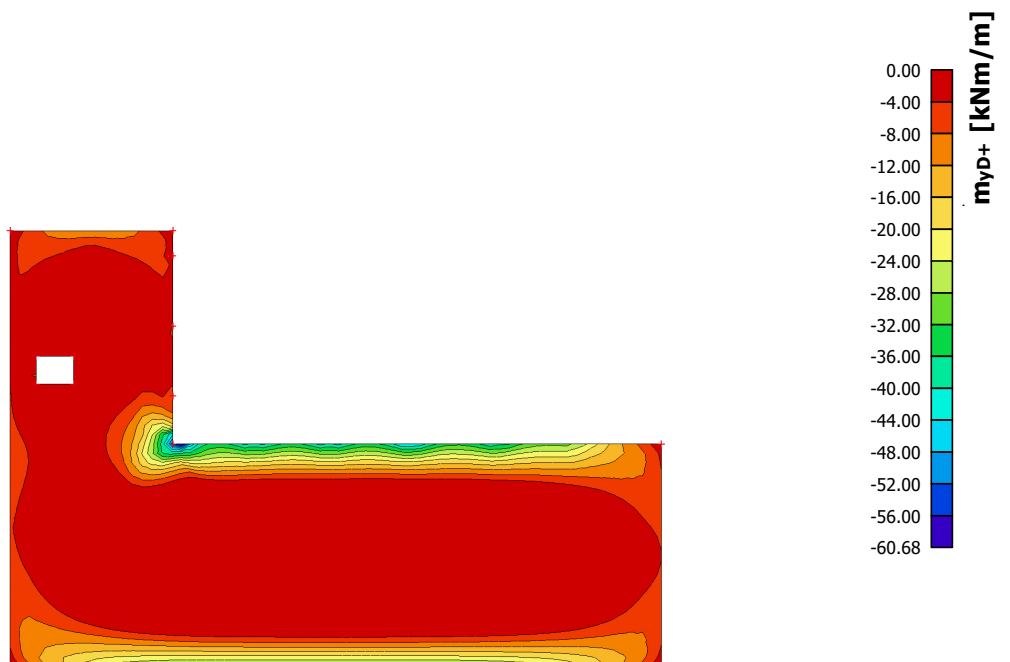
6.11. Interne 2D-krachten; m_{xD-}

Waardes: m_{xD-}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



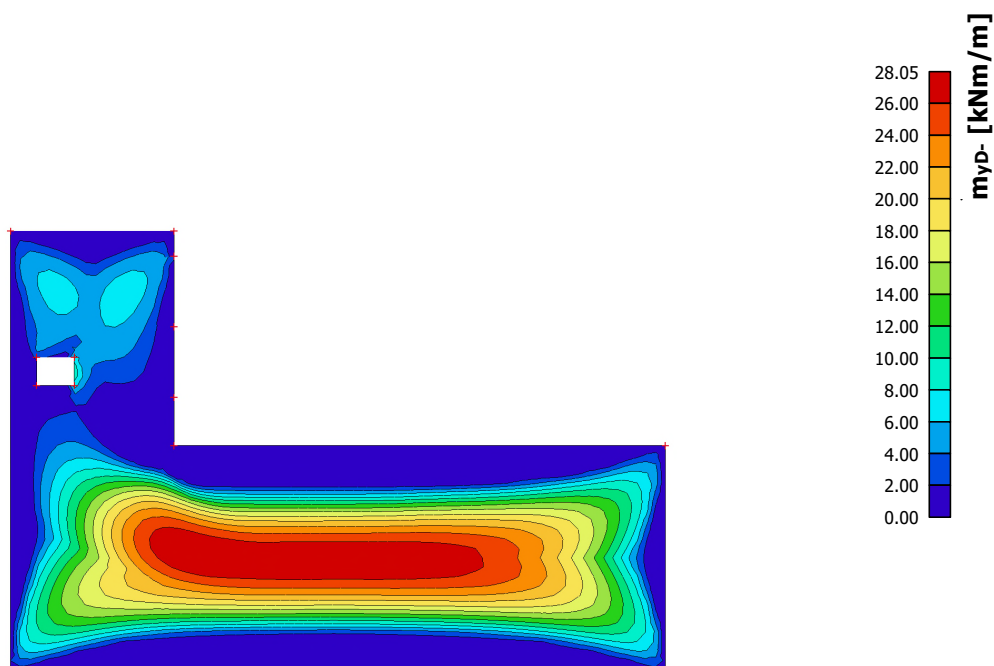
6.12. Interne 2D-krachten; m_{yD+}

Waardes: m_{yD+}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



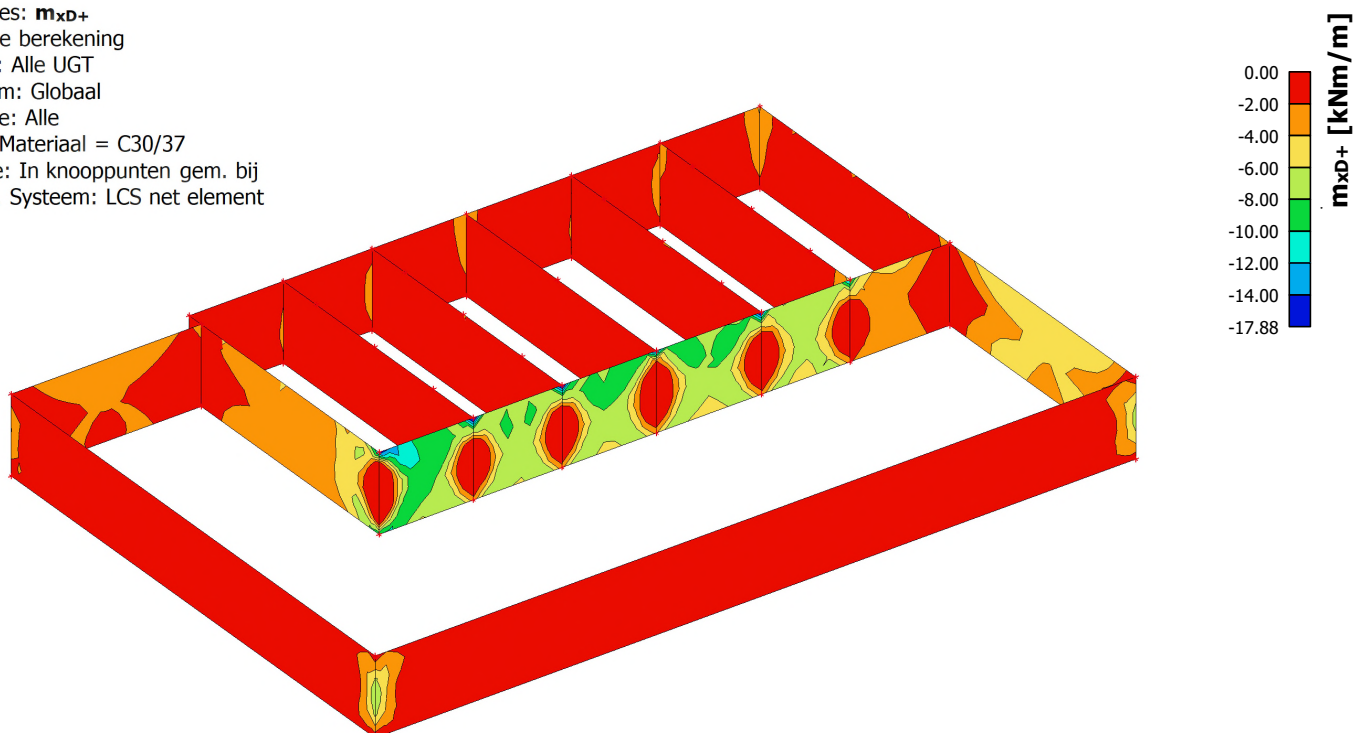
6.13. Interne 2D-krachten; m_{yD-}

Waardes: m_{yD-}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



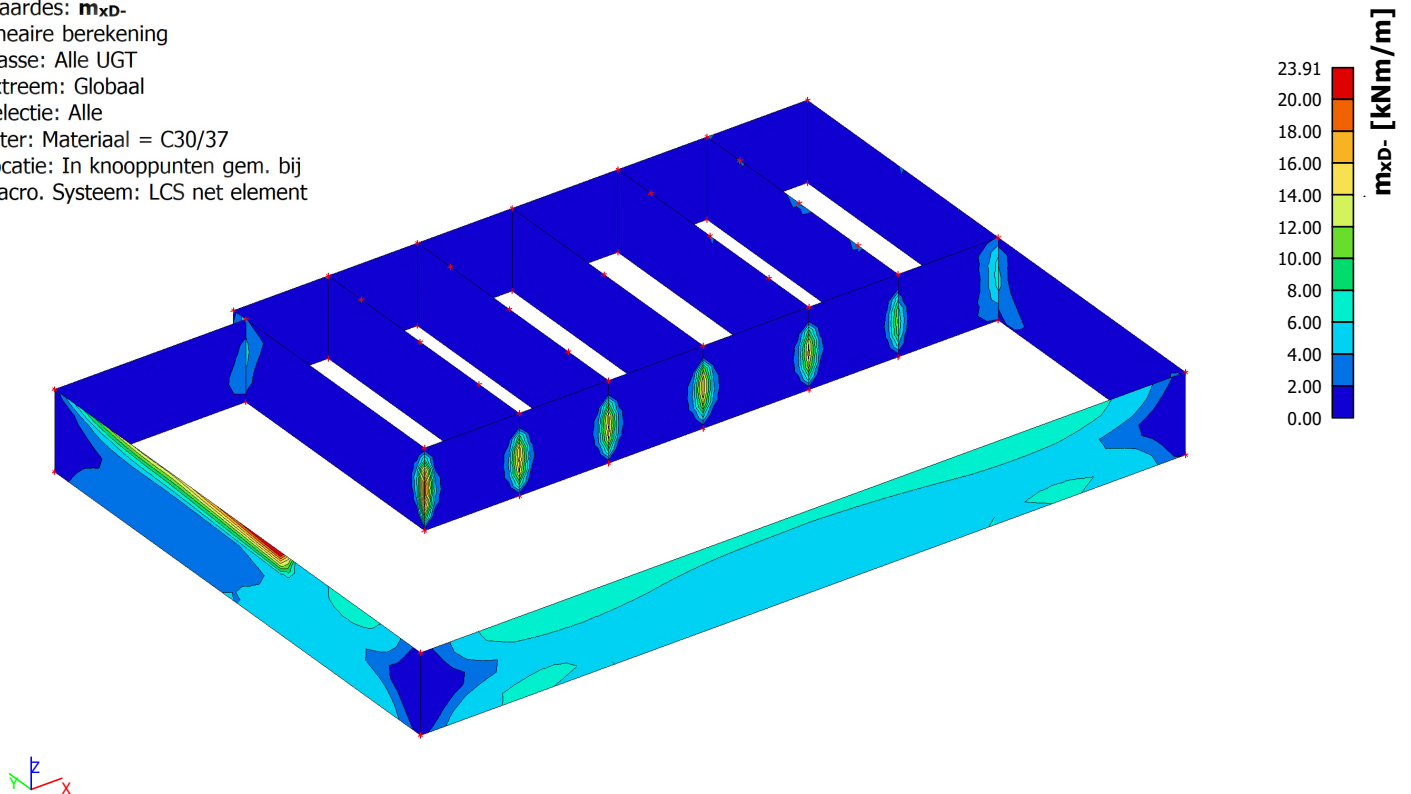
6.14. Interne 2D-krachten; m_{xD+}

Waardes: m_{xD+}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



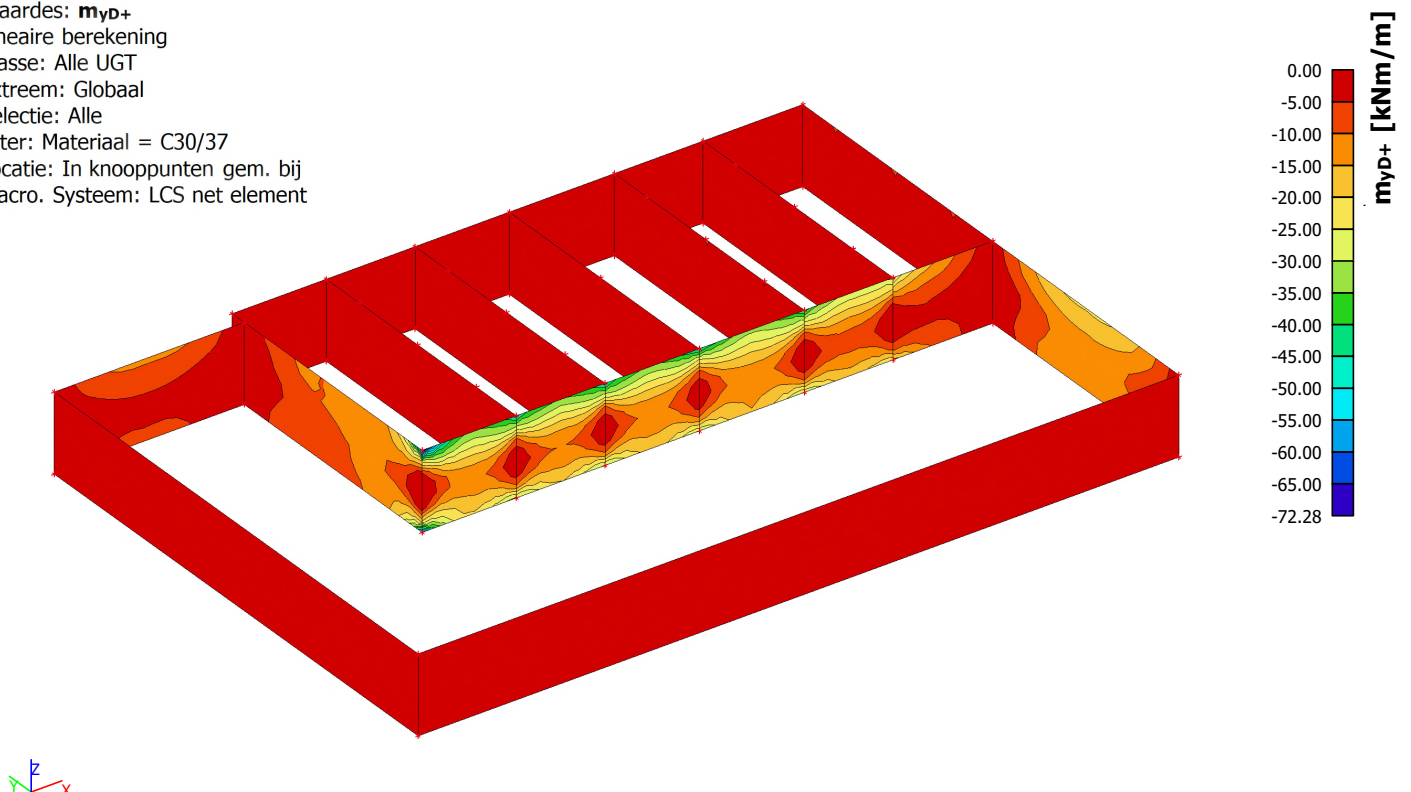
6.15. Interne 2D-krachten; m_{xD-}

Waardes: m_{xD-}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



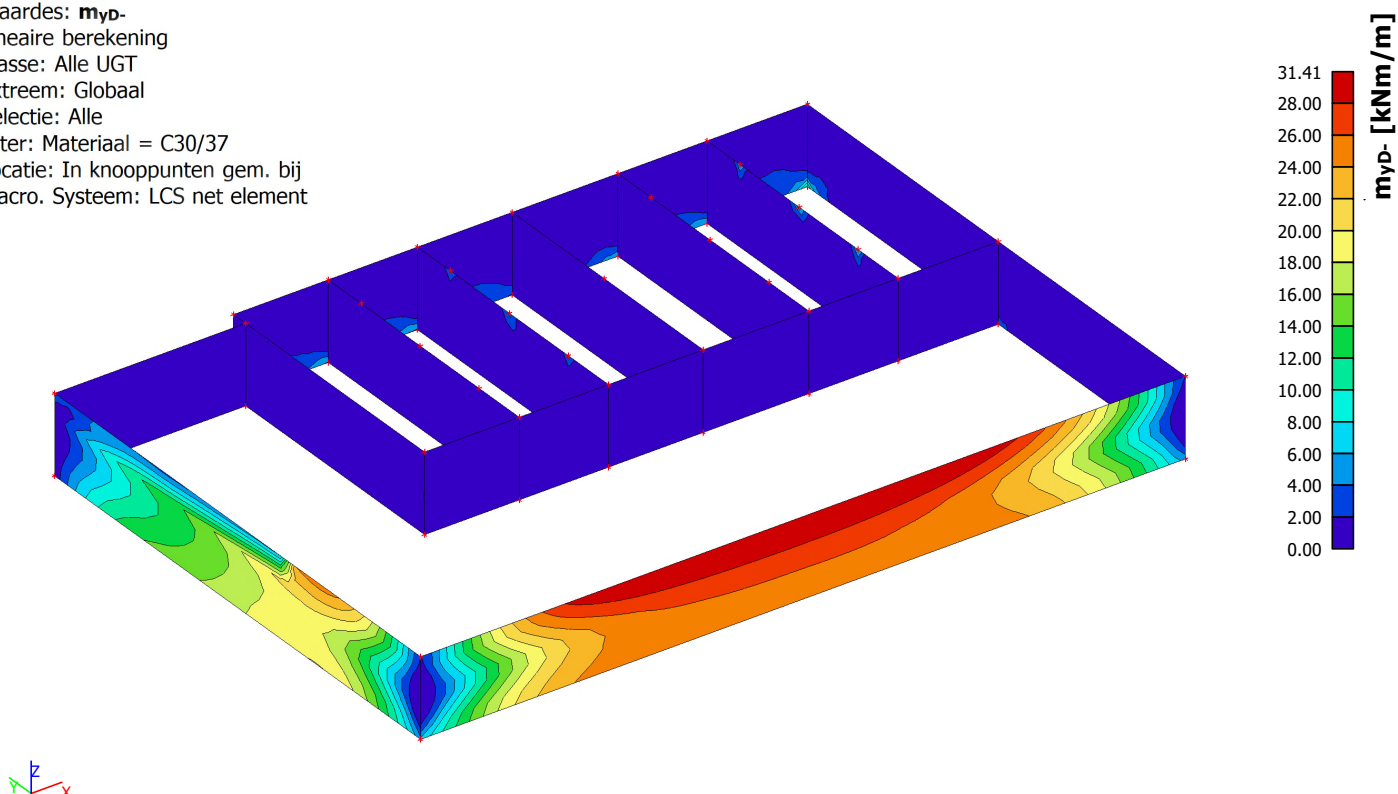
6.16. Interne 2D-krachten; m_{yD+}

Waardes: m_{yD+}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



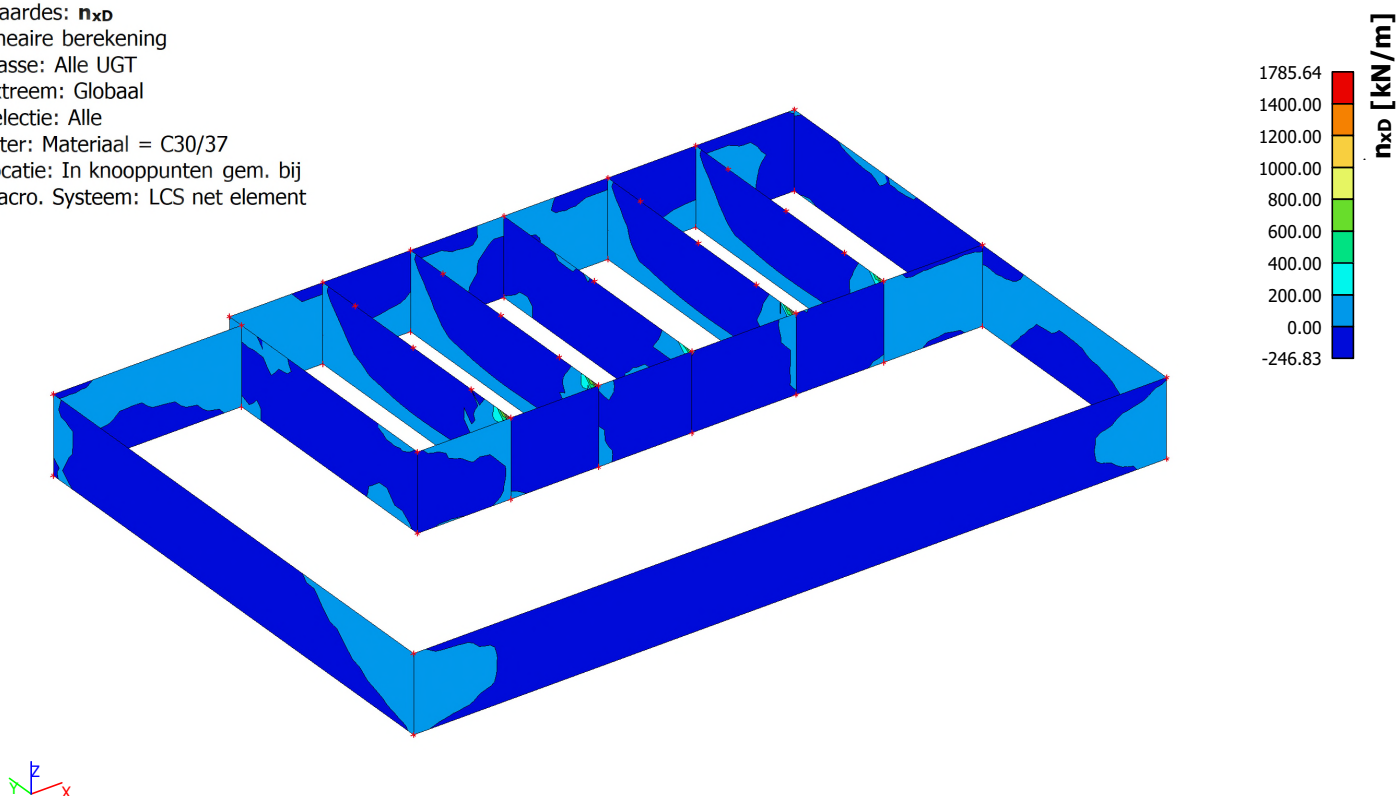
6.17. Interne 2D-krachten; m_{yD} -

Waardes: m_{yD} -
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



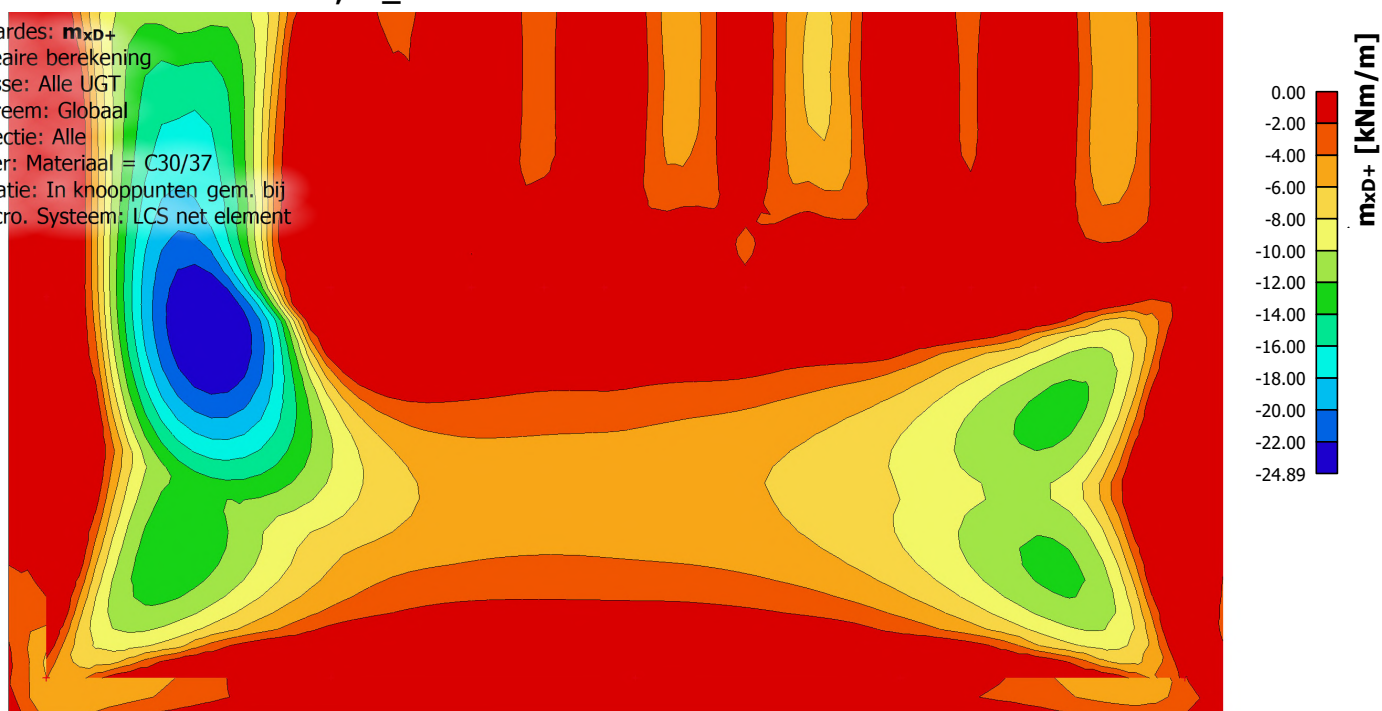
6.18. Interne 2D-krachten; n_{xD}

Waardes: n_{xD}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



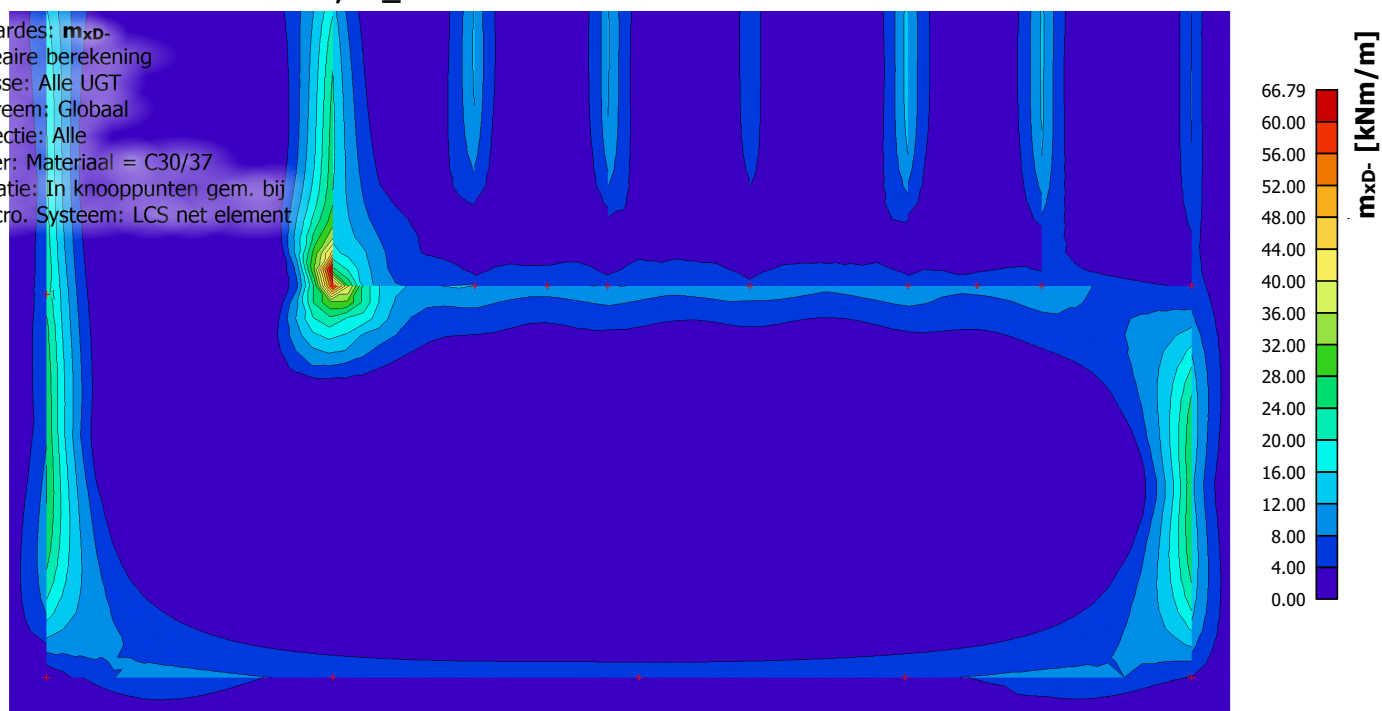
6.19. Interne 2D-krachten; m_{xD+}

Waardes: m_{xD+}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



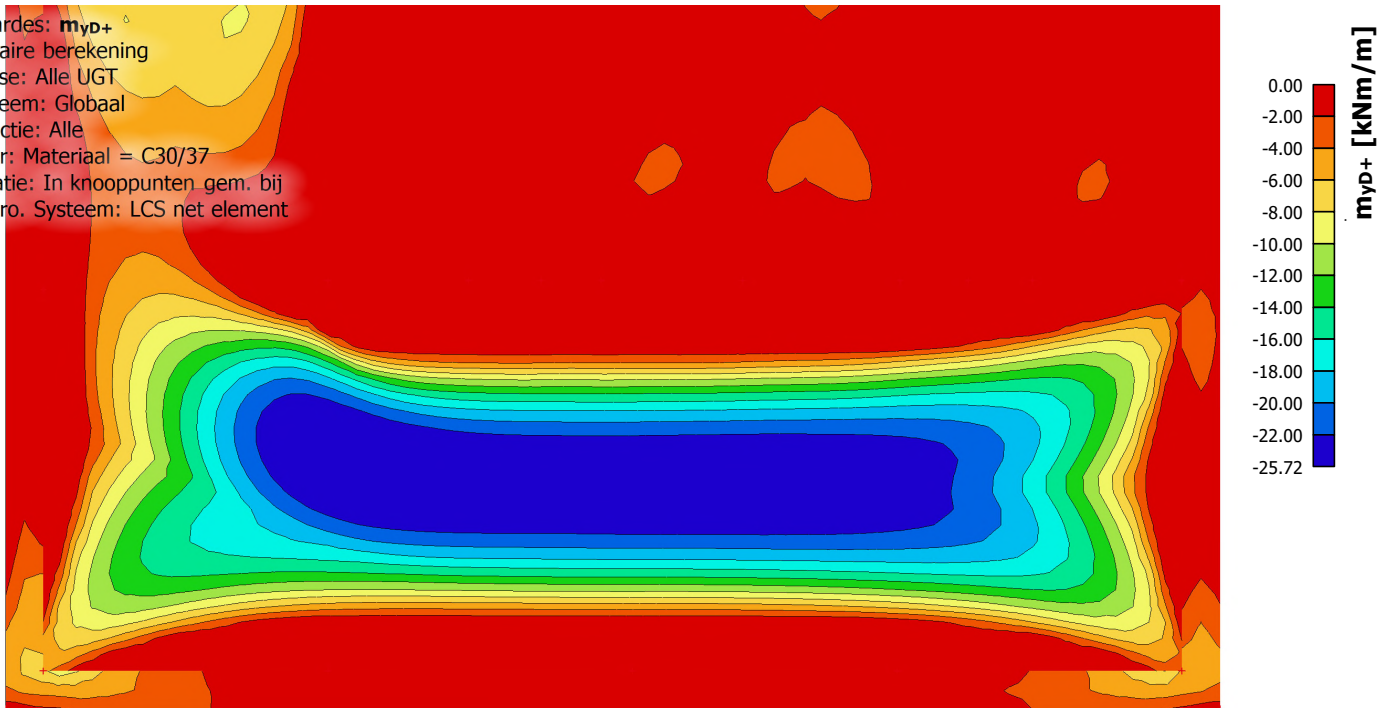
6.20. Interne 2D-krachten; m_{xD-}

Waardes: m_{xD-}
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



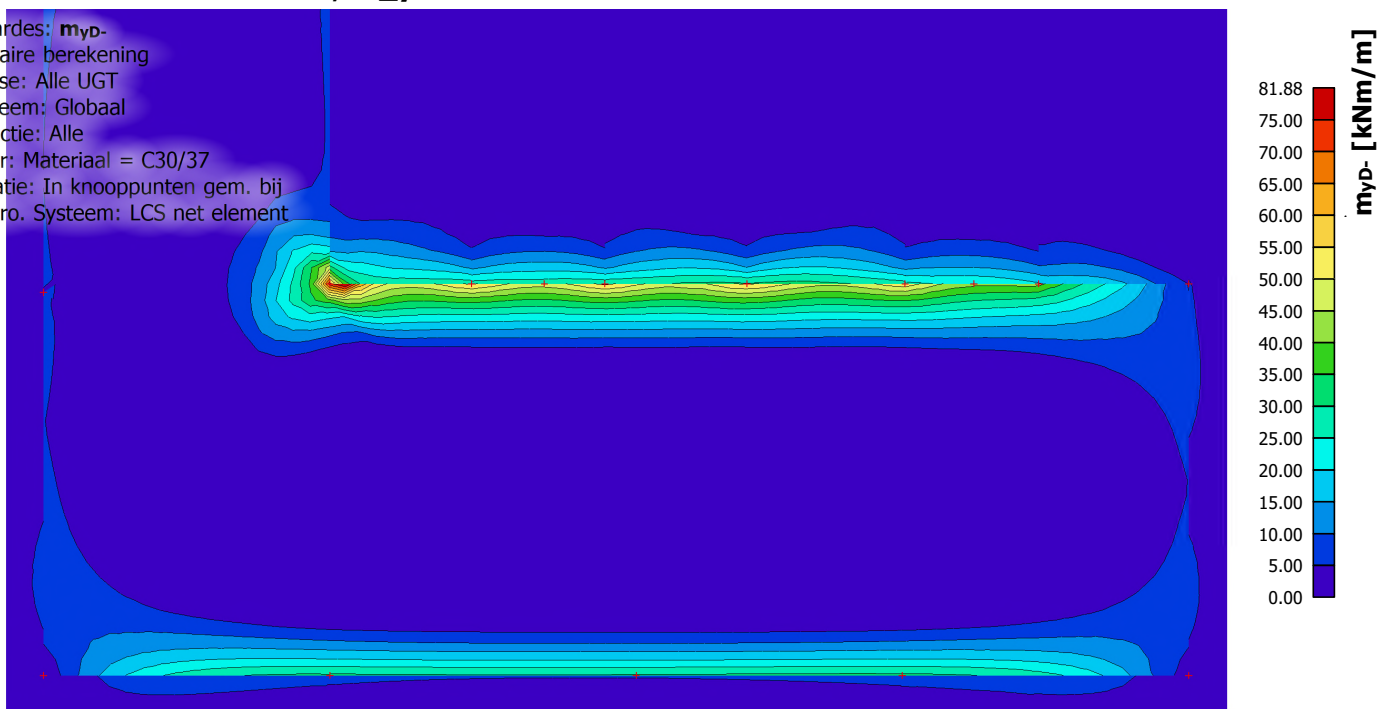
6.21. Interne 2D-krachten; m_yD+

Waardes: **m_{yD+}**
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



6.22. Interne 2D-krachten; m_yD-

Waardes: **m_{yD-}**
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Materiaal = C30/37
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



6.23. 2D-verplaatsing

Lineaire berekening

Klasse: Alle BGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	u _x [mm]	u _y [mm]	u _z [mm]	φ _x [mrad]	φ _y [mrad]	φ _z [mrad]	U _{total} [mm]
S24	Element: 15060 Knoop: 14599	3,925 8,588 5,500	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	-32,6	6,2	0,7	-0,1	-0,4	-0,2	33,2
S17	Element: 9811 Knoop: 9378	14,345 9,073 5,500	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	33,6	8,7	0,7	0,1	-2,2	-0,2	34,7
S3	Element: 4144 Knoop: 34	0,455 9,775 1,425	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	-17,5	-24,5	0,2	0,2	-0,1	-0,3	30,1
S28	Element: 16811 Knoop: 18614	11,963 10,085 5,500	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	0,7	1,4	-26,2	-0,3	0,0	0,0	26,2
S23	Element: 14495 Knoop: 14510	6,354 5,225 4,685	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/2	0,6	15,7	1,8	-0,1	0,0	0,1	15,8
S29	Element: 18764 Knoop: 18539	6,899 0,663 5,500	BGT-kar (automatisch)/3	0,7	1,5	-11,6	-1,7	0,1	0,0	11,7
S21	Element: 12202 Knoop: 12185	0,455 2,052 5,500	BGT-kar (automatisch)/4	1,4	-16,0	0,7	0,9	0,0	-0,4	16,1
S17	Element: 9818 Knoop: 9385	14,345 7,655 5,500	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	33,1	11,8	0,7	0,6	-2,6	-0,3	35,2
S28	Element: 16180 Knoop: 18673	9,978 5,225 5,500	BGT-kar (automatisch)/3	0,7	1,5	-14,7	0,6	2,0	0,0	14,8
S18	Element: 10356 Knoop: 71	14,345 10,085 5,500	BGT-kar (automatisch)/4	0,7	19,9	1,4	-0,1	-0,2	-1,0	20,0
S24	Element: 15077 Knoop: 80	3,925 5,225 5,500	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	-18,8	10,3	0,7	0,2	0,2	0,5	21,5
S24	Element: 14808 Knoop: 14792	3,925 5,423 3,259	BGT-kar (automatisch)/5	-0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	-0,3	0,5
S17	Element: 9319 Knoop: 9303	14,345 5,225 5,093	BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	-3,8	43,6	0,6	-0,2	0,3	-0,2	43,8

Naam	Combinatiesleutel
BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/1	BG1 + BG2 + BG3 + BG9 + BG11
BGT-kar zonder opwaartse waterdruk/2	BG1 + BG2 + BG3 + BG11
BGT-kar (automatisch)/3	BG1 + BG2 + BG3 + BG10 + BG11
BGT-kar (automatisch)/4	BG1 + BG2 + BG3 + BG9 + BG10 + BG11
BGT-kar (automatisch)/5	BG1 + BG2 + BG10 + BG7

6.24. 3D verplaatsing; u_z

Waardes: u_z

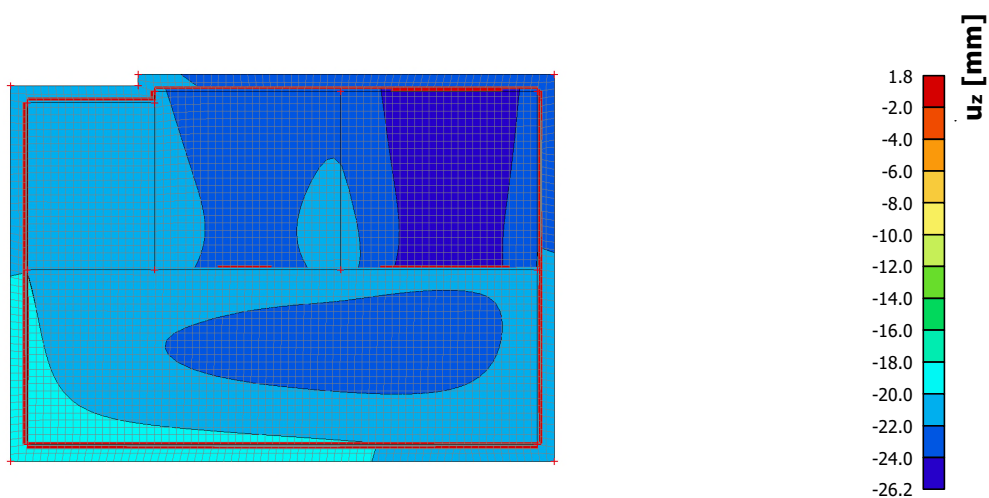
Lineaire berekening

Klasse: Alle BGT

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem. bij

macro. Systeem: LCS net element



6.25. Verplaatsing van knopen; U_y

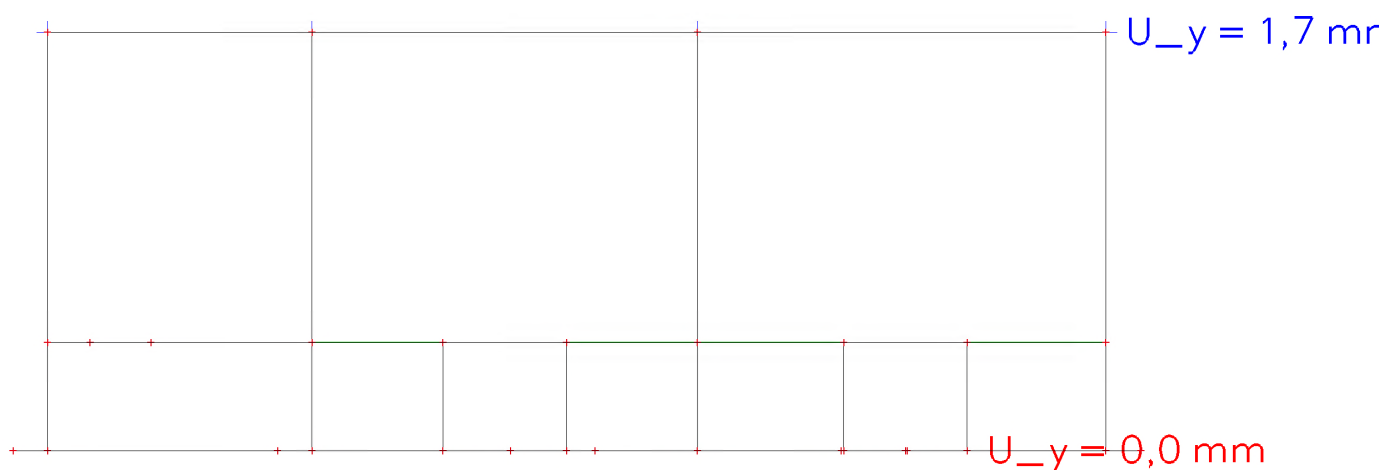
Waardes: U_y

Lineaire berekening

Klasse: Alle BGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle



7. Toetsing

7.1. Wapeningsontwerp (UGT+BGT)

Lineaire berekening

Klasse: Alle UGT

Extreem: Element

Selectie: Alle

Filter: Materiaal = C30/37

Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element

Er zijn 1 waarschuwingen voor geselecteerde elementen. 1 ervan worden weergegeven.

Vereist - boven

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	Reinf _{Req,1+}	A _{s,req,1+} [mm ² /m] A _{s,req,bar,1+} [mm ² /m]	A _{s,ult,1+} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,1+} [mm ² /m]	Reinf _{Req,2+}	A _{s,req,2+} [mm ² /m] A _{s,req,bar,2+} [mm ² /m]	A _{s,ult,2+} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,2+} [mm ² /m]	E/W/N
S1	Element: 998 Knoop: 681	2,669 4,823 0,000	Alle UGT	φ10,0/220	343 357	274 0	φ10,0/400	5 196	4 0	
S1	Element: 1278 Knoop: 1162	3,676 3,436 0,000	Alle UGT	φ10,0/390	199 201	159 0	φ10,0/200	376 393	301 0	
S1	Element: 1279 Knoop: 1163	3,877 3,436 0,000	Alle UGT	φ10,0/400	178 196	142 0	φ10,0/210	373 374	302 0	
S3	Element: 3930 Knoop: 3943	0,455 0,465 0,611	Alle UGT	φ10,0/400	122 196	122 0	φ10,0/400	56 196	56 0	
S3	Element: 3928 Knoop: 3941	0,455 0,465 0,204	Alle UGT	φ10,0/400	88 196	88 0	φ10,0/400	92 196	92 0	
S4	Element: 4286 Knoop: 3943	0,455 0,465 0,611	Alle UGT	φ10,0/400	118 196	118 0	φ10,0/400	51 196	51 0	
S4	Element: 4148 Knoop: 3941	0,455 0,465 0,204	Alle UGT	φ10,0/400	75 196	75 0	φ10,0/400	62 196	62 0	
S5	Element: 4936 Knoop: 10	14,345 5,225 0,000	Alle UGT	φ10,0/400	78 196	78 0	geen wap.	0 0	0 0	
S5	Element: 4788 Knoop: 4917	14,345 3,242 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	70 196	70 0	φ10,0/400	159 196	159 0	
S6	Element: 5008 Knoop: 5125	3,925 5,429 1,425	Alle UGT	φ10,0/360	216 218	216 0	φ10,0/140	547 561	547 0	W/01
S7	Element: 5206 Knoop: 49	5,645 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/320	241 245	241 0	φ10,0/160	468 491	468 0	
S7	Element: 5198 Knoop: 5334	4,116 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	185 196	185 0	φ10,0/120	639 654	639 0	W/01
S8	Element: 5634 Knoop: 40	3,925 9,775 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	79 196	79 0	φ10,0/400	55 196	55 0	
S8	Element: 5628 Knoop: 5749	2,700 9,775 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	55 196	55 0	φ10,0/400	77 196	77 0	
S9	Element: 5944 Knoop: 24	5,645 10,085 0,000	Alle UGT	φ10,0/400	127 196	127 0	geen wap.	0 0	0 0	
S9	Element: 5980 Knoop: 6045	5,645 10,085 1,018	Alle UGT	φ10,0/400	29 196	29 0	φ10,0/400	53 196	53 0	
S10	Element: 6205 Knoop: 38	3,925 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/90	798 873	798 0	φ10,0/70	1028 1122	1028 0	
S12	Element: 8092	5,645 5,225	Alle UGT	φ10,0/30	2427 2618	2427 0	φ10,0/60	1269 1309	1269 0	W/01

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	Reinf _{Req,1+}	A _{s,req,1+} [mm ² /m] A _{s,req,bar,1+} [mm ² /m]	A _{s,ult,1+} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,1+} [mm ² /m]	Reinf _{Req,2+}	A _{s,req,2+} [mm ² /m] A _{s,req,bar,2+} [mm ² /m]	A _{s,ult,2+} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,2+} [mm ² /m]	E/W/N
S13	Knoop: 49 Element: 8261 Knoop: 54	1,425 7,265 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/40	1602 1963	1602 0	φ10,0/90	808 873	808 0	W/01
S14	Element: 8430 Knoop: 59	8,985 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/90	807 873	807 0	φ10,0/180	432 436	432 0	W/01
S15	Element: 8599 Knoop: 62	10,905 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/30	2107 2618	2107 0	φ10,0/70	1115 1122	1115 0	W/01
S16	Element: 8768 Knoop: 67	12,525 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/60	1187 1309	1187 0	φ10,0/120	620 654	620 0	W/01

Vereist - onder

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	Reinf _{Req,1-}	A _{s,req,1-} [mm ² /m] A _{s,req,bar,1-} [mm ² /m]	A _{s,ult,1-} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,1-} [mm ² /m]	Reinf _{Req,2-}	A _{s,req,2-} [mm ² /m] A _{s,req,bar,2-} [mm ² /m]	A _{s,ult,2-} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,2-} [mm ² /m]	E/W/N
S1	Element: 3140 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	Alle UGT	φ10,0/80	921 982	921 0	φ10,0/60	1252 1309	1252 0	
S3	Element: 4119 Knoop: 3965	0,455 4,031 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	144 196	144 0	φ10,0/400	91 196	91 0	
S3	Element: 4113 Knoop: 3959	0,455 2,842 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	70 196	70 0	φ10,0/370	210 212	210 0	
S4	Element: 4498 Knoop: 4627	1,665 0,465 1,221	Alle UGT	φ10,0/400	69 196	69 0	φ10,0/400	139 196	139 0	
S4	Element: 4590 Knoop: 4719	6,293 0,465 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	59 196	59 0	φ10,0/280	272 280	272 0	
S5	Element: 4679 Knoop: 4483	14,345 0,465 0,611	Alle UGT	φ10,0/400	114 196	114 0	φ10,0/400	43 196	43 0	
S5	Element: 4958 Knoop: 2170	14,345 9,883 0,000	Alle UGT	φ10,0/400	22 196	22 0	φ10,0/400	49 196	49 0	
S6	Element: 4981 Knoop: 40	3,925 9,775 1,425	Alle UGT	φ10,0/400	139 196	139 0	φ10,0/400	52 196	52 0	
S7	Element: 5170 Knoop: 5306	5,645 5,225 0,611	Alle UGT	φ10,0/380	206 207	206 0	geen wap.	0 0	0 0	
S7	Element: 5479 Knoop: 4831	14,345 5,225 0,611	Alle UGT	φ10,0/400	103 196	103 0	φ10,0/400	25 196	25 0	
S8	Element: 5583 Knoop: 5108	3,925 9,775 0,814	Alle UGT	φ10,0/400	71 196	71 0	φ10,0/400	17 196	17 0	
S8	Element: 5532 Knoop: 5099	3,925 9,775 0,204	Alle UGT	φ10,0/400	49 196	49 0	φ10,0/400	23 196	23 0	

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	Reinf _{Req,1-}	A _{s,req,1-} [mm ² /m] A _{s,req,bar,1-} [mm ² /m]	A _{s,ult,1-} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,1-} [mm ² /m]	Reinf _{Req,2-}	A _{s,req,2-} [mm ² /m] A _{s,req,bar,2-} [mm ² /m]	A _{s,ult,2-} [mm ² /m] ΔA _{s,serv,2-} [mm ² /m]	E/W/N
S9	Element: 5944 Knoop: 3249	5,454 10,085 0,000	Alle UGT	φ10,0/400	86 196	86 0	φ10,0/400	75 196	75 0	
S10	Element: 6090 Knoop: 6560	3,072 4,823 1,425	Alle UGT	φ10,0/220	356 357	285 0	geen wap.	0 0	0 0	
S10	Element: 6880 Knoop: 6969	3,273 3,634 1,425	Alle UGT	φ10,0/290	264 271	211 0	φ10,0/190	393 413	320 0	
S10	Element: 6943 Knoop: 7039	3,676 3,436 1,425	Alle UGT	φ10,0/360	216 218	173 0	φ10,0/210	370 374	335 0	
S12	Element: 8092 Knoop: 49	5,645 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/40	1680 1963	1680 0	φ10,0/90	867 873	867 0	W/01
S13	Element: 8261 Knoop: 54	7,265 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/30	2301 2618	2301 0	φ10,0/60	1207 1309	1207 0	W/01
S14	Element: 8430 Knoop: 59	8,985 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/50	1326 1571	1326 0	φ10,0/100	761 785	761 0	W/01
S15	Element: 8599 Knoop: 62	10,905 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/40	1916 1963	1916 0	φ10,0/80	980 982	980 0	W/01
S16	Element: 8768 Knoop: 67	12,525 5,225 1,425	Alle UGT	φ10,0/50	1558 1571	1558 0	φ10,0/90	788 873	788 0	W/01

Vereist - afschuiving

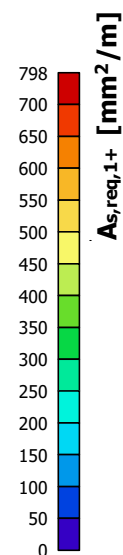
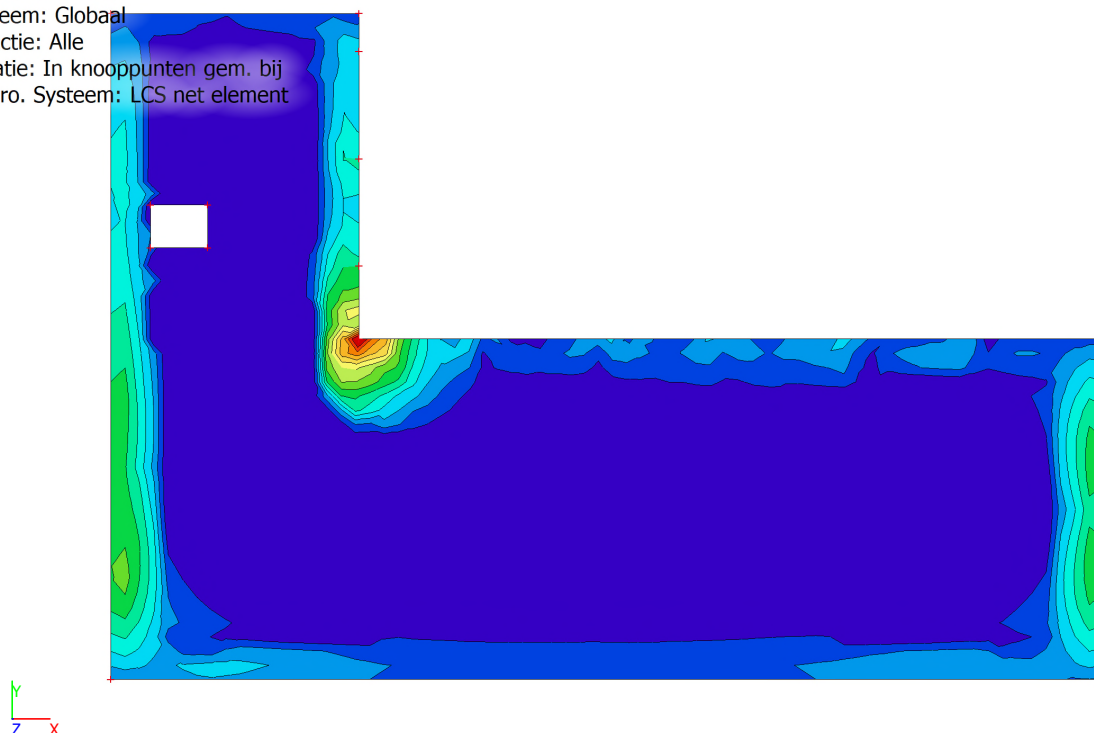
Naam	Net	Positie [m]	Belasting	V _{Ed} [kN/m]	V _{Rd,c} [kN/m]	V _{Rd,max} [kN/m]	Reinf _{Asw}	A _{sw,req} [m ² /m ²]	A _{sw,stat} [m ² /m ²]	E/W/N
S1	Element: 460 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	Alle UGT	301,41	121,55	1064,98	57φ8	0,00	0,00	
S3	Element: 4106 Knoop: 3952	0,455 1,455 1,425	Alle UGT	45,09	116,64	1109,62	geen wap.	0,00	0,00	
S4	Element: 4566 Knoop: 4695	1,461 0,465 1,425	Alle UGT	49,14	116,65	1110,21	geen wap.	0,00	0,00	
S5	Element: 4959 Knoop: 9	14,345 10,085 0,000	Alle UGT	52,66	127,76	1112,46	geen wap.	0,00	0,00	
S6	Element: 5137 Knoop: 17	3,925 5,225 0,000	Alle UGT	289,91	187,47	1085,31	54φ8	0,00	0,00	
S7	Element: 5198 Knoop: 38	3,925 5,225 1,425	Alle UGT	404,74	171,11	1071,57	76φ8	0,00	0,00	
S8	Element: 5516 Knoop: 7	0,455 9,775 0,000	Alle UGT	33,52	120,30	1114,30	geen wap.	0,00	0,00	
S9	Element: 5635 Knoop: 9	14,345 10,085 0,000	Alle UGT	55,33	128,92	1112,07	geen wap.	0,00	0,00	
S10	Element: 6205 Knoop: 38	3,925 5,225 1,425	Alle UGT	250,45	112,02	1078,85	47φ8	0,00	0,00	
S12	Element:	5,645	Alle UGT	15,90	129,64	1116,39	geen wap.	0,00	0,00	

Naam	Net	Positie [m]	Belasting	V_{Ed} [kN/m]	$V_{Rd,c}$ [kN/m]	$V_{Rd,max}$ [kN/m]	Reinf _{Asw}	$A_{sw,req}$ [m ² /m ²]	$A_{sw,stat}$ [m ² /m ²]	E/W/N
	8080 Knoop: 52	7,745 1,425								
S12	Element: 8092 Knoop: 49	5,645 5,225 1,425	Alle UGT	12,25	10,37	1117,70	3φ8	0,00	0,00	W/01
S13	Element: 8249 Knoop: 55	7,265 7,745 1,425	Alle UGT	18,35	131,28	1115,97	geen wap.	0,00	0,00	
S14	Element: 8418 Knoop: 60	8,985 7,745 1,425	Alle UGT	7,04	95,20	857,58	geen wap.	0,00	0,00	
S15	Element: 8587 Knoop: 65	10,905 7,745 1,425	Alle UGT	25,60	130,98	1115,05	geen wap.	0,00	0,00	
S16	Element: 8755 Knoop: 68	12,525 7,745 1,425	Alle UGT	38,10	128,62	1113,72	geen wap.	0,00	0,00	

E/W/N	Aanwezig in elementen
W/01	S12, S13, S14, S15, S16, S6, S7

7.2. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1+}$

Waardes: $A_{s,req,1+}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element



7.3. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2+}$

Waardes: $A_{s,req,2+}$

Lineaire berekening

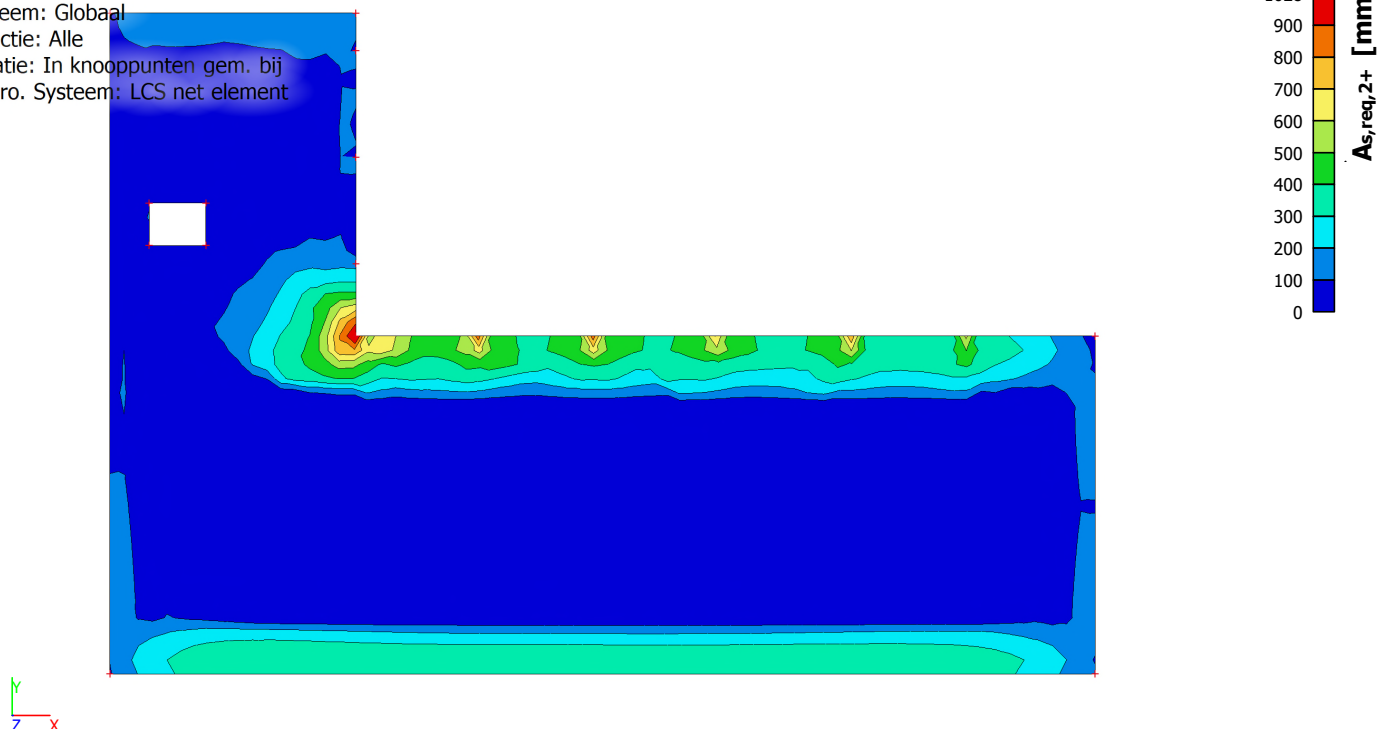
Klasse: Alle UGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem. bij

macro. Systeem: LCS net element



7.4. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1-}$

Waardes: $A_{s,req,1-}$

Lineaire berekening

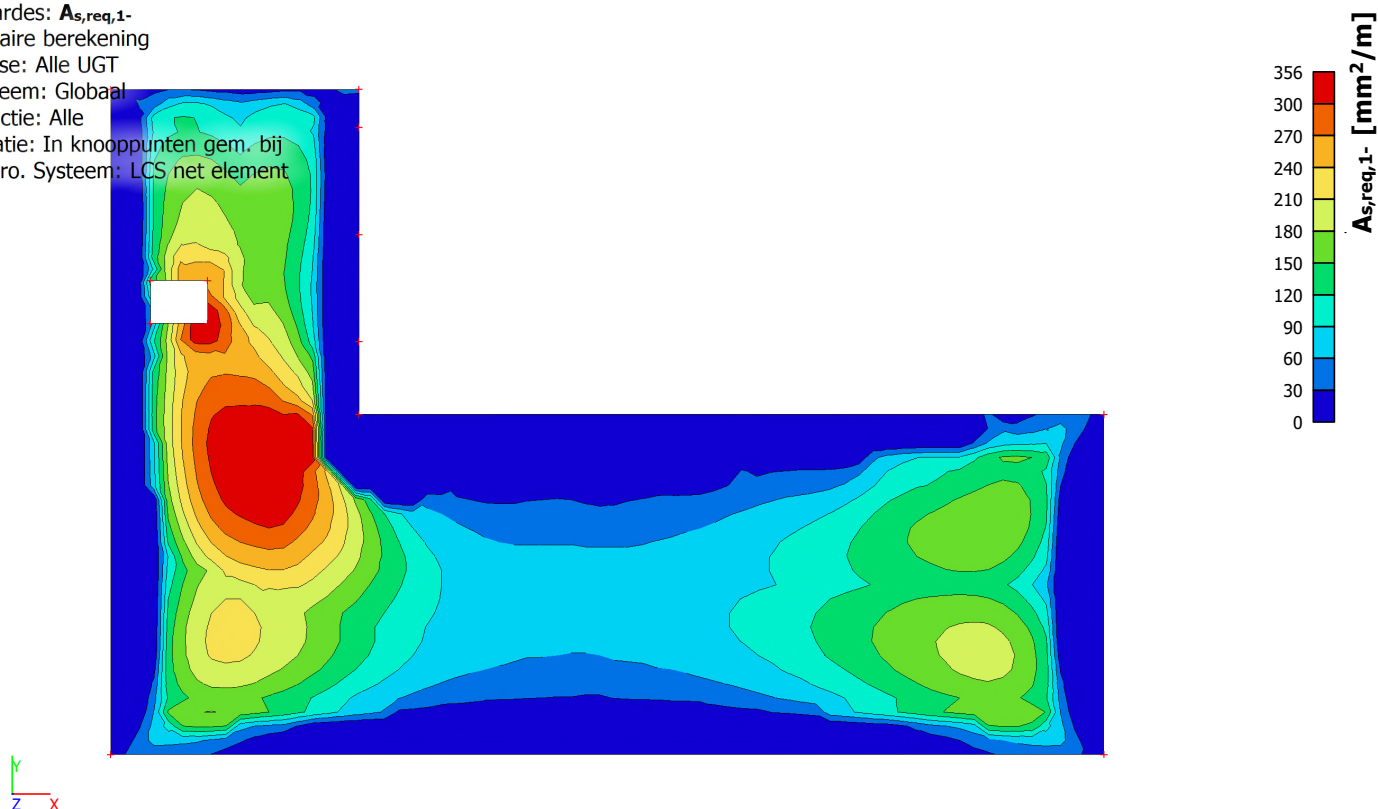
Klasse: Alle UGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

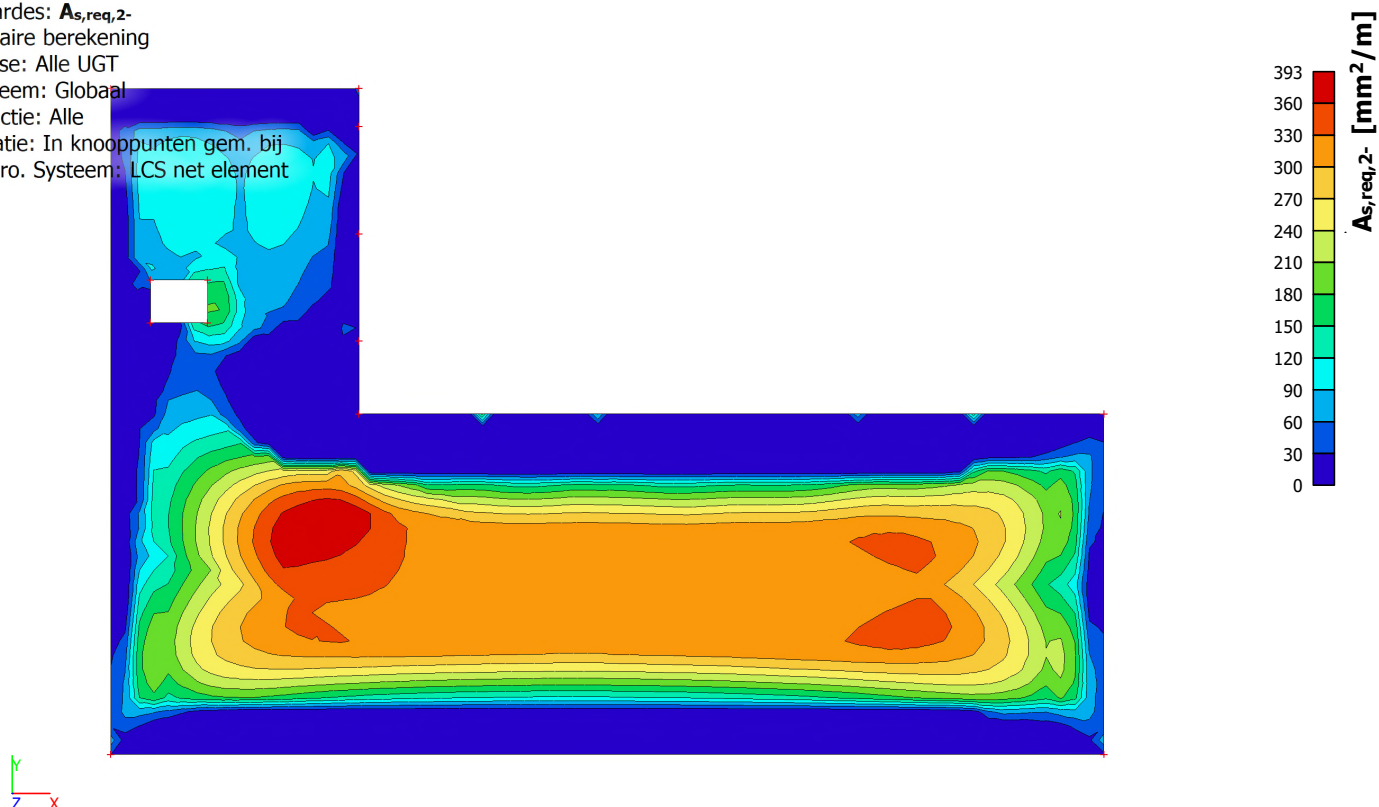
Locatie: In knooppunten gem. bij

macro. Systeem: LCS net element



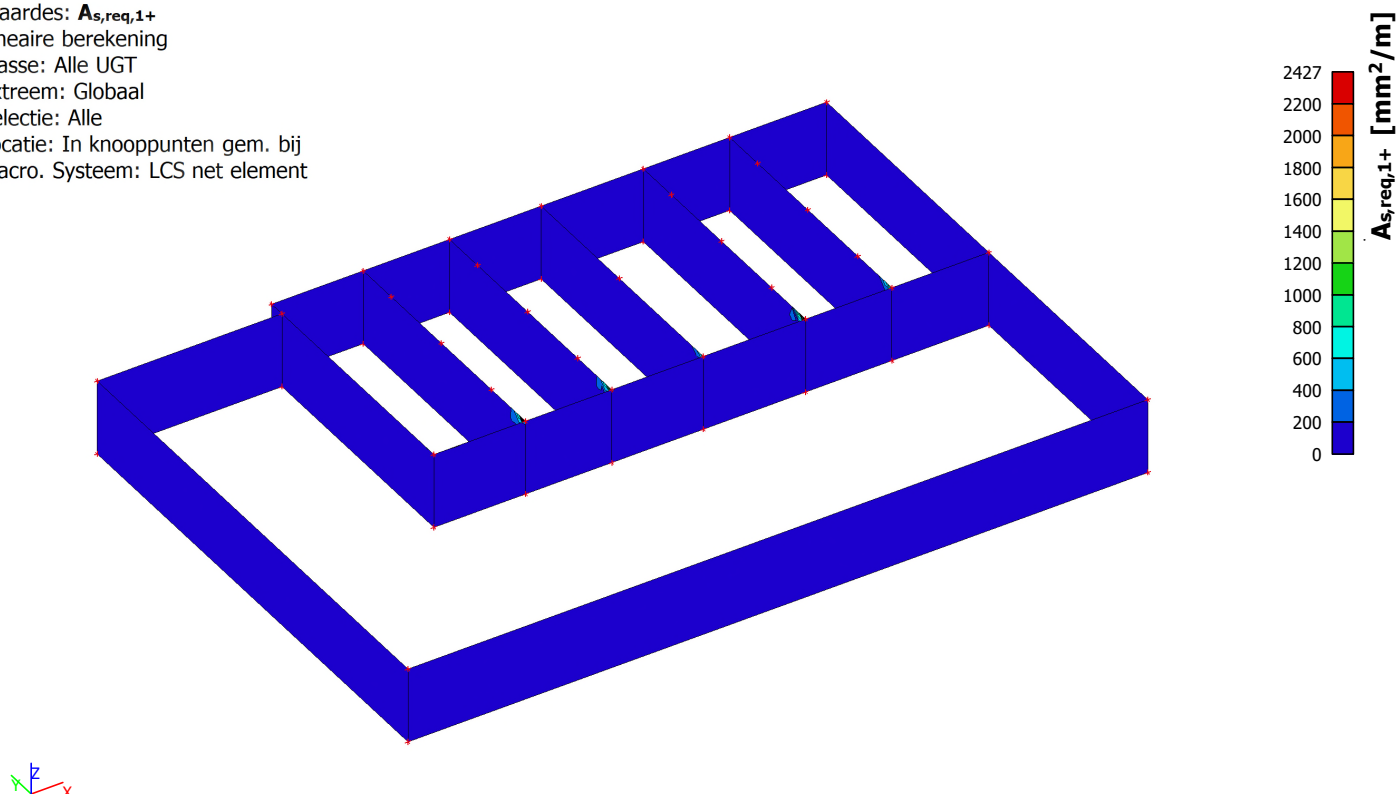
7.5. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2-}$

Waardes: $A_{s,req,2-}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



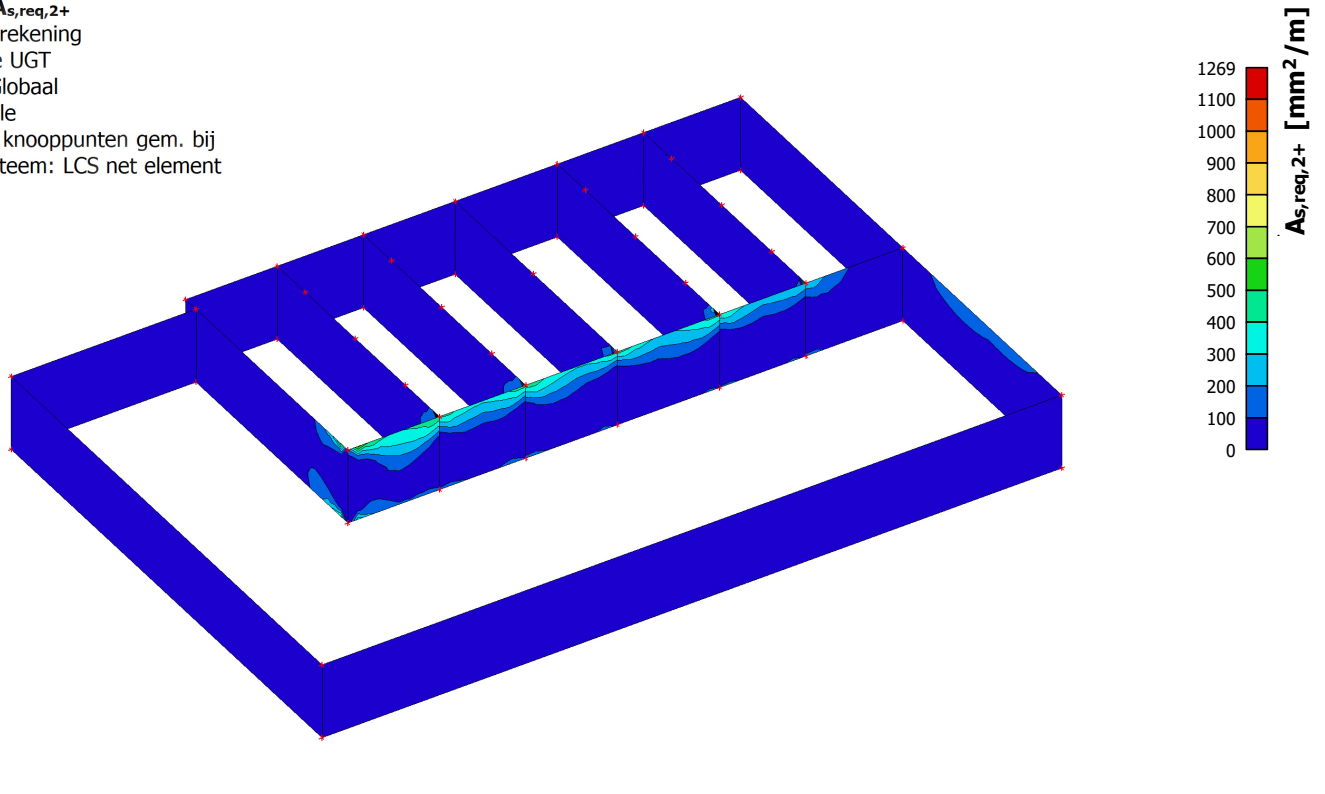
7.6. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1+}$

Waardes: $A_{s,req,1+}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



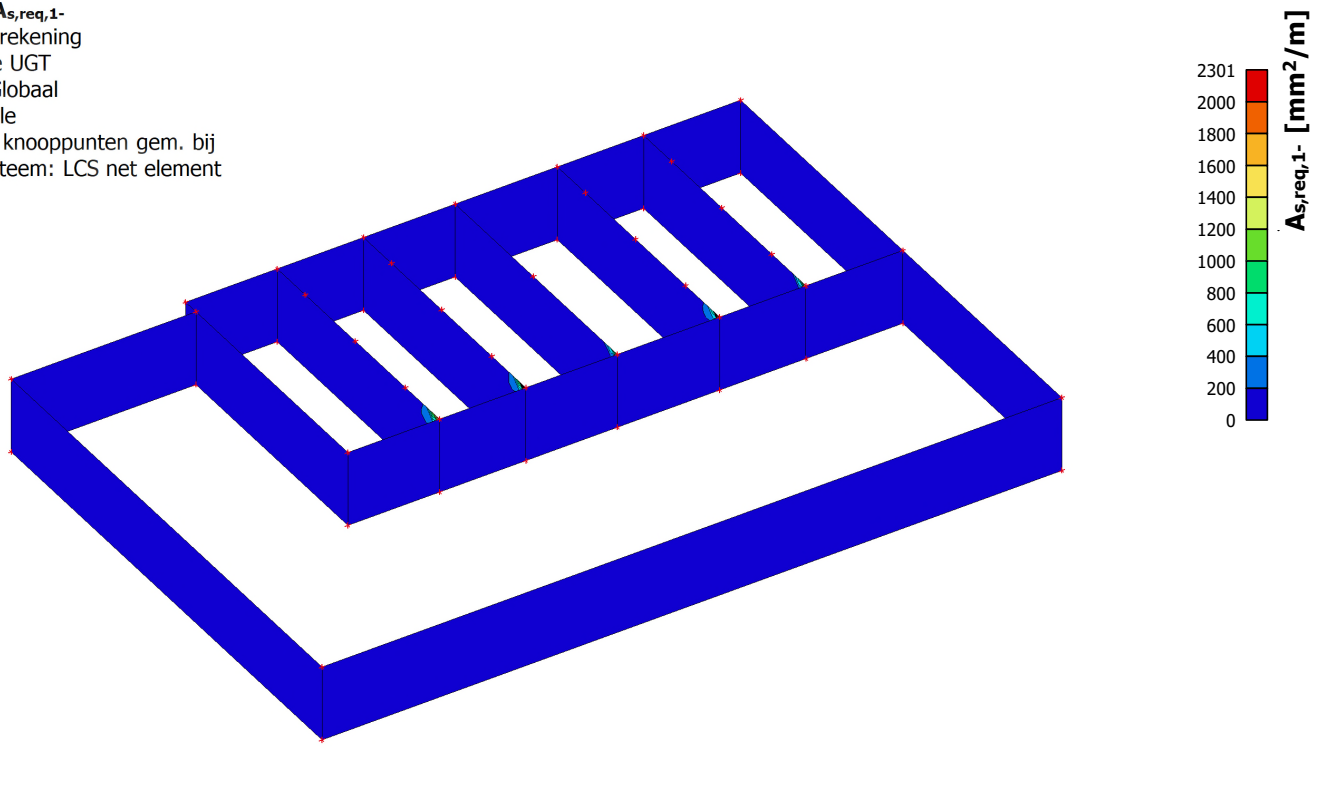
7.7. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2+}$

Waardes: $A_{s,req,2+}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



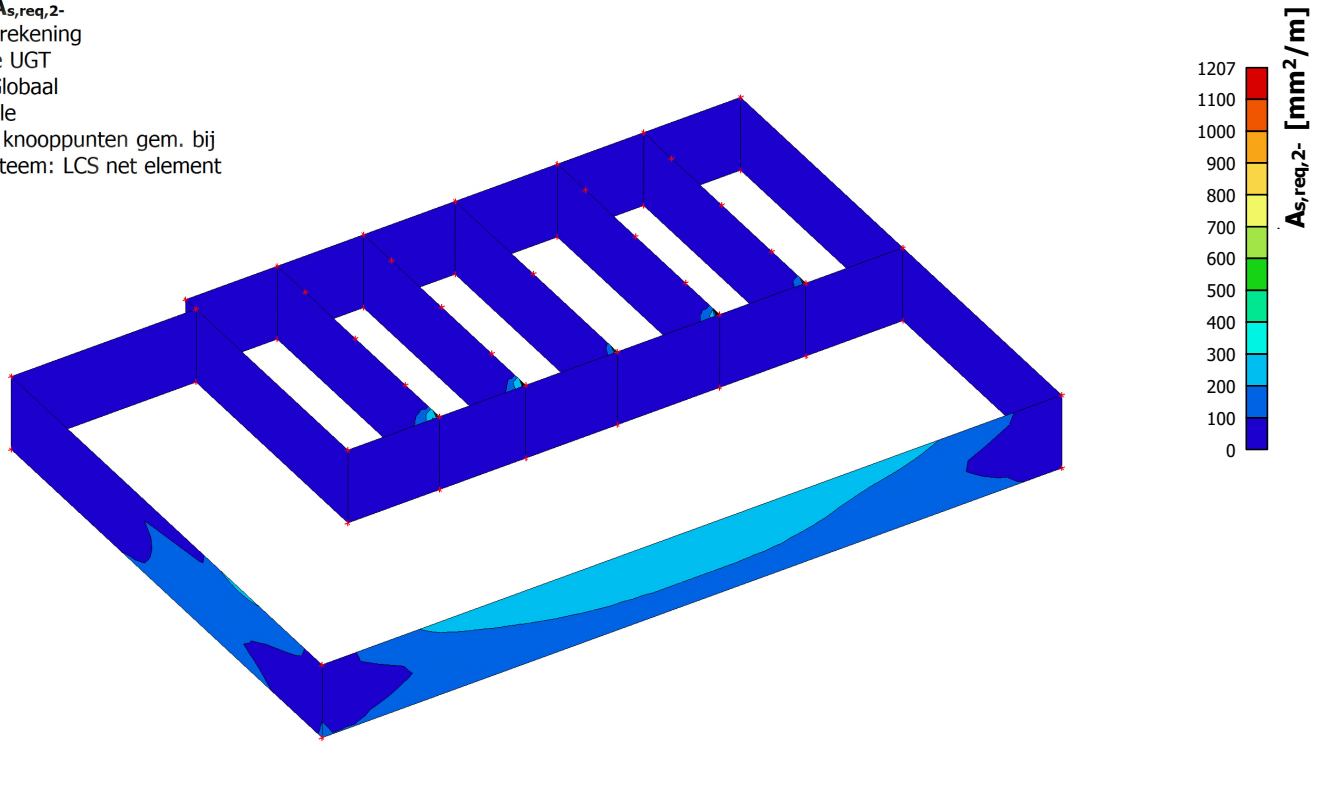
7.8. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1-}$

Waardes: $A_{s,req,1-}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



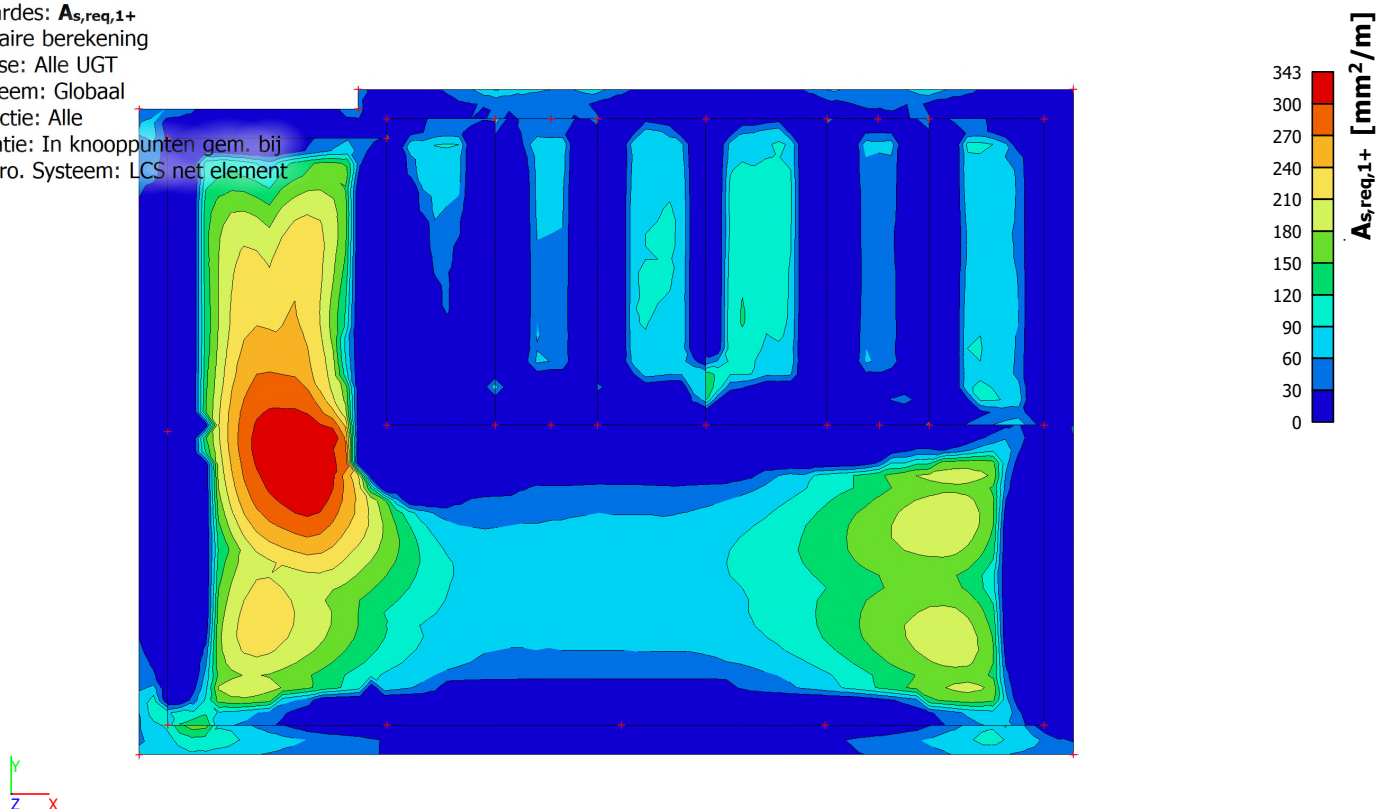
7.9. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2-}$

Waardes: $A_{s,req,2-}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



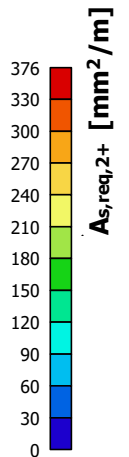
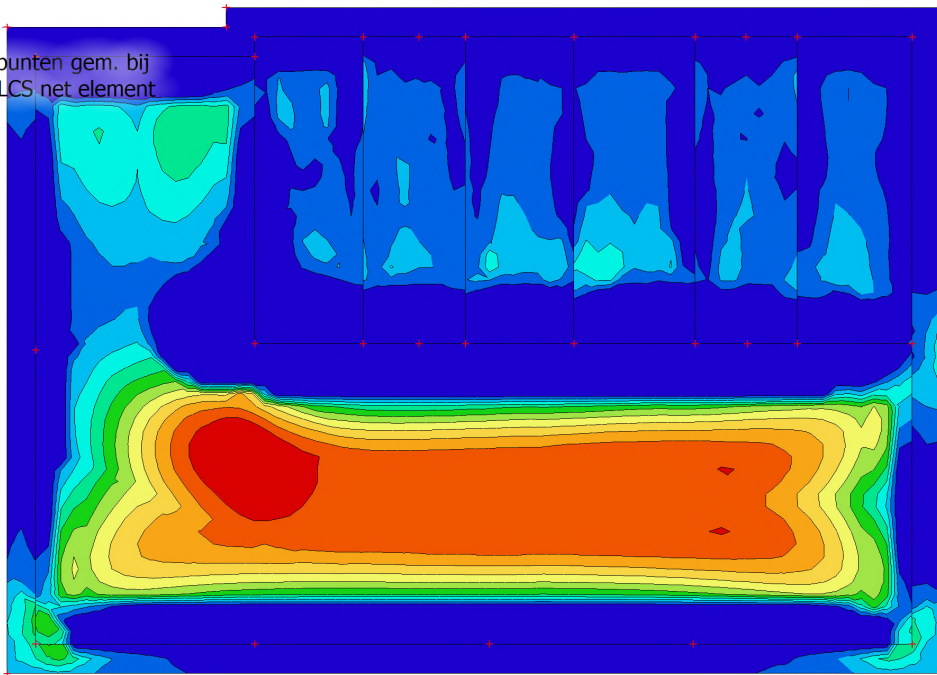
7.10. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1+}$

Waardes: $A_{s,req,1+}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



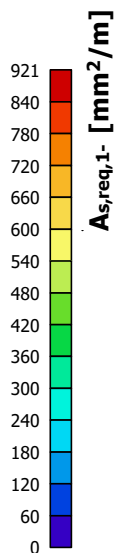
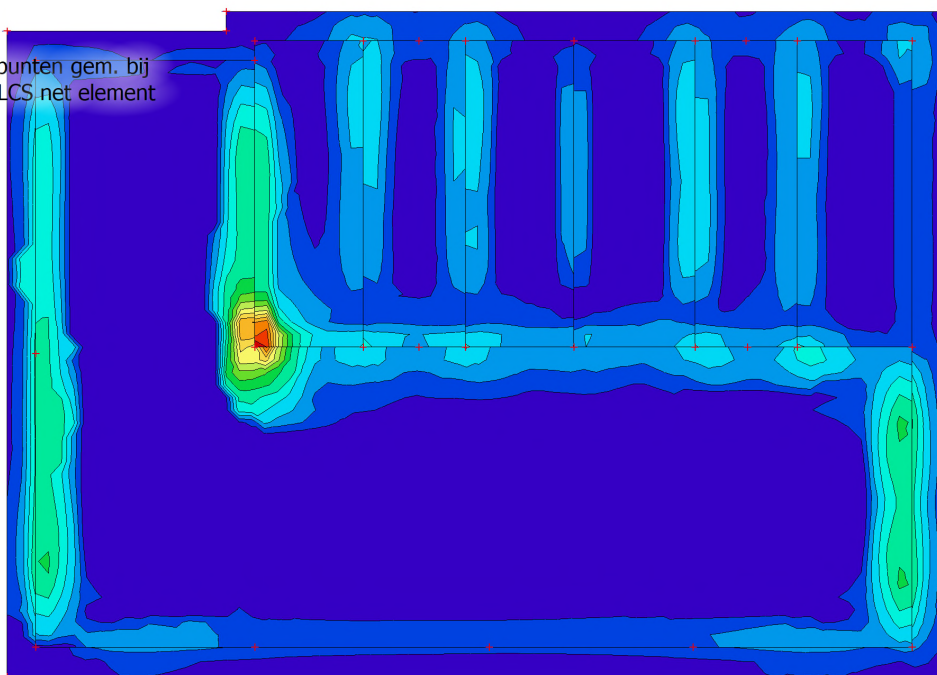
7.11. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2+}$

Waardes: $A_{s,req,2+}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



7.12. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,1-}$

Waardes: $A_{s,req,1-}$
Lineaire berekening
Klasse: Alle UGT
Extreem: Globaal
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



7.13. Wapeningsontwerp (UGT+BGT); $A_{s,req,2}$ -

Waardes: $A_{s,req,2}$ -

Lineaire berekening

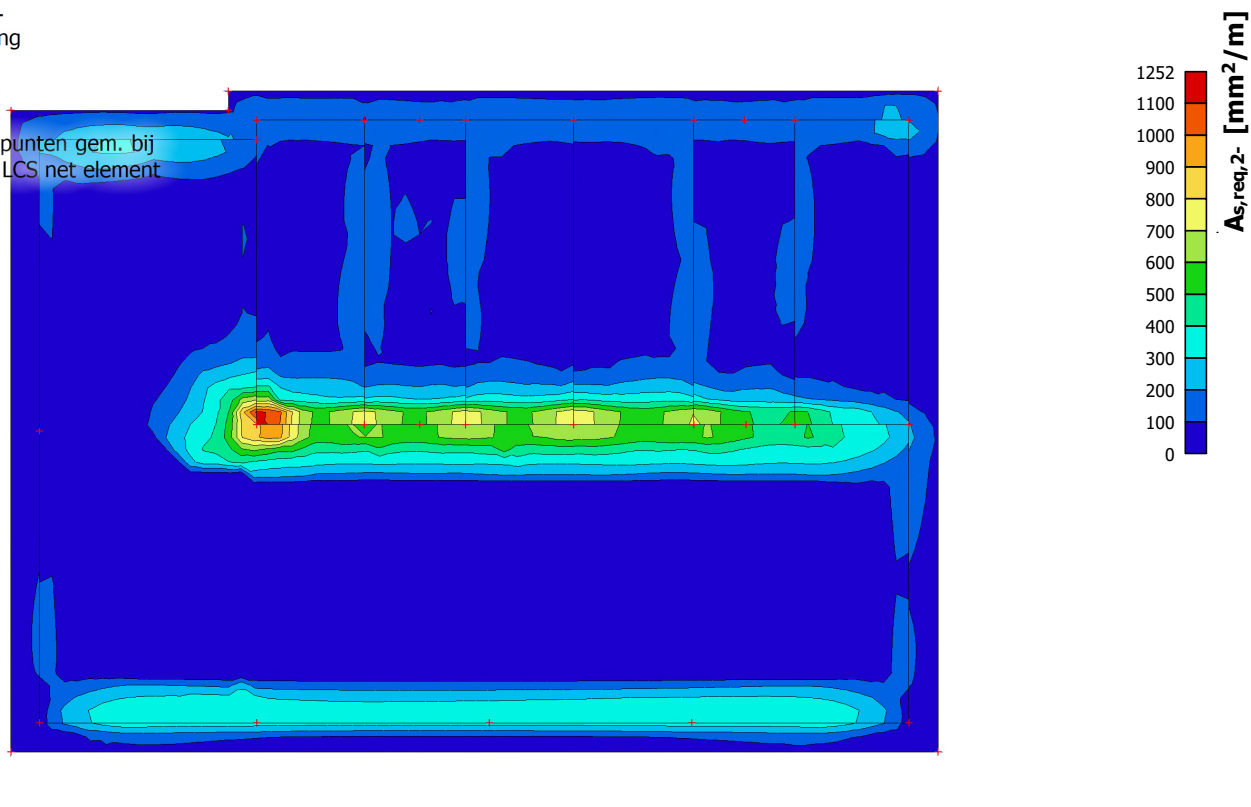
Klasse: Alle UGT

Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Locatie: In knooppunten gem. bij

macro. Systeem: LCS net element



Bijlage 2 : Excel Uitvoer



tabel 4.1	$z_{\min}$	=	minimum waarde hoogte	=	1,00	4	=	4	m
4.3.2	z_0	=	ruwheidslengte (vlgs bijlage)	=	1,00	0,2	=	0,2	m
	$z_{0,II}$	=	ruwheidslengte	=	1,00	0,05	=	0,05	m
7.2.2	z_e	=	minimum rekenwaarde hoogte	=	1,00	5,7	=	5,7	m
	z	=	maatgevende rekenwaarde hoogte boven terrein	=			=	5,7	m

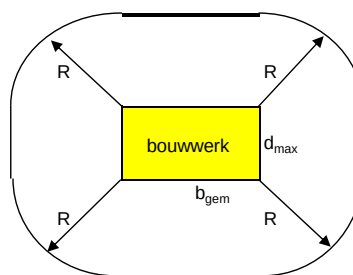
art. 4.3.2. terreinruwheid

berekening ruwheidslengte tbv bepaling bebouwde of onbebouwde omgeving

volg nr	h_i m	A_i m^2	$h_i \times A_i$ m^3
1	1	2	2
2	3	4	12
3			0
4			0
5			0
6			0
7			0
8			0
9			0
10			0
11			0
12			0
13			0
14			0
15			0
Σ	4	6	14

dit is het oppervlak en hoogte van het beschouwde bouwwerk

figuur NB.3 gebied en sectoren rondom een bouwwerk



$$\alpha = \text{bebouwingsdichtheid} = \frac{\Sigma \text{bebouwde} + \text{overbouwde terreinoppervlak}}{\text{totaal terreinoppervlak}} = 0,1$$

tabel NB.4 afstand R

$h \leq 10$	vaste waarde			=	500	m
$10 < h < 100$	$50 h$	50	5,7	=	285	m
$h > 100$	vaste waarde			=	5000	m
maatgevende lengte voor de straal R	met $h =$	5,7		R =	500	m

berekening totaal oppervlak dat beschouwd moet worden

oppervlak I	bouwwerk	14,4	9,6	=	138,24	
oppervlak II	$2 \cdot L \cdot R$	2	14,4	500	=	14400
oppervlak III	$2 \cdot B \cdot R$	2	9,6	500	=	9600
oppervlak IV	πR^2	π	500	500	=	785398
			ΣO_i	=	809536	m^2

$$\text{bebouwingsdichtheid} \quad \alpha = \frac{\Sigma A_i}{\Sigma O_i} = 0,10$$

$$\text{gemiddelde bouwwerchoogte in gebied } \Sigma O_i \quad h_m = \frac{\Sigma h_i A_i}{\Sigma A_i} = \frac{14}{6} = 2,33 \text{ m}$$

$$(NB 4.1) \text{ ruwheidslengte} \quad z_0 = 0,5 \cdot \alpha \cdot h_m = 0,5 \cdot 0,10 \cdot 2,33 = 0,12 \text{ m}$$

bij windbelasting op bouwwerken mag zijn uitgegaan van : **onbebouwde omgeving (terreincategorie II)**

**art. 4.4 windturbulentie**

4.4 turbulentie-intensiteit

$$(4.7) \quad I_{v(z)} = \frac{k_i}{1} / \frac{C_{0(z)}}{1} \ln \left(\frac{z}{5,7} / \frac{z_0}{0,2} \right) = 0,299 \quad -$$

art. 4.5 extreme stuwdruk

4.5 stuwdruk

$$(4.8) \quad q_{p(z)} = \left(1 + 7 I_{v(z)} \right) \frac{1}{2} \rho v_{m(z)}^2$$

$$q_{p(z)} = \left(1 + 7 \cdot 0,299 \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 17,2^2 = 570 \text{ N/m}^2$$

art. 7.2 drukcoëfficiënten voor gebouwen

$$b_{\text{gem}} = \text{gebouwbreedte loodrecht op windrichting} = 14,4 \text{ m}$$

$$d_{\text{max}} = \text{gebouwdiepte evenwijdig aan windrichting} = 9,6 \text{ m}$$

$$h_{\text{max}} = \text{gebouwhoogte} = 5,7 \text{ m}$$

art. 7.2.1 figuur 7.2 uitwendige drukcoëfficiënt voor gebouwen bij een oppervlak tussen 1 en 10 m²

zone in gebouw		A zijgevel, eerste zone	
A= door wind belast oppervlak		=	10 m ²
b _{gem} = totale gebouwbreedte		=	14,4 m
d _{max} = diepte in windrichting		=	9,6 m
h _{max} = totale gebouwhoogte		=	5,7 m
c _{pe} = c _{pe,1} - (c _{pe,1} - c _{pe,10}) log A	= -1,4 - (-1,4 - -1,2) log 10	=	-1,20 -
e = kleinste waarde van e=b of e=2h	b= 14,4 2h= 11,4	=	11,40 m
lengte van de zone A zijgevel, eerste zone		=	2,28 m
c _{pe10} vormfactor op 10m ²		=	-1,20 -
c _{pe1} vormfactor op 1m ²		=	-1,40 -

de uitwendige coëfficiënt combineren met **overdruk!**

art. 7.2.2 verticale gevels van gebouwen met rechthoekige plattegrond

figuur 7.4

referentiehoogte afhankelijk van h en b
en bijbehorende profiel van de stuwdruk

linker figuur is het aanzicht van het gebouw
rechter figuur is de schematische weergave van het verloop van de stuwdruk over de gebouwhoogte h



art. 7.5 wrijvingscoëfficiënten

oppervlak dak

oppervlak gevels

afstand 2b	2	*	14,4
------------	---	---	------

afstand 2h	2		14,1
afstand 4h	4	*	5,7

lengte waarover GEEN wrijving op gevels en daken gerekend wordt: 2b of 4h

wrijving op dakvlak

wrijving op gevelvlak

	=	ruw
	=	zeer ruw
	=	28,8 m
	=	22,8 m
	=	22,8 m
$C_{fr,dak}$	=	0,02 -
$C_{fr,gevel}$	=	0,04 -

figuur 7.5

art. 7.2.3 platte daken figuur 7.6 windzuiging op zijgevels

art. 7.2.2 (3) opmerking

$$h/d = 5,7 / 9,6 = 0,59$$

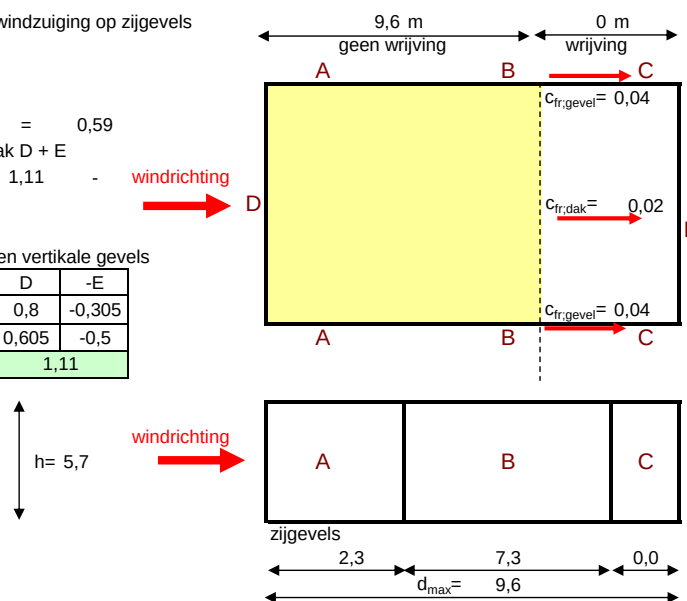
totale winddruk+windzuiging op vlak D + E

0,85 (0,8 - -0,50) = 1,11 - windrichting

tabel NB.6 - 7.1 uitwendige drukcoëfficiënten verticale gevels

zone	gebied	-A	-B	-C	D	-E
1	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	0,8	-0,305
2	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	0,605	-0,5
3	C _{pe,10}	-1,2	-0,8	n.v.t.	1,11	

er moeten 3 situaties worden bekeken



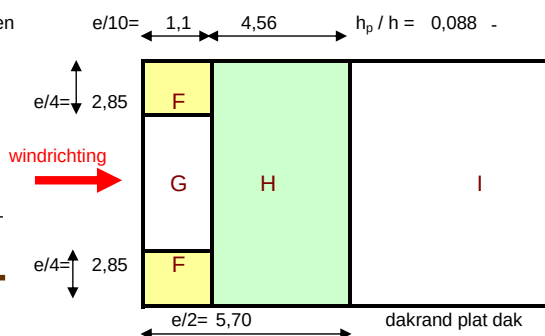
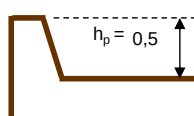
art. 7.2.3 platte daken

tabel 7.2 NB uitwendige drukcoëfficiënten voor platte daken

hoogte dakrand (m)			$h_p = 0,5$ m		
zone	-F	-G	-H	-I	+I
$C_{pe,10}$	-1,249	-0,825	-0,7	-0,2	0,2

$$e:\text{minimum } b_{\text{gem}} \text{ en } h_{\text{max}} = 11,4 \text{ m}$$

voor gekromde daken en mansardedaken gelden andere waarden zie tabel 7.2



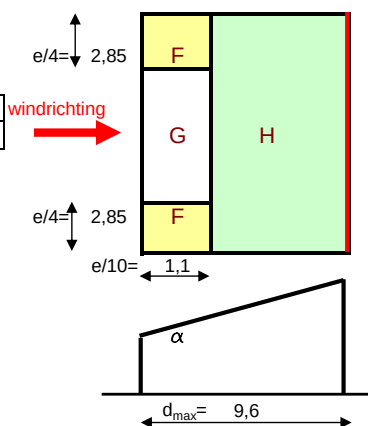
art. 7.2.4 lessenaardaken

tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

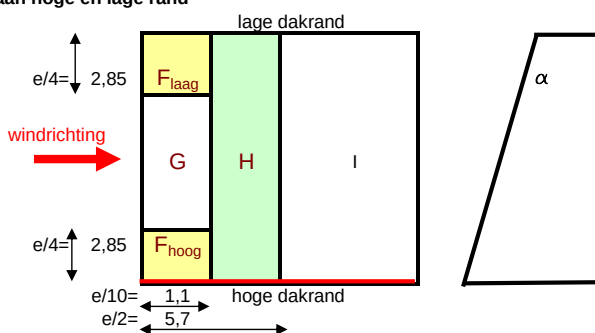
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

tabel 7.3b lessenaardak; 90 graden; wind evenwijdig aan hoge en lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F_{hoog}	F_{laag}	G	H	I
$C_{pe,10}$	-2,30	-1,50	-1,77	-0,87	-0,73

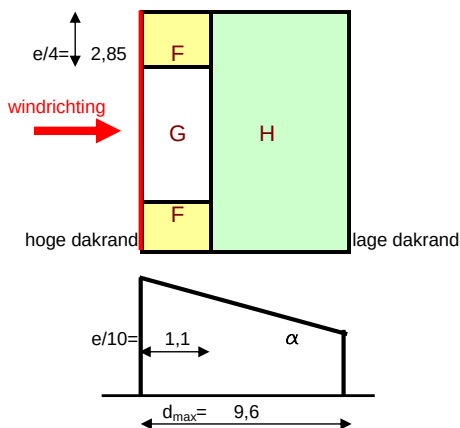
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

tabel 7.3a lessenaardak; 180 graden; wind loodrecht op de hoge rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H		
$C_{pe,10}$	-2,03	-1,13	-0,87		

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

art. 7.2.5 zadeldaken

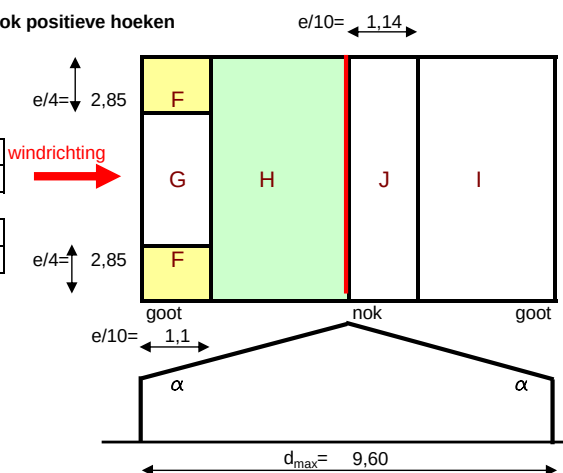
tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok positieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

zone	-I	+I	-J	+J		
$C_{pe,10}$	-0,40	0,00	-0,83	0,00		

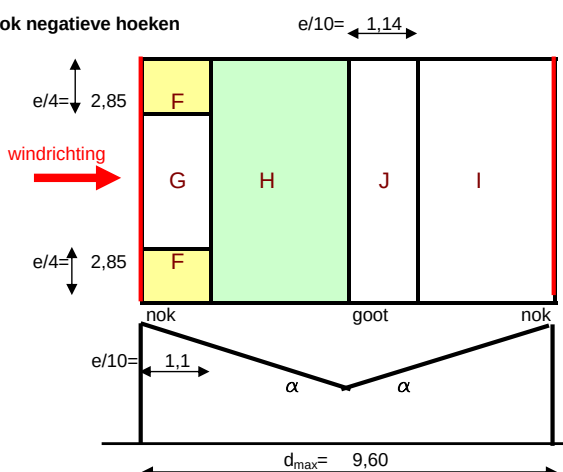
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok negatieve hoeken

dakhelling α = 10 graden

rekenhoek = -10 graden

zone	-F	-G	-H	-I	
$C_{pe,10}$	-2,40	-1,25	-0,85	-0,55	

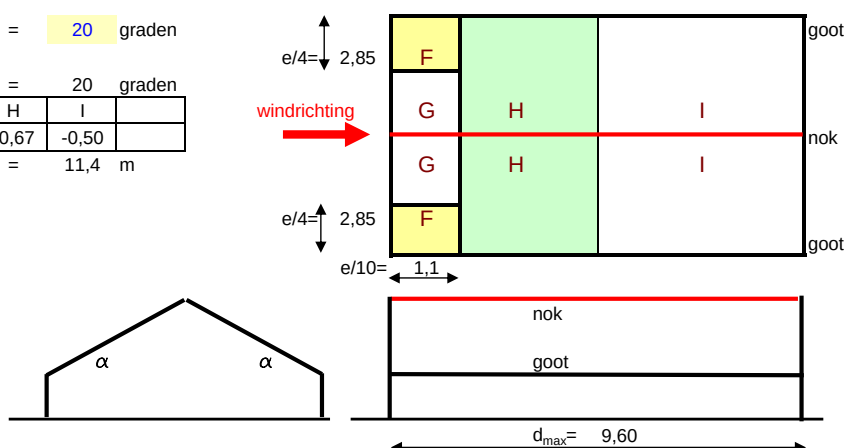
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok positieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,23	-1,33	-0,67	-0,50	

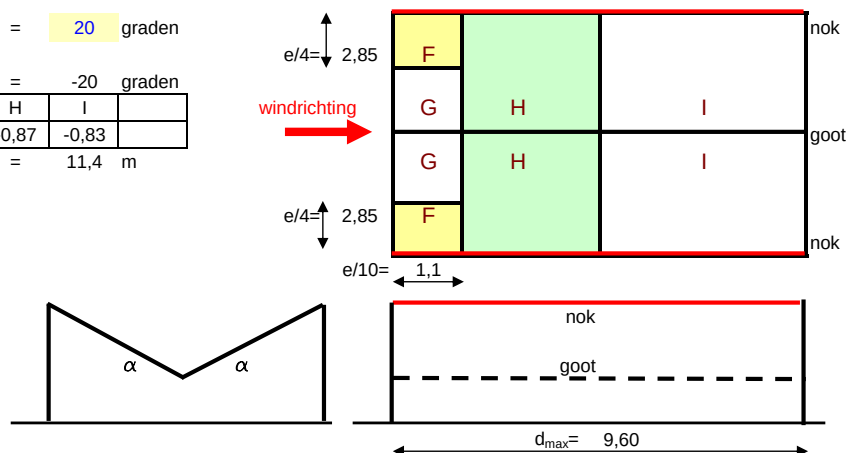
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok negatieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = -20 graden

zone	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,77	-1,20	-0,87	-0,83	

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

art. 7.2.6 schilddaken

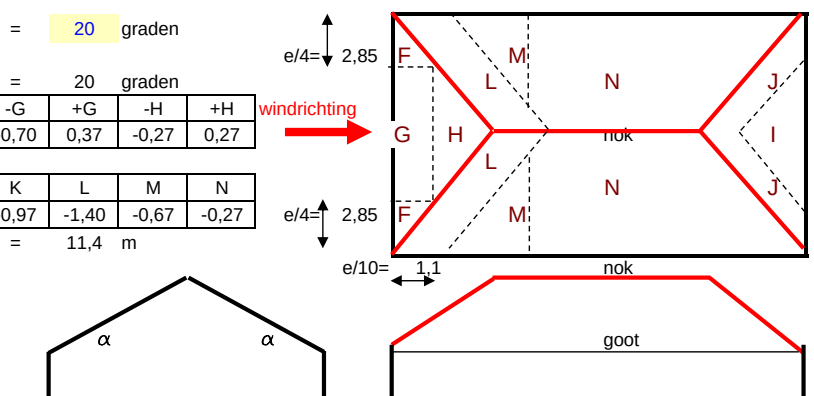
tabel 7.5 schilddak; 0 en 90 graden; wind loodrecht of evenwijdig aan de nok

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

gebied	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,30	-0,70	0,37	-0,27	0,27

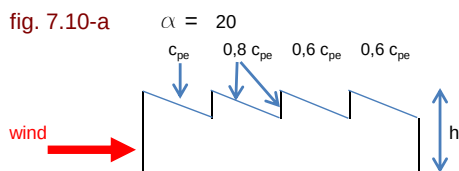
gebied	I	J	K	L	M	N
$C_{pe,10}$	-0,47	-0,90	-0,97	-1,40	-0,67	-0,27

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 11,4 m

art. 7.2.7 geschakelde daken

- (1) drukcoëfficiënten voor lessenaardaken volgens art. 7.2.4
drukcoëfficiënten voor zadeldaken volgens art. 7.2.5
 - (2) zones F / G / J behoren alleen te zijn beschouwd voor het vlak aan loefzijde (op de wind)
 - (3) zones H en I behoren te zijn beschouwd voor elk vlak van het geschakelde dak
de referentiehoogte z_e is gelijk aan de nokhoogte
- opmerking 1** in configuratie b behoren twee gevallen te zijn beschouwd afhankelijk van het teken op het eerste dakvlak
opmerking 2 in configuratie c is de eerste c_{pe} de c_{pe} van het lessenaardak ; alle andere zijn van het zadeldak

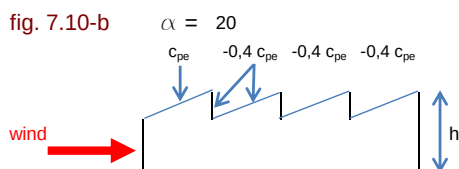
fig. 7.10-a



tabel 7.3a lessenaardak; 180 graden; wind loodrecht op de hoge rand

	F	G	H
c_{pe} =	-2,03	-1,13	-0,87
$0,8c_{pe}$ =	-1,63	-0,91	-0,69
$0,6c_{pe}$ =	-1,22	-0,68	-0,52
$0,6c_{pe}$ =	-1,22	-0,68	-0,52

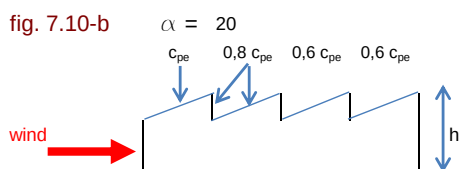
fig. 7.10-b



tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$-0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11
$0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11
$-0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11

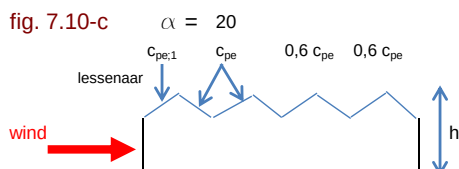
fig. 7.10-b



tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$0,8c_{pe}$ =	-0,61	0,29	-0,56	0,29	-0,21	0,21
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16

fig. 7.10-c

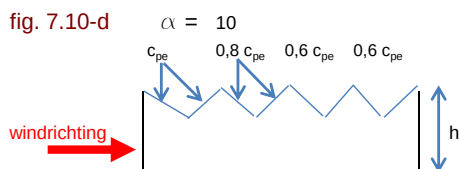


tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok positieve hoeken

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$c_{pe,1}$ =	factoren eerste dakvlak zijn ontleend aan lessenaardaken					
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16

	-I	+I	-J	+J
$c_{pe,1}$ =	overige factoren zijn ontleend aan zadeldaken			
c_{pe} =	-0,40	0,00	-0,83	0,00
$0,6c_{pe}$ =	-0,24	0,00	-0,50	0,00
$0,6c_{pe}$ =	-0,24	0,00	-0,50	0,00

fig. 7.10-d



tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok negatieve hoeken

	-F	-G	-H	-I	+I	-J	+J
c_{pe} =	-2,40	-1,25	-0,85	-0,55	0,10	-0,65	0,10
$0,8c_{pe}$ =	-1,92	-1,00	-0,68	-0,44	0,08	-0,52	0,08
$0,6c_{pe}$ =	-1,44	-0,75	-0,51	-0,33	0,06	-0,39	0,06
$0,6c_{pe}$ =	-1,44	-0,75	-0,51	-0,33	0,06	-0,39	0,06

**art. 7.2.9 inwendige druk**

wanneer in tenminste 2 gevels meer dan 30% openingen zitten, dan gelden de regels uit paragraaf 7.3. en 7.4

oppervlak van openingen en lekken in de beschouwde gevel

$$A_{\text{dominant}} = 50 \text{ m}^2$$

oppervlak van openingen en lekken in de overige gevels

$$A_{\text{overige gevels}} = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{verhouding } A_{\text{dominant}} / A_{\text{overige zijden}} = 50 / 20 = 2,50 -$$

de openingen in de beschouwde gevel moet worden beschouwd als **dominant**

waarde van uitwendige drukcoëfficiënt tpv opening in dominante zijde

$$c_{pe} = -0,7$$

Σ oppervlakte van openingen met $c_{pe} \leq 0.0$

$$= 50 \text{ m}^2$$

Σ oppervlakte van alle openingen

$$= 70 \text{ m}^2$$

verhoudingsgetal

$$f_l = 50 / 70$$

$$= 0,71$$

gebouwdiepte

$$d_{\text{max}} = 9,6 \text{ m}$$

gebouwhoogte

$$h_{\text{max}} = 5,7 \text{ m}$$

verhoudingsgetal

$$h/d = 5,7 / 9,6$$

$$= 0,59 -$$

art. 7.2.9 inwendige druk figuur 7.13**bouwwerk zonder dominante openingen**

$$\text{als } h/d \leq 0,25 \quad c_{pi} = 0,35 - (0,7143 - 0,33) / (0,9 - 0,33) * (0,35 - 0,3) = -0,09 -$$

$$\text{als } h/d \geq 1 \quad c_{pi} = 0,35 - (0,71 - 0,33) / (0,95 - 0,33) * (0,35 - 0,5) = -0,18 -$$

$$\text{maatgevende waarde voor verhouding } h/d = 0,59 \quad c_{pi} = -0,13 -$$

rekenen met de volgende waarden volgens de Nationale bijlage NB 2011:

$$c_{pi, \text{overdruk}} = 0,20$$

$$c_{pi, \text{onderdruk}} = -0,3$$

indien c_{pi} volgens figuur 7.13 ligt in het interval $-0,3 < c_{pi} < 0,2$ moet voor c_{pi} zowel $-0,3$ als $0,2$ zijn gehanteerd

art. 7.2.9 (5)**bouwwerk met dominante openingen**

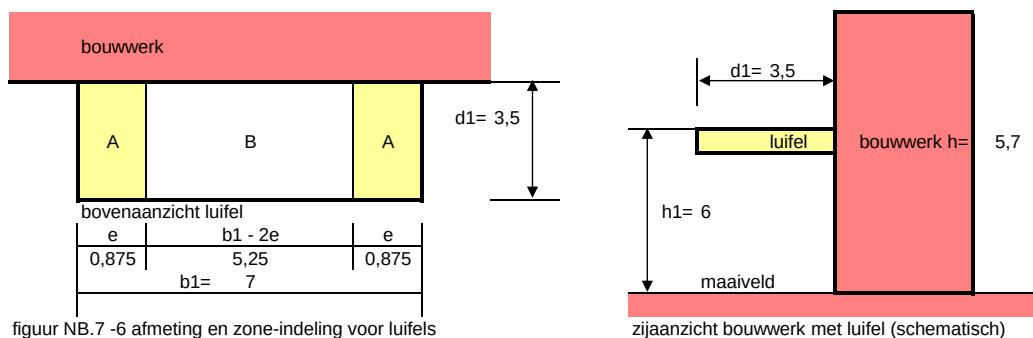
$$(7.1) \quad \text{als } A_{\text{dominant}} \text{ twee maal } A_{\text{overige zijden}} \quad c_{pi} = 0,75 * -0,7 = -0,53$$

$$(7.2) \quad \text{als } A_{\text{dominant}} \text{ drie maal } A_{\text{overige zijden}} \quad c_{pi} = 0,9 * -0,7 = -0,63$$

rekenen met de volgende waarden

$$c_{pi, \text{overdruk}} = -0,58$$

art. 7.2.12 aan gebouwen bevestigde luifels



breedte overkapping	b1	=	7	m	bouwwerkhoogte h	=	5,70	m
diepte overkapping	d1	=	3,5	m	stuwdruk $q_{p(z)}$	=	0,57	kN/m ²
hoogte overkapping vanaf maaiveld	h1	=	6	m				
eigen gewicht overkapping	g	=	0,4	kN/m ²				
belastingfactor veranderlijke belasting	γ_q	=	1,35	-				

verhouding h1 / h	=	6	/	5,7	=	1,05	-	nettodrukcoëfficiënten $c_{p,net}$ zone A
afgerond h1 / h	=				=	1,10	-	neerwaarts = 0,70 -
maat e = min d1/4 ; h en	=				=	0,875	m	opwaarts = -2,14 -
maat b1 - 2e	=	7	- 2 *	0,875	=	5,25	m	nettodrukcoëfficiënten $c_{p,net}$ zone B
totaal oppervlak b1 * d1	=				=	24,5	m ²	neerwaarts = 0,30 -
verhouding h1/d1	=	6	/	3,5	=	1,71	-	opwaarts = -1,69 -

fragment tabel NB16-8 nettodruk voor luifels

h1 / h	zone A				zone B			
	neerwaarts		opwaarts		neerwaarts		opwaarts	
		h1/d1<=	h1/d1>=	h1/d1		h1/d1<=	h1/d1>=	waarde
		1	3,5	1,71		1	3,5	1,71
1,1	0,7	-2	-2,5	-2,14	0,3	-1,6	-1,9	-1,69

belastingen tgv wind	zone A	zone B							
neerwaarts	(2 0,875 3,5 0,7	+ 5,25 3,5 0,3	)	0,5701	=	5,59	kN		
opwaarts	(2 0,875 3,5 -2,14	+ 5,25 3,5 -1,69	)	0,5701	=	-25,14	kN		
gunstig werkende neerwaartse eigen gewicht	3,5 7	0,4			=	9,80	kN		
resulterende opwaartse kracht totale dak	1,35 -25,14	+ 0,9 9,8			=	-25,12	kN		
gemiddelde windzuiging op totale dakvlak	-25,12 / (7 3,5	)			=	-1,03	kN/m ²		

art. 7.4 vrijstaande wanden, borstweringen, schermen en reclameborden

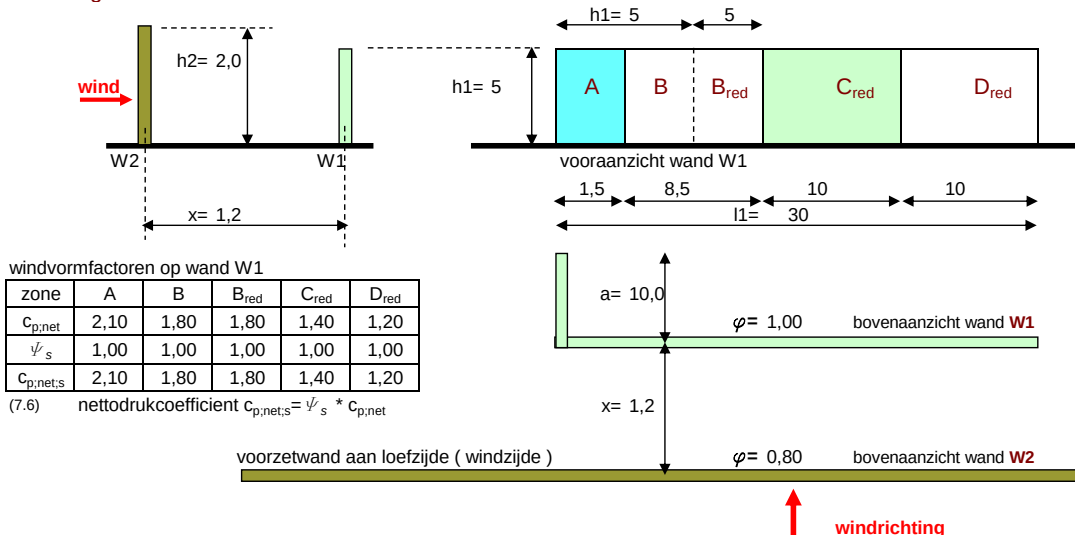
lengte wand W1	l1= 30	m	l1 / h1= 30	/	5	= 6,0
hoogte wand W1	h1= 5	m				
lengte omzetting aan uiteind	a= 10	m	a / h1= 10	/	5	= 2,0
dichtheidsverhouding wand W1	$\varphi_1= 1$	-				

art. 7.4.2 beschuttingsfactoren voor wanden en schermen

gegevens eventuele voorzetwand **W2** aan loefzijde (= windzijde) tbv berekening beschuttingsfactor ψ_s

hoogte voorzetwand	h2= 2	m				
dichtheidsverhouding wand W2	$\varphi_2= 0,8$	-				
afstand van wand W2 tot wand W1	x= 1,2	m	x / h1 = 1,2	/	5	= 0,2

figuur 7.19 definitie van zones



art. 7.9 cirkelvormige cilinders

diameter cilinder	b= 1	m	stuwdruk op hoogte $z_{(e)}$	$q_p=$	570	N/m ²
hoogte van de cilinder	l= 3	m	piekwindsnelheid			
oppervlaktetype	glad beton		$v(z_e) = v \cdot \sqrt{(2 \cdot q_p / \rho)}$	$\frac{2 \cdot 570}{1,25}$	=	30,2 m/s
som geprojecteerde oppervlakke	A= 3	m ²				

(7.17) indeffectfactor fig. 7.36 $\psi_{\lambda} = 0,63$ -

(7.15) Reynoldsgetal $Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{k}$ / $\frac{v}{b} = 1 \cdot 30,2 / 1,5E-05 = 2,0E+06$ -
 verhouding met ruwheidshoogte $\frac{k}{b} = 0,2 / 1000 = 2,0E-04$ -

uit de combinatie van deze twee waarden volgt de waarde voor $c_{f,0}$ uit berekening (zie ook grafiek 7.28)

linker deel van de grafiek

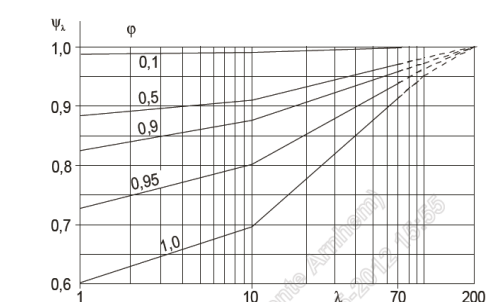
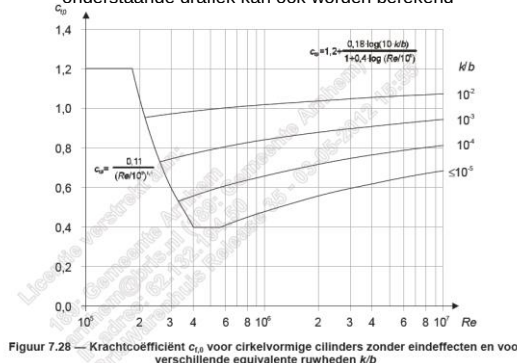
$$c_{f,0} = 0,11 / (Re / 10^6)^{1,4} = \frac{0,11}{(2,0E+06 / 10^6)^{1,4}} = 0,04$$

rechter deel van de grafiek

$$c_{f,0} = 1,2 + \frac{0,18 \log(10 \cdot k / b)}{1 + 0,4 \log(Re / 10^6)} = 1,2 + \frac{0,18 \log(10 \cdot 2,0E-04)}{1 + 0,4 \log 2,01} = 0,77$$

maatgevende waarde krachtfactor $c_{f,0} = 0,77$

onderstaande grafiek kan ook worden berekend





kinematische viscositeit van lucht
ruwheidshoogte

$\nu = 1,5E-05 \text{ m}^2/\text{s}$
 $k = 0,2 \text{ mm}$

(7.14) referentieoppervlak $A_{ref} = \frac{l \cdot b}{3} = \frac{3 \cdot 1}{3} = 1,0 \text{ m}^2$
 slankheid $\lambda = \frac{l}{b} = \frac{3}{1} = 3,0$
 (7.26) de volheidsgraad $\varphi = A / A_c$ $\varphi = \frac{3}{3,0} = 1,0$

uit de combinatie van deze twee waarden volgt de waarde voor ψ_λ uit grafiek figuur 7.36

(7.19) krachtcoëfficiënt fig. 7.28 $C_f = C_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,77 \cdot 0,63 = 0,48$

art. 7.12 - tabel 7.15 krachtcoëfficiënten c_f voor vlaggen

vlagtype:

Vlag vrij wapperend - rechthoekig

lengte in windrichting $l = 3 \text{ m}$ hoogte waarop vlag hangt $z_h = 5,70 \text{ m}$
 hoogte aan de mast $h = 1,5 \text{ m}$ stuwdruk $q_{p(z)} = 0,57 \text{ kN/m}^2$
 massa van de vlag $m_f = 0,3 \text{ kg/m}^2$ oppervlakte van de vlag $A_{ref} = 4,50 \text{ m}^2$
 volumieke massa van lucht $r = 1,25 \text{ kg/m}^3$
 vlagtype 1 $C_f =$ = n.v.t.
 vlagtypen 2 & 3 $C_f = 0,02 + \frac{0,7 m_f}{\rho \cdot h} (A_{ref} / h^2)^{-1,25} = 0,067$
 totale kracht $F = C_f \cdot A_{ref} \cdot q_{p(z)} = 0,07 \cdot 4,50 \cdot 0,570 = 0,17 \text{ kN}$

bijlage A4 invloed van nabij gelegen bouwwerken

afstand te berekenen bouwwerk tot nabijgelegen hoogbouw (voor tekening zie hieronder)

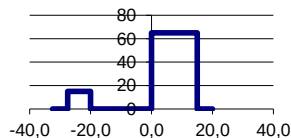
totale hoogte van het te berekenen bouwwerk

gemiddelde hoogte van de omringende laagbouw

hoogte van de nabijgelegen hoogbouw

kleinste breedte van de nabijgelegen hoogbouw

grootste lengte van de nabijgelegen hoogbouw



x =	20	m
h _{low} =	15	m
h _{ave} =	30	m
h _{high} =	65	m
d _{small} =	15	m
d _{large} =	30	m

opmerking: er moet een aparte invloedsberekening gemaakt worden

Invloedsgebied hoogbouw:

als $h_{high} \leq 2 d_{large}$ 65 $\leq$ 60 $r = h_{high}$ $r =$ nvtals $h_{high} > 2 d_{large}$ 65 $>$ 60 $r = 2d_{large}$ $r =$ 60maatgevend $r =$ 60,0 mAan te houden stuwdrukhoogte bij de berekening van het lagere bouwwerk (h_{low}):als $x \leq r$ 20 $\leq$ 60 $z_n = 0,5 r$ $z_n =$ 30als $r < x < 2r$

60

 $<$

20

 $<$

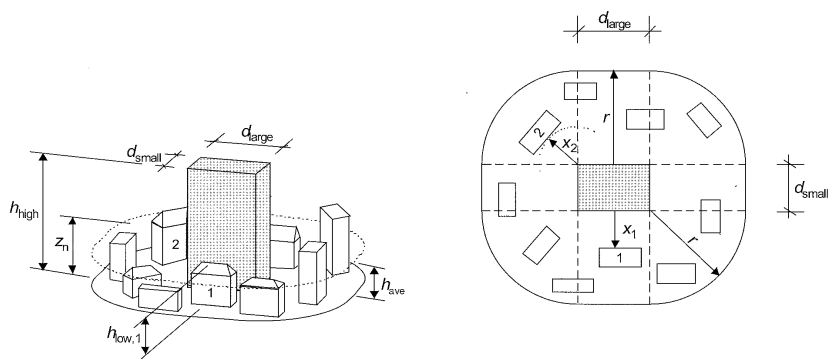
120

 $z_n = 0,5 \left\{ r - \left(1 - \frac{2}{r} h_{low} \right) * (x - r) \right\}$ $z_n = 0,5 \left\{ 60 - \left(1 - \frac{2}{60} 15 \right) * (20 - 60) \right\} =$ nvtals $x \geq 2r$

20

 $\geq$

120

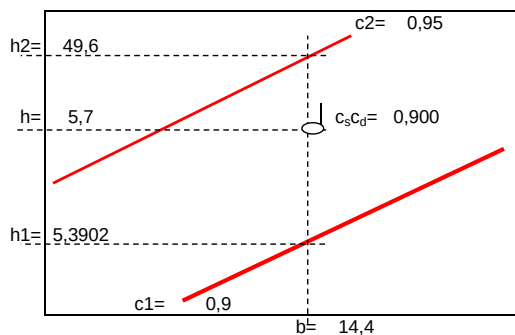
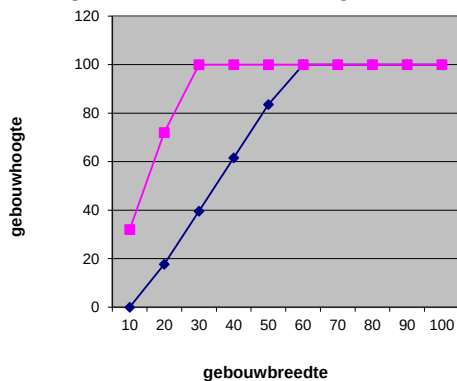
 $z_n = h_{low}$ $z_n =$ nvtmaatgevend $z_n =$ 30,0 m

bijlage D $c_s c_d$ -waarden voor verschillende constructietypen

berekening factor $c_s c_d$ mbv grafieken uit bijlage D

type bouwwerk	fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk		
soort terrein	onbebouwd II		
gebouwbreedte	$b_{gem} = 14,4$ m	$c1 =$	ondergrenslijn waarde $c_s c_d$
gebouwhoogte	$h_{max} = 5,7$ m	$c2 =$	bovengrenslijn waarde $c_s c_d$
		$h1 =$	hoogte bij ondergrens waarde $c_s c_d$
		$h2 =$	hoogte bij bovengrens waarde $c_s c_d$
correctiefactor	$c_s c_d =$ 0,900		

fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk



interpoleren in de grafieken tussen ondergrens en bovengrens

$$c_s c_d = c1 + \frac{h - h1}{h2 - h1} * (c2 - c1)$$

$$c_s c_d = 0,9 + \frac{5,7 - 5,39}{49,6 - 5,39} * (0,95 - 0,9) = 0,90$$

opmerking



tabel 4.1	$z_{\min}$	=	minimum waarde hoogte	=	1,00	4	=	4	m
4.3.2	z_0	=	ruwheidslengte (vlgs bijlage)	=	1,00	0,2	=	0,2	m
	$z_{0,II}$	=	ruwheidslengte	=	1,00	0,05	=	0,05	m
7.2.2	z_e	=	minimum rekenwaarde hoogte	=	1,00	5,7	=	5,7	m
	z	=	maatgevende rekenwaarde hoogte boven terrein	=			=	5,7	m

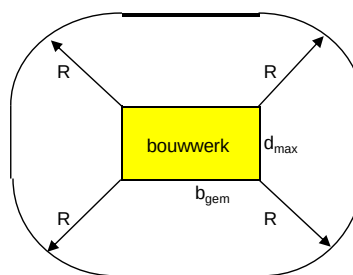
art. 4.3.2. terreinruwheid

berekening ruwheidslengte tbv bepaling bebouwde of onbebouwde omgeving

volg nr	h_i m	A_i m^2	$h_i \times A_i$ m^3
1	1	2	2
2	3	4	12
3			0
4			0
5			0
6			0
7			0
8			0
9			0
10			0
11			0
12			0
13			0
14			0
15			0
Σ	4	6	14

dit is het oppervlak en hoogte van het beschouwde bouwwerk

figuur NB.3 gebied en sectoren rondom een bouwwerk



$$\alpha = \text{bebouwingsdichtheid} = \frac{\Sigma \text{bebouwde} + \text{overbouwde terreinoppervlak}}{\text{totaal terreinoppervlak}} = 0,1$$

tabel NB.4 afstand R

$h \leq 10$	vaste waarde			=	500	m
$10 < h < 100$	$50 h$	50	5,7	=	285	m
$h > 100$	vaste waarde			=	5000	m
maatgevende lengte voor de straal R	met $h =$	5,7		R =	500	m

berekening totaal oppervlak dat beschouwd moet worden

oppervlak I	bouwwerk	9,6	14,4	=	138,24	
oppervlak II	$2 \cdot L \cdot R$	2	9,6	500	=	9600
oppervlak III	$2 \cdot B \cdot R$	2	14,4	500	=	14400
oppervlak IV	πR^2	π	500	500	=	785398
			ΣO_i	=	809536	m^2

$$\text{bebouwingsdichtheid} \quad \alpha = \frac{\Sigma A_i}{\Sigma O_i} = 0,10$$

$$\text{gemiddelde bouwwerhoogte in gebied } \Sigma O_i \quad h_m = \frac{\Sigma h_i A_i}{\Sigma A_i} = \frac{14}{6} = 2,33 \text{ m}$$

$$(NB 4.1) \text{ ruwheidslengte} \quad z_0 = 0,5 \cdot \alpha \cdot h_m = 0,5 \cdot 0,10 \cdot 2,33 = 0,12 \text{ m}$$

bij windbelasting op bouwwerken mag zijn uitgegaan van : **onbebouwde omgeving (terreincategorie II)**

**art. 4.4 windturbulentie**

4.4 turbulentie-intensiteit

$$(4.7) \quad I_{v(z)} = \frac{k_i}{1} / \frac{C_{0(z)}}{1} \ln \left(\frac{z}{5,7} / \frac{z_0}{0,2} \right) = 0,299 \quad -$$

art. 4.5 extreme stuwdruk

4.5 stuwdruk

$$(4.8) \quad q_{p(z)} = \left(1 + 7 I_{v(z)} \right) \frac{1}{2} \rho v_{m(z)}^2$$

$$q_{p(z)} = \left(1 + 7 \cdot 0,299 \right) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 17,2^2 = 570 \text{ N/m}^2$$

art. 7.2 drukcoëfficiënten voor gebouwen

$$b_{\text{gem}} = \text{gebouwbreedte loodrecht op windrichting} = 9,6 \text{ m}$$

$$d_{\text{max}} = \text{gebouwdiepte evenwijdig aan windrichting} = 14,4 \text{ m}$$

$$h_{\text{max}} = \text{gebouwhoogte} = 5,7 \text{ m}$$

art. 7.2.1 figuur 7.2 uitwendige drukcoëfficiënt voor gebouwen bij een oppervlak tussen 1 en 10 m²

zone in gebouw		E achtergevel	
A= door wind belast oppervlak		= 10	m ²
b _{gem} = totale gebouwbreedte		= 9,6	m
d _{max} = diepte in windrichting		= 14,4	m
h _{max} = totale gebouwhoogte		= 5,7	m
c _{pe} = c _{pe,1} - (c _{pe,1} - c _{pe,10}) log A	= -0,5 - (-0,5 - -0,5) log 10	= -0,50	-
e = kleinste waarde van e=b of e=2h	b= 9,6 2h= 11,4	= 9,60	m
lengte van de zone E achtergevel		= 9,60	m
c _{pe10} vormfactor op 10m ²		= -0,50	-
c _{pe1} vormfactor op 1m ²		= -0,50	-

de uitwendige coëfficiënt combineren met **overdruk!**

art. 7.2.2 verticale gevels van gebouwen met rechthoekige plattegrond

figuur 7.4

referentiehoogte afhankelijk van h en b
en bijbehorende profiel van de stuwdruk

linker figuur is het aanzicht van het gebouw
rechter figuur is de schematische weergave
van het verloop van de stuwdruk over de gebouwhoogte h



art. 7.5 wrijvingscoëfficiënten

oppervlak dak

= ruw

oppervlak gevels

= zeer ruw

afstand 2b 2 * 9,6

= 19,2 m

afstand 4h 4 * 5,7

= 22,8 m

lengte waarover GEEN wrijving op gevels en daken gerekend wordt: 2b of 4h

= 19,2 m

wrijving op dakvlak

 $C_{fr,dak} = 0,02$

wrijving op gevelvlak

 $C_{fr,gevel} = 0,04$

figuur 7.5

art. 7.2.3 platte daken figuur 7.6 windzuiging op zijgevels

art. 7.2.2 (3) opmerking

$$h/d = 5,7 / 14,4 = 0,40$$

totale winddruk+windzuiging op vlak D + E

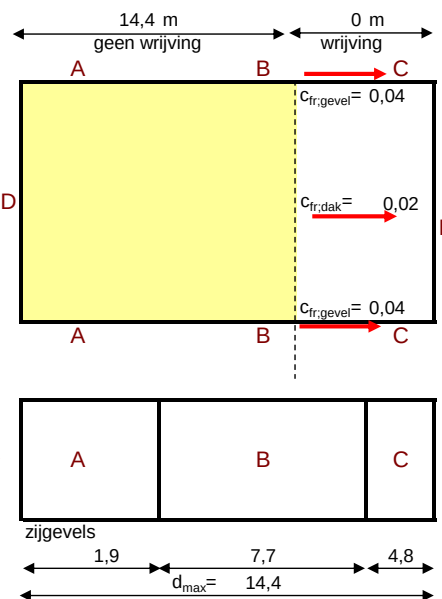
$$0,85 (0,8 - -0,50) = 1,11$$

windrichting

tabel NB.6 - 7.1 uitwendige drukcoëfficiënten verticale gevels

zone	gebied	-A	-B	-C	D	-E
1	$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,305
2	$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	0,605	-0,5
3	$C_{pe,10}$	-1,2	-0,8	-0,5	1,11	

er moeten 3 situaties worden bekeken



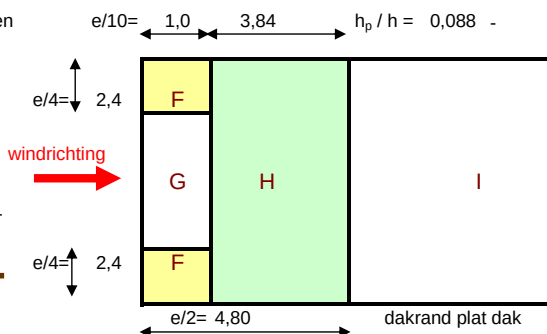
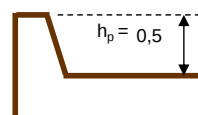
art. 7.2.3 platte daken

tabel 7.2 NB uitwendige drukcoëfficiënten voor platte daken

hoogte dakrand (m)			$h_p =$	0,5	m
zone	-F	-G	-H	-I	+I
$C_{pe,10}$	-1.249	-0.825	-0.7	-0.2	0.2

e: minimum b_{gem} en $h_{max} = 9,6$ m

voor gekromde daken en
mansardedaken gelden andere
waarden zie tabel 7.2



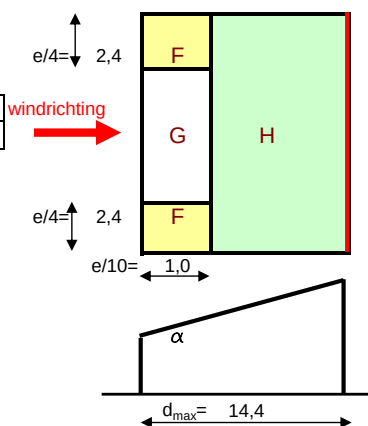
art. 7.2.4 lessenaardaken

tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

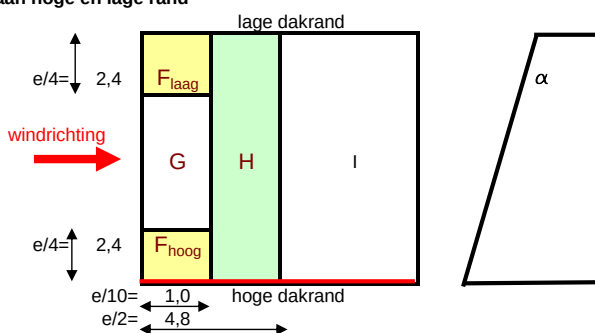
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

tabel 7.3b lessenaardak; 90 graden; wind evenwijdig aan hoge en lage rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F_{hoog}	F_{laag}	G	H	I
$C_{pe,10}$	-2,30	-1,50	-1,77	-0,87	-0,73

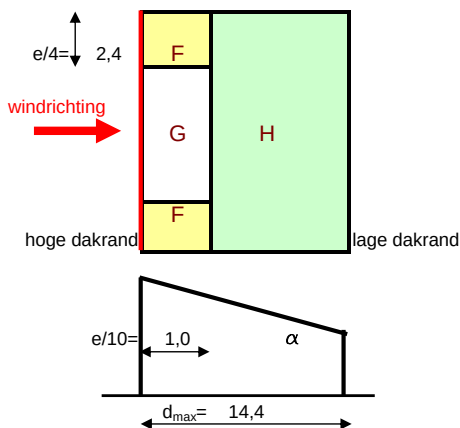
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

tabel 7.3a lessenaardak; 180 graden; wind loodrecht op de hoge rand

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H		
$C_{pe,10}$	-2,03	-1,13	-0,87		

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

art. 7.2.5 zadeldaken

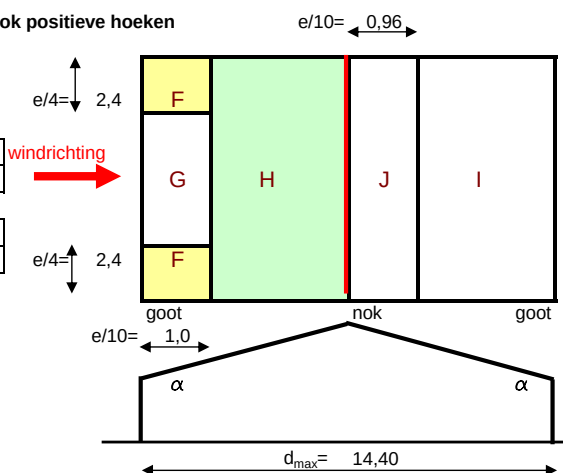
tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok positieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27

zone	-I	+I	-J	+J		
$C_{pe,10}$	-0,40	0,00	-0,83	0,00		

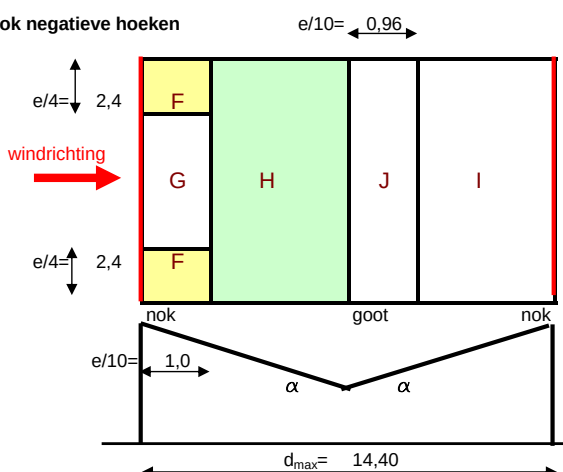
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok negatieve hoeken

dakhelling α = 10 graden

rekenhoek = -10 graden

zone	-F	-G	-H	-I	
$C_{pe,10}$	-2,40	-1,25	-0,85	-0,55	

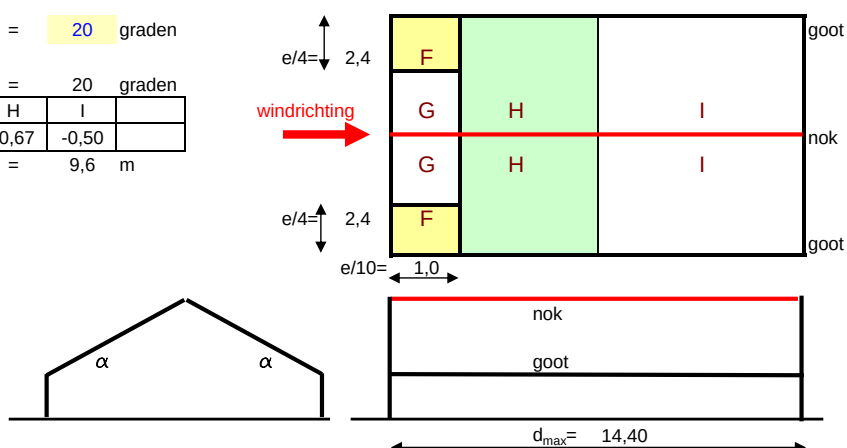
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok positieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

zone	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,23	-1,33	-0,67	-0,50	

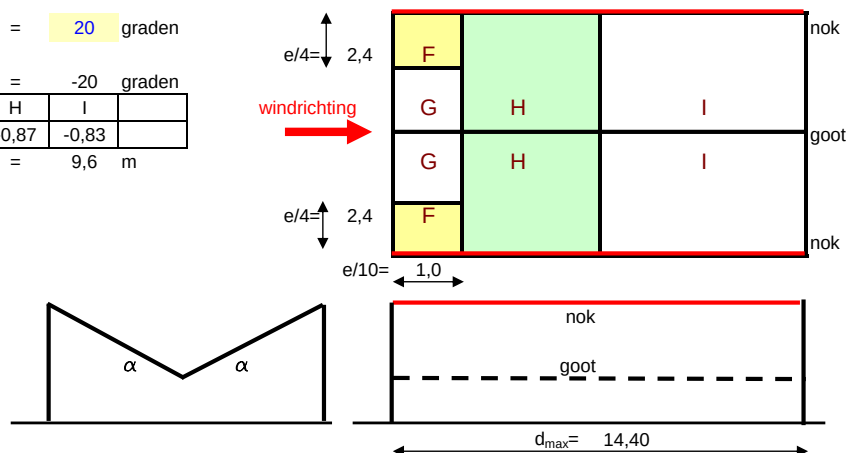
e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

tabel 7.4b zadeldak; 90 graden; wind evenwijdig aan de nok negatieve hoeken

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = -20 graden

zone	F	G	H	I	
$C_{pe,10}$	-1,77	-1,20	-0,87	-0,83	

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

art. 7.2.6 schilddaken

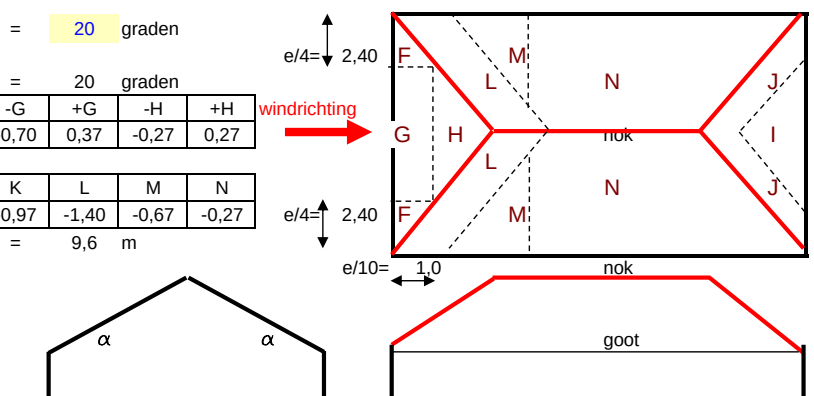
tabel 7.5 schilddak; 0 en 90 graden; wind loodrecht of evenwijdig aan de nok

dakhelling α = 20 graden

rekenhoek = 20 graden

gebied	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$C_{pe,10}$	-0,77	0,30	-0,70	0,37	-0,27	0,27

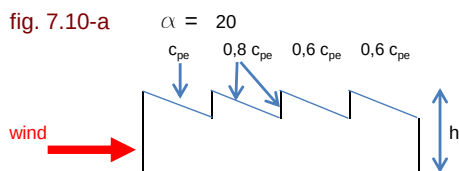
gebied	I	J	K	L	M	N
$C_{pe,10}$	-0,47	-0,90	-0,97	-1,40	-0,67	-0,27

e: minimum b_{gem} en h_{max} = 9,6 m

art. 7.2.7 geschakelde daken

- (1) drukcoëfficiënten voor lessenaardaken volgens art. 7.2.4
drukcoëfficiënten voor zadeldaken volgens art. 7.2.5
 - (2) zones F / G / J behoren alleen te zijn beschouwd voor het vlak aan loefzijde (op de wind)
 - (3) zones H en I behoren te zijn beschouwd voor elk vlak van het geschakelde dak
de referentiehoogte z_e is gelijk aan de nokhoogte
- opmerking 1** in configuratie b behoren twee gevallen te zijn beschouwd afhankelijk van het teken op het eerste dakvlak
opmerking 2 in configuratie c is de eerste c_{pe} de c_{pe} van het lessenaardak ; alle andere zijn van het zadeldak

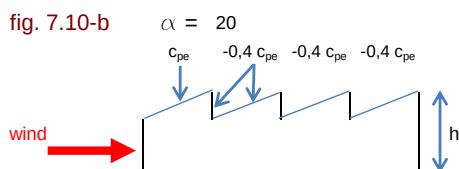
fig. 7.10-a



tabel 7.3a lessenaardak; 180 graden; wind loodrecht op de hoge rand

	F	G	H
c_{pe} =	-2,03	-1,13	-0,87
$0,8c_{pe}$ =	-1,63	-0,91	-0,69
$0,6c_{pe}$ =	-1,22	-0,68	-0,52
$0,6c_{pe}$ =	-1,22	-0,68	-0,52

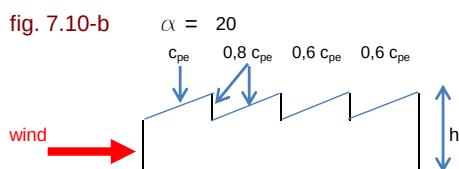
fig. 7.10-b



tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$-0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11
$0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11
$-0,4c_{pe}$ =	0,31	-0,15	0,28	-0,15	0,11	-0,11

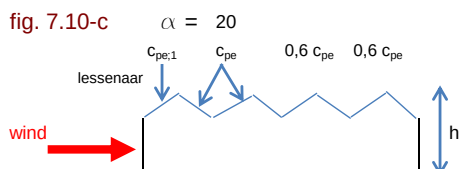
fig. 7.10-b



tabel 7.3a lessenaardak; 0 graden; wind loodrecht op lage rand

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$0,8c_{pe}$ =	-0,61	0,29	-0,56	0,29	-0,21	0,21
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16

fig. 7.10-c

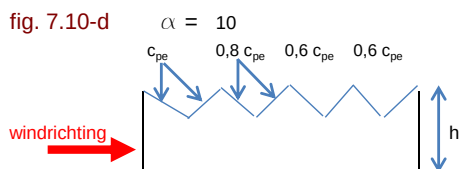


tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok positieve hoeken

	-F	+F	-G	+G	-H	+H
$c_{pe,1}$ =	factoren eerste dakvlak zijn ontleend aan lessenaardaken					
c_{pe} =	-0,77	0,37	-0,70	0,37	-0,27	0,27
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16
$0,6c_{pe}$ =	-0,46	0,22	-0,42	0,22	-0,16	0,16

	-I	+I	-J	+J
$c_{pe,1}$ =	overige factoren zijn ontleend aan zadeldaken			
c_{pe} =	-0,40	0,00	-0,83	0,00
$0,6c_{pe}$ =	-0,24	0,00	-0,50	0,00
$0,6c_{pe}$ =	-0,24	0,00	-0,50	0,00

fig. 7.10-d



tabel 7.4a zadeldak; 0 graden; wind loodrecht op de nok negatieve hoeken

	-F	-G	-H	-I	+I	-J	+J
c_{pe} =	-2,40	-1,25	-0,85	-0,55	0,10	-0,65	0,10
$0,8c_{pe}$ =	-1,92	-1,00	-0,68	-0,44	0,08	-0,52	0,08
$0,6c_{pe}$ =	-1,44	-0,75	-0,51	-0,33	0,06	-0,39	0,06
$0,6c_{pe}$ =	-1,44	-0,75	-0,51	-0,33	0,06	-0,39	0,06

**art. 7.2.9 inwendige druk**

wanneer in tenminste 2 gevels meer dan 30% openingen zitten, dan gelden de regels uit paragraaf 7.3. en 7.4

oppervlak van openingen en lekken in de beschouwde gevel

$$A_{\text{dominant}} = 50 \text{ m}^2$$

oppervlak van openingen en lekken in de overige gevels

$$A_{\text{overige gevels}} = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{verhouding } A_{\text{dominant}} / A_{\text{overige zijden}} = 50 / 20 = 2,50 -$$

de openingen in de beschouwde gevel moet worden beschouwd als **dominant**

waarde van uitwendige drukcoëfficiënt tpv opening in dominante zijde

$$c_{pe} = -0,7$$

Σ oppervlakte van openingen met $c_{pe} \leq 0.0$

$$= 50 \text{ m}^2$$

Σ oppervlakte van alle openingen

$$= 70 \text{ m}^2$$

verhoudingsgetal

$$f_l = 50 / 70$$

$$= 0,71$$

gebouwdiepte

$$d_{\text{max}} = 14,4 \text{ m}$$

gebouwhoogte

$$h_{\text{max}} = 5,7 \text{ m}$$

verhoudingsgetal

$$h/d = 5,7 / 14,4$$

$$= 0,40 -$$

art. 7.2.9 inwendige druk figuur 7.13**bouwwerk zonder dominante openingen**

$$\text{als } h/d \leq 0.25 \quad C_{pi} = 0.35 - (0.7143 - 0.33) / (0.9 - 0.33) * (0.35 - 0.3) = -0,09 -$$

$$\text{als } h/d \geq 1 \quad C_{pi} = 0.35 - (0.71 - 0.33) / (0.95 - 0.33) * (0.35 - 0.5) = -0,18 -$$

$$\text{maatgevende waarde voor verhouding } h/d = 0,40 \quad C_{pi} = -0,11 -$$

rekenen met de volgende waarden volgens de Nationale bijlage NB 2011:

$$C_{pi, \text{overdruk}} = 0,20$$

$$C_{pi, \text{onderdruk}} = -0,3$$

indien c_{pi} volgens figuur 7.13 ligt in het interval $-0,3 < c_{pi} < 0,2$ moet voor c_{pi} zowel $-0,3$ als $0,2$ zijn gehanteerd

art. 7.2.9 (5)**bouwwerk met dominante openingen**

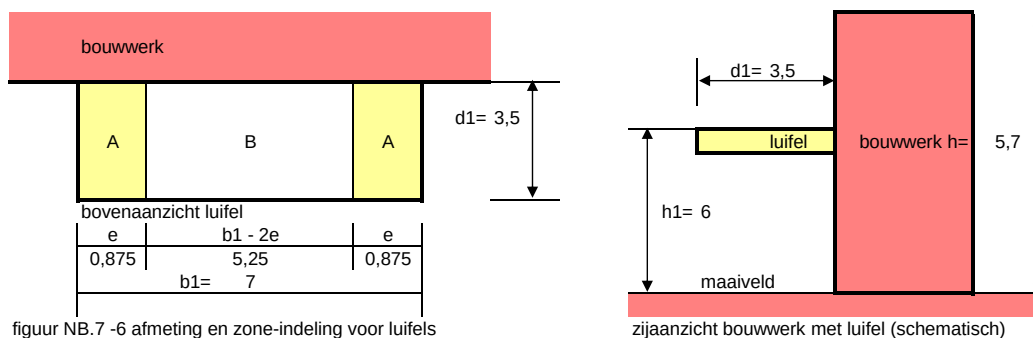
$$(7.1) \quad \text{als } A_{\text{dominant}} \text{ twee maal } A_{\text{overige zijden}} \quad C_{pi} = 0,75 * -0,7 = -0,53$$

$$(7.2) \quad \text{als } A_{\text{dominant}} \text{ drie maal } A_{\text{overige zijden}} \quad C_{pi} = 0,9 * -0,7 = -0,63$$

rekenen met de volgende waarden

$$C_{pi, \text{overdruk}} = -0,58$$

art. 7.2.12 aan gebouwen bevestigde luifels



breedte overkapping	b1	=	7	m	bouwwerkhoogte h	=	5,70	m
diepte overkapping	d1	=	3,5	m	stuwdruk $q_{p(z)}$	=	0,57	kN/m ²
hoogte overkapping vanaf maaiveld	h1	=	6	m				
eigen gewicht overkapping	g	=	0,4	kN/m ²				
belastingfactor veranderlijke belasting	γ_q	=	1,35	-				

verhouding h1 / h	=	6	/	5,7	=	1,05	-	nettodrukcoëfficiënten $c_{p,net}$ zone A
afgerond h1 / h	=				=	1,10	-	neerwaarts = 0,70 -
maat e = min d1/4 ; h en	=				=	0,875	m	opwaarts = -2,14 -
maat b1 - 2e	=	7	- 2 *	0,875	=	5,25	m	nettodrukcoëfficiënten $c_{p,net}$ zone B
totaal oppervlak b1 * d1	=				=	24,5	m ²	neerwaarts = 0,30 -
verhouding h1/d1	=	6	/	3,5	=	1,71	-	opwaarts = -1,69 -

fragment tabel NB16-8 nettodruk voor luifels

h1 / h	zone A				zone B			
	neerwaarts		opwaarts		neerwaarts		opwaarts	
		h1/d1<=	h1/d1>=	h1/d1		h1/d1<=	h1/d1>=	waarde
		1	3,5	1,71		1	3,5	1,71
1,1	0,7	-2	-2,5	-2,14	0,3	-1,6	-1,9	-1,69

belastingen tgv wind	zone A	zone B							
neerwaarts	(2 0,875 3,5 0,7 + 5,25 3,5 0,3)	0,5701	=	5,59	kN				
opwaarts	(2 0,875 3,5 -2,14 + 5,25 3,5 -1,69)	0,5701	=	-25,14	kN				
gunstig werkende neerwaartse eigen gewicht	3,5 7 0,4		=	9,80	kN				
resulterende opwaartse kracht totale dak	1,35 -25,14 + 0,9 9,8		=	-25,12	kN				
gemiddelde windzuiging op totale dakvlak	-25,12 / (7 3,5)		=	-1,03	kN/m ²				

art. 7.4 vrijstaande wanden, borstweringen, schermen en reclameborden

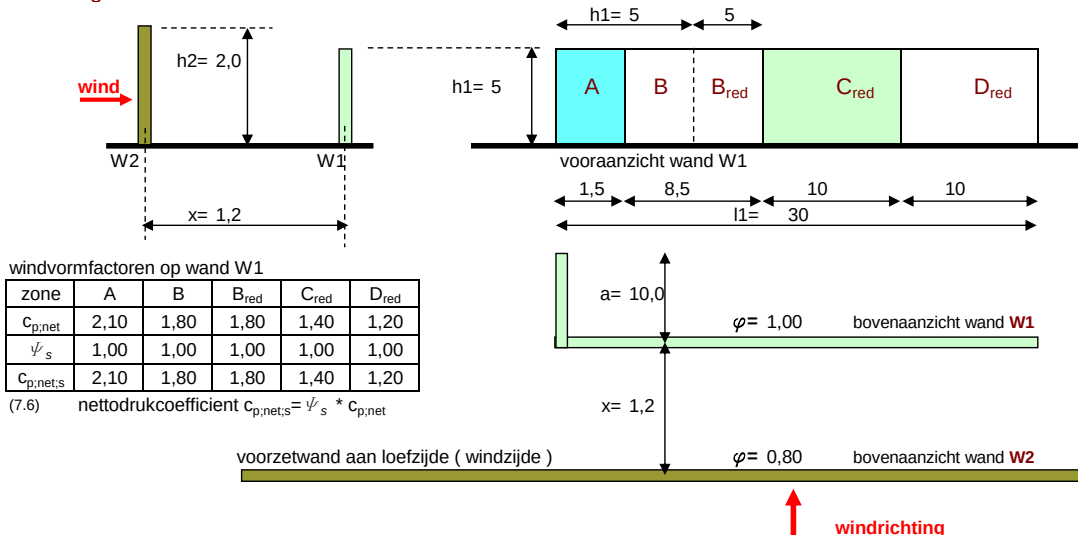
lengte wand W1	l1= 30	m	l1 / h1= 30	/	5	= 6,0
hoogte wand W1	h1= 5	m				
lengte omzetting aan uiteind	a= 10	m	a / h1= 10	/	5	= 2,0
dichtheidsverhouding wand W1	$\varphi_1= 1$	-				

art. 7.4.2 beschuttingsfactoren voor wanden en schermen

gegevens eventuele voorzetwand **W2** aan loefzijde (= windzijde) tbv berekening beschuttingsfactor ψ_s

hoogte voorzetwand	h2= 2	m				
dichtheidsverhouding wand W2	$\varphi_2= 0,8$	-				
afstand van wand W2 tot wand W1	x= 1,2	m	x / h1 = 1,2	/	5	= 0,2

figuur 7.19 definitie van zones



art. 7.9 cirkelvormige cilinders

diameter cilinder	b= 1	m	stuwdruk op hoogte $z_{(e)}$	$q_p=$	570	N/m ²
hoogte van de cilinder	l= 3	m	piekwindsnelheid			
oppervlaktetype	glad beton		$v(z_e) = v \cdot \sqrt{(2 \cdot q_p / \rho)}$	$\frac{2 \cdot 570}{1,25}$	=	30,2 m/s
som geprojecteerde oppervlakke	A= 3	m ²				

(7.17) indeffectfactor fig. 7.36 $\psi_{\lambda} = 0,63$ -

(7.15) Reynoldsgetal $Re = \frac{b \cdot v(z_e)}{k}$ / $\frac{v}{b} = 1 \cdot 30,2 / 1,5E-05 = 2,0E+06$ -
 verhouding met ruwheidshoogte k / $b = 0,2 / 1000 = 2,0E-04$ -

uit de combinatie van deze twee waarden volgt de waarde voor $c_{f,0}$ uit berekening (zie ook grafiek 7.28)

linker deel van de grafiek

$$c_{f,0} = 0,11 / (Re / 10^6)^{1,4} = \frac{0,11}{(2,0E+06 / 10^6)^{1,4}} = 0,04$$

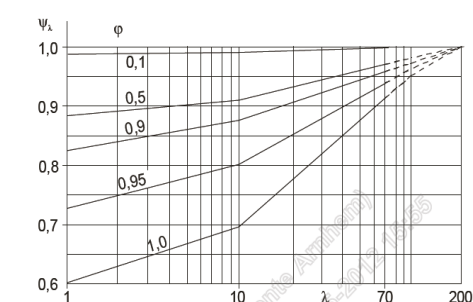
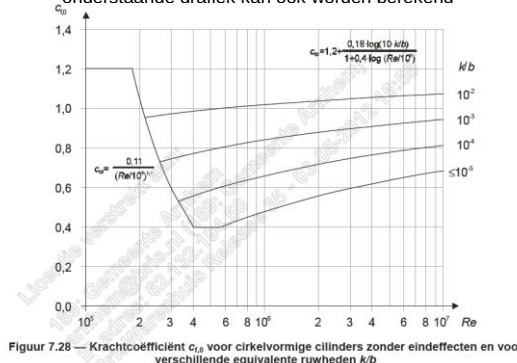
rechter deel van de grafiek

$$c_{f,0} = 1,2 + \frac{0,18 \log(10 \cdot k / b)}{1 + 0,4 \log(Re / 10^6)} = 1,2 + \frac{0,18 \log(10 \cdot 2,0E-04)}{1 + 0,4 \log 2,01} = 0,77$$

maatgevende waarde krachtfactor

$$c_{f,0} = 0,77$$

onderstaande grafiek kan ook worden berekend





kinematische viscositeit van lucht
ruwheidshoogte

$\nu = 1,5E-05 \text{ m}^2/\text{s}$
 $k = 0,2 \text{ mm}$

(7.14) referentieoppervlak $A_{ref} = \frac{l \cdot b}{3} = \frac{3 \cdot 1}{3} = 1,0 \text{ m}^2$
 slankheid $\lambda = \frac{l}{b} = \frac{3}{1} = 3,0$
 (7.26) de volheidsgraad $\varphi = A / A_c$ $\varphi = \frac{3}{3,0} = 1,0$

uit de combinatie van deze twee waarden volgt de waarde voor ψ_λ uit grafiek figuur 7.36

(7.19) krachtcoëfficiënt fig. 7.28 $C_f = C_{f,0} \cdot \psi_\lambda = 0,77 \cdot 0,63 = 0,48$

art. 7.12 - tabel 7.15 krachtcoëfficiënten c_f voor vlaggen

vlagtype:

Vlag vrij wapperend - rechthoekig

lengte in windrichting $l = 3 \text{ m}$ hoogte waarop vlag hangt $z_h = 5,70 \text{ m}$
 hoogte aan de mast $h = 1,5 \text{ m}$ stuwdruk $q_{p(z)} = 0,57 \text{ kN/m}^2$
 massa van de vlag $m_f = 0,3 \text{ kg/m}^2$ oppervlakte van de vlag $A_{ref} = 4,50 \text{ m}^2$
 volumieke massa van lucht $r = 1,25 \text{ kg/m}^3$
 vlagtype 1 $C_f =$ = n.v.t.
 vlagtypen 2 & 3 $C_f = 0,02 + \frac{0,7 m_f}{\rho \cdot h} (A_{ref} / h^2)^{-1,25} = 0,067$
 totale kracht $F = C_f \cdot A_{ref} \cdot q_{p(z)} = 0,07 \cdot 4,50 \cdot 0,570 = 0,17 \text{ kN}$

bijlage A4 invloed van nabij gelegen bouwwerken

afstand te berekenen bouwwerk tot nabijgelegen hoogbouw (voor tekening zie hieronder)

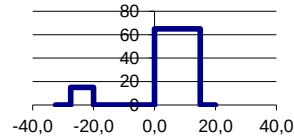
totale hoogte van het te berekenen bouwwerk

gemiddelde hoogte van de omringende laagbouw

hoogte van de nabijgelegen hoogbouw

kleinste breedte van de nabijgelegen hoogbouw

grootste lengte van de nabijgelegen hoogbouw



x =	20	m
h _{low} =	15	m
h _{ave} =	30	m
h _{high} =	65	m
d _{small} =	15	m
d _{large} =	30	m

opmerking: er moet een aparte invloedsberekening gemaakt worden

Invloedsgebied hoogbouw:

als $h_{high} \leq 2 d_{large}$ 65 ≤ 60 $r = h_{high}$ $r =$ nvt

als $h_{high} > 2 d_{large}$ 65 > 60 $r = 2d_{large}$ $r =$ 60

maatgevend $r =$ 60,0 m

Aan te houden stuwdrukhoogte bij de berekening van het lagere bouwwerk (h_{low}):

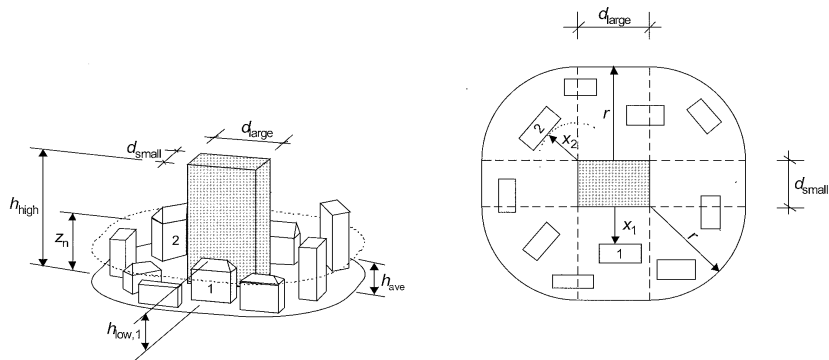
als $x \leq r$ 20 ≤ 60 $z_n = 0,5 r$ $z_n =$ 30

als $r < x < 2r$ 60 < 20 < 120
 $z_n = 0,5 \left\{ r - \left(1 - \frac{2}{r} h_{low} \right) * (x - r) \right\}$

$z_n = 0,5 \left\{ 60 - \left(1 - \frac{2}{60} 15 \right) * (20 - 60) \right\} =$ nvt

als $x \geq 2r$ 20 ≥ 120 $z_n = h_{low}$ $z_n =$ nvt

maatgevend $z_n =$ 30,0 m

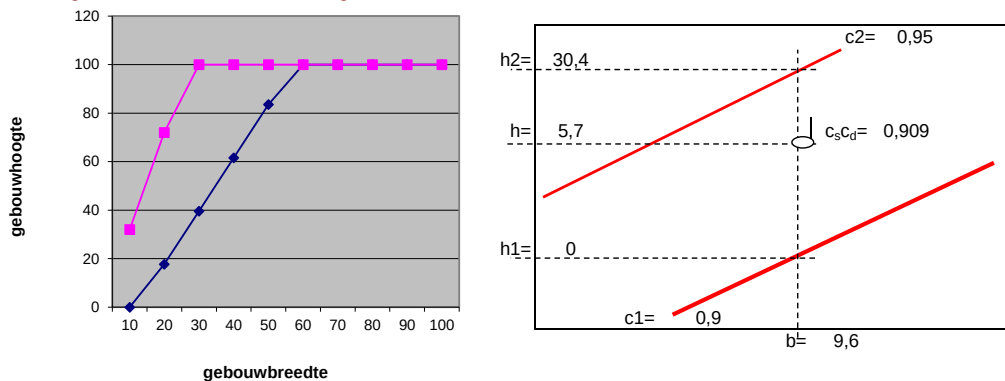


bijlage D $c_s c_d$ -waarden voor verschillende constructietypen

berekening factor $c_s c_d$ mbv grafieken uit bijlage D

type bouwwerk	fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk		
soort terrein	onbebouwd II		
gebouwbreedte	$b_{gem} = 9,6$ m	$c1 =$	ondergrenslijn waarde $c_s c_d$
gebouwhoogte	$h_{max} = 5,7$ m	$c2 =$	bovengrenslijn waarde $c_s c_d$
		$h1 =$	hoogte bij ondergrens waarde $c_s c_d$
		$h2 =$	hoogte bij bovengrens waarde $c_s c_d$
correctiefactor	$c_s c_d =$ 0,909		

fig. D.2 betonnen rechthoekig bouwwerk



interpoleren in de grafieken tussen ondergrens en bovengrens

$$c_s c_d = c1 + \frac{h - h1}{h2 - h1} * (c2 - c1)$$

$$c_s c_d = 0,9 + \frac{5,7 - 0,00}{30,4 - 0,00} * (0,95 - 0,9) = 0,91$$

opmerking



liggers, belast door regenwater met wateraccumulatie op platte daken volgens EC 1991-1-3 NB2011 art. 7

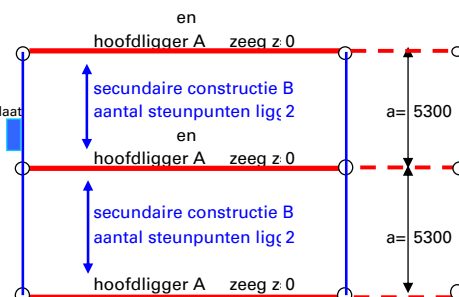
algemene gegevens

werk PHS DB-Vught
werknummer Onderstation
onderdeel Dakpanelen
referentieperiode 50 jaar
norm Eurocode NIEUWBOUW
veiligheidsklasse = CC2
modelfactor $\gamma_M = 1,3$ echte vrije overlaat overstort

schematisering

aantal steunpunten van hoofdligger A $n_A = 2$
aantal steunpunten secundaire constructie $n_B = 2$
lengte liggerdeel 1 $L_1 = 1000$ mm
hart op hartmaat hoofdliggers A $a = 5300$ mm
hoogteverschil tussen stpt 1-2 $\delta H = 0$ mm
zeeg tussen steunpunt 1 en 2 (paraboolv) $z = 0$ mm

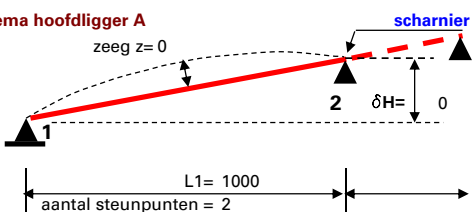
bovenaanzicht dak



belastingen (representatief)

eigen gewicht dak $G_{rep} = 1$ kN/m²
belasting tbv kruip $G_{kruip} = 2,1$ kN/m²
eigen gewicht ligger A $g_{rep} = 0,935$ kN/m

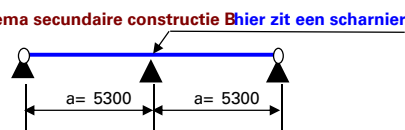
schema hoofdligger A



profielgegevens hoofdligger A

wijze van opgave via directe opgave
materiaal eigen opgave
profiel eigen opgave
traagheidsmoment $I_y = 40942$ cm⁴
weerstandsmoment $W_y = 4817$ cm³
elasticiteitsmodulus $E = 9428$ N/mm²
toelaatbare buigtrekspanning $f_y = 24$ N/mm²

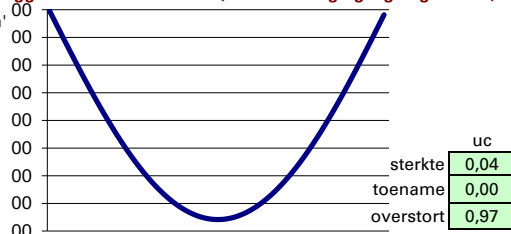
schema secundaire constructie B



profielgegevens secundaire constructie B

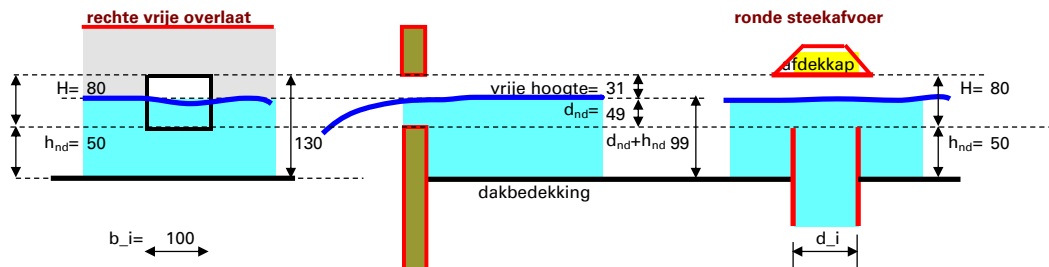
traagheidsmoment per m' breedte $I_y = 375$ cm⁴ / m'
elasticiteitsmodulus $E = 210000$ N/mm²

liggervorm vóór iteratie 1 (incl doorbuiging eigen gewicht)



noodafvoer

vorm van de noodafvoer rechte vrije overlaat
breedte noodafvoer $b_i = 100$ mm
hoogte (rechtthoekige) noodafvoer $H = 80$ mm
hoogte boven dakbedekking $h_{nd} = 50$ mm
dakoppervlak voor één noodafvoer $A = 37$ m²



resultaten

belastingfactoren formule 6.10.b $\gamma_{t,q} = 1,20$ - gekozen begin-afschot tussen stpt 1-2 = 0,0 mm/m'
 $\gamma_{t,q} = 1,50$ - % water op secundaire constructie = 20,9 %
volumieke massa water $\gamma_w = 10$ kN/m³
regenintensiteit: zie ook (7.2) en tabel NB. $i_r = 0,05$ 10⁻³ m/s

gegevens waarmee de berekening gemaakt wordt

profielgegevens hoofdligger (A1+A2)

traagheidsmoment $I_y = 40942$ cm⁴ materiaal eigen opgave
weerstandsmoment $W_y = 4817$ cm³ profiel eigen opgave
elasticiteitsmodulus $E = 9428$ N/mm²
buigtrekspanning $f_y = 24$ N/mm²



profielgegevens secundaire constructie B

traagheidsmoment per m' breedte $I_y = 375 \text{ cm}^4 / \text{m}$
elasticiteitsmodulus $E = 210000 \text{ N/mm}^2$

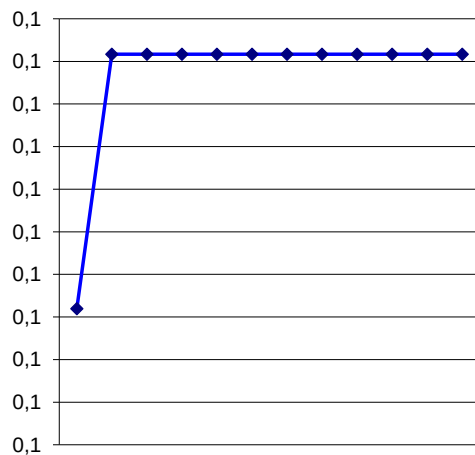
doorbuiging

1e orde doorbuiging e.g. + kruip = 0,1 mm moment $M_{Ed,A}$ na 12 iteraties = 4,3 kNm
bijkomende doorbuiging tgv water = 0,0 mm totale waterbelasting op ligger A = 6,6 kN
doorbuiging ligger tov as-lijn = 0,1 mm

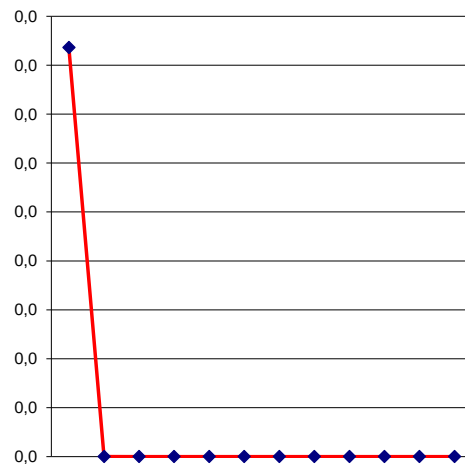
unity-check

sterkte ligger A: $W_{benodigd} / W_{aanwezig} = 177 / 4817 = 0,04$ de hoofdliggers zijn voldoende sterk
% toename na 12 iteraties / toelaatbare toename = 0,00 / 1,0 = 0,00 de hoofdliggers zijn voldoende stijf
minimum vrije hoogte / werkelijke vrije hoogte = 30 / 31 = 0,97 hoogte noodoverstort is voldoende

doorbuiging hoofdligger in 12 iteraties in mm



% toename waterbelasting hoofdliggers A na 12 iteraties



debiet (7.2) $Q_h = A \cdot i_r = 37 \cdot 0,05 \cdot 10^{-3} = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$
maximum (7.6) (ronde steekafvc $Q_{h,u} = 2,5 \cdot d_i^{5/2} = 2,5 \cdot 0,1^{5/2} = 0,008 \text{ m}^3/\text{s}$
waterhoogte boven noodafvoer $d_{nd,i} = 0,7 \left(\frac{Q_h}{b_i} \right)^{2/3} = 0,7 \left(\frac{0,002}{0,1} \right)^{2/3} = 0,049 \text{ m}$
(7.4) of (7.7)
waterhoogte t.p.v. de dakrand $d_{hw} = d_{nd} + h_{nd} = 49,0 + 50 = 99,0 \text{ mm}$
(7.8)
gereduceerde stijfheid ligger A $EI_{red} = E I_y / \gamma_M = 942,8 \cdot 40942 / 1,3 = 0,297 \cdot 10^8 \text{ kNcm}^2$
benodigd weerstandsmoment $W_{y,el} = M_{Ed,A} / f_y = 4 \cdot 10^3 / 24 = 177 \text{ cm}^3$

opmerking

stalen ligger 2 steunpunten, twee q-lasten en één F-last 1xprofiel 1: HE120A

werk PHS Den Bosch-Vught
werknummer Onderstation
onderdeel Dakligger

materiaal S235
klasse 1 flensdikte <40

kerngegevens

norm Eurocode NIEUWBOUW
ontwerplevensduur klasse = 3
gevolgklasse = CC2
correctiefactor voor formule 6.10.b x= 0,89
de waarde van ksi volgt uit de Nationale Bijlage

ontwerplevensduur = 50 jaar
toepassing gebouwen en andere gewone constructies
6.10.a 6.10.b 6.1 partiële factoren
 $\gamma_{G,j} = 1,35$ $\xi \gamma_{G,j} = 1,20$ $\gamma_{M0} = 1,00$ -
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$ $\gamma_{Q,i} = 1,50$ $\gamma_{M1} = 1,00$ -
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$ $\gamma_{Q,i} = 1,50$ $\gamma_{M2} = 1,25$ -

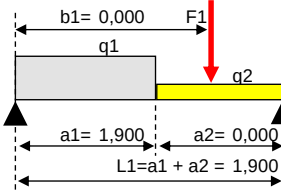
diverse factoren

E: opslagruimten

gebouwcategorie
(gewichtsberekening) $\psi_0 = 1$ -
(elastische doorbuiging) $\psi_1 = 0,9$ -
(kruip) $\psi_2 = 0,8$ -
reductiefactor vloerbelasting $\psi_t = 1,00$ -

kipcontrole uitschakelen? nee
eigen gewicht ligger automatisch berekenen ja
traagheidsmoment en weerstandsmoment in richting van de belasting
belasting profiel 1: sterke as
 $\Sigma I = 606 \text{ cm}^4$ $\Sigma g = 0,20 \text{ kN/m'}$
 $\Sigma W_{pl} = 120 \text{ cm}^3$ $\Sigma A = 25,3 \text{ cm}^2$
 $\Sigma W_{el} = 106 \text{ cm}^3$ $E = 2E+05 \text{ N/mm}^2$

lengte belasting q1 a1= 1,9 m
lengte belasting q2 a2= 0 m
sfatnd F1 tot stpt 1 b1= 0 m
toelaatbare einddoorbuiging veld 1 1: 250 * L
bijkomende doorbuiging veld 1 1: 333,3 * L
toegepaste zeeg veld 1 0 mm



werkelijk schema (op schaal)

belastingen en combinaties

Dakligger

q1:

permanente belasting $G_{k,j} = 3 \text{ kN/m}$ $G_{k,j} \cdot (\text{incl.e.g.}) = 3 + 0,20 = 3,20 \text{ kN/m'}$
opgelegde belasting exteem+mom. $\Sigma Q_{extr+mom} = 11,25 \text{ kN/m}$ STR/GEO $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom} = 21,19 \text{ kN/m'}$
opgelegde belasting momentaan $\Sigma Q_{mom} = 11,25 \text{ kN/m}$ 6.10.a: $1,35 \cdot 3,20 + 1,50 \cdot 11,25 = 21,19 \text{ kN/m'}$
STR/GEO $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom} = 20,72 \text{ kN/m'}$
6.10.b: $1,20 \cdot 3,20 + 1,50 \cdot 11,25 = 20,72 \text{ kN/m'}$

q2:

permanente belasting $G_{k,j} = 0 \text{ kN/m}$ $G_{k,j} \cdot (\text{incl.e.g.}) = 0 + 0,20 = 0,20 \text{ kN}$
opgelegde belasting exteem+mom. $\Sigma Q_{extr+mom} = 0 \text{ kN/m}$ STR/GEO $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom} = 0,27 \text{ kN}$
opgelegde belasting momentaan $\Sigma Q_{mom} = 0 \text{ kN/m}$ 6.10.a: $1,35 \cdot 0,20 + 1,50 \cdot 0,00 = 0,27 \text{ kN}$
STR/GEO $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom} = 0,24 \text{ kN}$
6.10.b: $1,20 \cdot 0,20 + 1,50 \cdot 0,00 = 0,24 \text{ kN}$

F1:

permanente belasting $G_{k,j} = 0 \text{ kN}$ $G_{k,j} \cdot (\text{incl.e.g.}) = 0 = 0,00 \text{ kN}$
opgelegde belasting exteem+mom. $\Sigma Q_{extr+mom} = 0 \text{ kN}$ STR/GEO $\gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{mom} = 0,00 \text{ kN}$
opgelegde belasting momentaan $\Sigma Q_{mom} = 0 \text{ kN}$ 6.10.a: $1,35 \cdot 0,00 + 1,50 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN}$
STR/GEO $\xi \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_Q \Sigma Q_{extr+mom} = 0,00 \text{ kN}$
6.10.b: $1,20 \cdot 0,00 + 1,50 \cdot 0,00 = 0,00 \text{ kN}$

unity-checks er worden geen verstijvingsschotjes toegepas zie ook de invoercellen verderop in deze berekening

ULS	buiging	0,34	dwarskracht	0,18	onderflensinklemming	0,52	kip	0,38	SLS	Ueind	0,25	Ubij	0,26
-----	---------	------	-------------	------	----------------------	------	-----	------	-----	-------	------	------	------

resultaten mechanaberekeningen

Dakligger

STR/GEO (groep B)

belastinggeval / combinatie	belastingen			dwarskracht (kN)		reactie (kN)	
	q1	q2	F1	V _{1,2}	V _{2,1}	R ₁	R ₂
G _{k,j}	3,20	0,20	0,00	-3,0	3,0	3,0	3,0
Q _{k1} + $\psi_{0,j}$ * Q _{k,i}	11,25	0,00	0,00	-10,7	10,7	10,7	10,7
6.10.a	21,19	0,27	0,00	-20,1	20,1	20,1	20,1
6.10.b	20,72	0,24	0,00	-19,7	19,7	19,7	19,7
maatgevende waarden				V _{Ed} =	20,1	R _{Ed} =	20,1
					kN		kN
belastinggeval / combinatie	steunpuntmoment (kNm)		veldmoment (kNm)		positie M _{veld,max} (m)	vervorming (mm)	
	M ₁	M ₂	M _{1,2}		uit R ₁	u _{1,2}	
G _{k,j}	0,0	0,0	1,4		0,95	0,4	
Q _{k1} + $\psi_{0,j}$ * Q _{k,i}	0,0	0,0	5,1		0,95	1,5	
6.10.a	0,0	0,0	9,6		0,95		
6.10.b	0,0	0,0	9,3		0,95		
maatgevende waarden	M _{Ed,st} =	0,0	kNm	M _{Ed,v} =	9,6	kNm	

toetsingen bruikbaarheidsgrenstoestand

Dakligger

belastinggevallen en combinaties

veld	=	u _{1,2}
u _{on}	= G _{k,j}	= 0,4
u _{elastisch}	= Q _{k1} + $\psi_{0,j}$ * Q _{k,i} (volbelast)	= 1,5
u _{zeeg}	= volgens opgave	= 0,0
u _{eind}	= u _{on} + u _{elastisch} + u _{zeeg}	= 1,9
u _{bij}	= u _{elastisch}	= 1,5
u _{eind,toe}	= u _{eind,toelaatbaar}	= 7,6
U.C.	= u _{eind} / u _{eind,toelaatbaar}	= 0,25
u _{bij,toe}	= u _{bij,toelaatbaar}	= 5,7
U.C.	= u _{bij} / u _{bij,toelaatbaar}	= 0,26

toetsingen uiterste grenstoestand (samenvatting)

Dakligger

buiging, art 6.2.5	M _{Ed}	=	9,6	6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{9,6}{28,1}$	=	0,34
dwarskracht, art. 6.2.6	V _{Ed}	=	20,1	6.17	$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{20,1}{114,2}$	=	0,18
onderflensinklemming, art. 6.3.1	R ₁	=	20,1	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{20,1}{38,8}$	=	0,52
	R ₂	=	20,1	6.46	$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{20,1}{38,8}$	=	0,52
kip, art. 6.3.2	M _{Ed}	=	9,6	6.54	$\frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{9,6}{25,5}$	=	0,38
opleglengte, art. 6.9 EC steen	l _{opleg}	=	N _{Ed}	/ (β b f _b)					
	R ₁ l _{opleg}	=	20,1 10 ³	/ (1,34 120 2,62)				=	48 mm
	R ₂ l _{opleg}	=	20,1 10 ³	/ (1,34 120 2,62)				=	48 mm

art. 6.2.5 buigend moment, enkele buiging, rekenen met gecombineerde profielgegevens Dakligger

rekenwaarde moment	M _{Ed}	=	9,6	kNm	profiel	=	HE120A	A	=	25,3	cm ²		
reductie flensdoorsnede (bout)	A _{f,red}	=	0,0	cm ²	kwalite	=	S235	γ _{M0}	=	1,00	-		
de boutgaten mogen worden verwaarloosd					f _y	=	235	N/mm ²	γ _{M2}	=	1,25	-	
					f _u	=	360	N/mm ²	W _{pl}	=	119,5	cm ³	
					b	=	120	mm	W _{el,min}	=	106,3	cm ³	
					t _f	=	8	mm	W _{ef,min}	=	106,3	cm ³	
6.12	$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$	=	$\frac{9,6}{28,1}$	=	0,34	-	A _f	=	12,0	0,8	=	9,6	cm ²
					A _{f,net}	=	9,6	-	0,0	=	9,6	cm ²	

(2) voor doorsnedeklasse 1 en 2

$$6.13 \quad M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{119,5 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 28,1 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 3

$$6.14 \quad M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{106,3 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 25,0 \text{ kNm}$$

voor doorsnedeklasse 4

$$6.15 \quad M_{c,Rd} = M_{ef,Rd} = \frac{W_{ef,min} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{106,3 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 25,0 \text{ kNm}$$

6.16 (4) gaten voor verbindingsmiddelen mogen worden verwaarloosd als:

$$\frac{A_{f,net}}{\gamma_{M2}} \cdot 0,9 \cdot f_u \cdot 10^{-3} = \frac{9,6 \cdot 0,9 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 2,5 \text{ kN}$$

$$\frac{A_f}{\gamma_{M0}} \cdot f_y \cdot 10^{-3} = \frac{9,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} = 2,3 \text{ kN}$$

art. 6.2.6 dwarskracht (afschuiving) Dakligger

rekenwaarde moment	V_{Ed}	=	20,1	kN	profiel	=	HE120A	A	=	25,3	cm ²		
profiel	gewalste I en H profielen				kwalite	=	S235	γ_{M0}	=	1,00	-		
factor in formules gelast profie	η	=	1	-	f_y	=	235	N/mm ²	I_y	=	606	cm ⁴	
	dikte in beschouwde punt	t	=	6	mm	b	=	120	mm	t_f	=	8	mm
						h	=	114	mm	t_w	=	5	mm
						S_y	=	60	cm ³	I_t	=	6,0	cm ⁴
						h_w	=	114	-	8	2=	98	mm
						reken met hoogte van het lijf			h_w	=	98	mm	
6.17	$V_{Ed} \leq 1,0$	=	20,1	=	0,18	-	afrondingstraal in profiel			r	=	12	mm

$$6.18 \quad V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\gamma_{M0}} / \sqrt{3} = \frac{842 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1,00} / \sqrt{3} = 114,2 \text{ kN}$$

(4) Om de rekenwaarde van de elastische weerstand tegen dwarskracht $V_{c,Rd}$ te toetsen mag, voor een kritiek punt van de doorsnede, het volgende criterium zijn gebruikt tenzij het toetsen op plooiën volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 van toepassing is:

$$6.19 \quad \frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \gamma_{M0})} = \frac{41,1}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1,00)} = 0,30$$

algemeen geldt:

$$6.20 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} S}{I_y t} = \frac{20,1 \cdot 60 \cdot 10^2}{606 \cdot 6} = 33 \text{ N/mm}^2$$

(5) Voor I- of H-profielen mag de schuifspanning in het lijf als volgt zijn bepaald:

$$6.21 \quad \tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{A_w} \text{ indien } A_f / A_w \geq 0,6 = \frac{20,1 \cdot 10^3}{490} = 41 \text{ N/mm}^2$$

$$A_f = b t_f = 120 \cdot 8 = 9,6 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$$A_w = h_w t_w = 98 \cdot 5 = 4,9 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$$

$$A_f / A_w = 9,6 / 4,9 = 2,0$$

$$\text{waarde voor } \tau_{Ed} \text{ waarmee mag worden gerekend voor I en H} = 41 \text{ N/mm}^2$$



- 6.22 (6) Bovendien behoort, voor lijven zonder dwarsverstijvers, de weerstand tegen plooiën door afschuiving volgens hoofdstuk 5 van EN 1993-1-5 te zijn bepaald indien

$$\frac{h_w}{t_w} > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} \quad \text{dus} \quad \frac{98}{5} > 72 \frac{1,00}{1,00} \quad \text{eis} \quad 19,6 > 72,0$$

conclusie: weerstand tegen plooiën hoeft niet te worden berekend

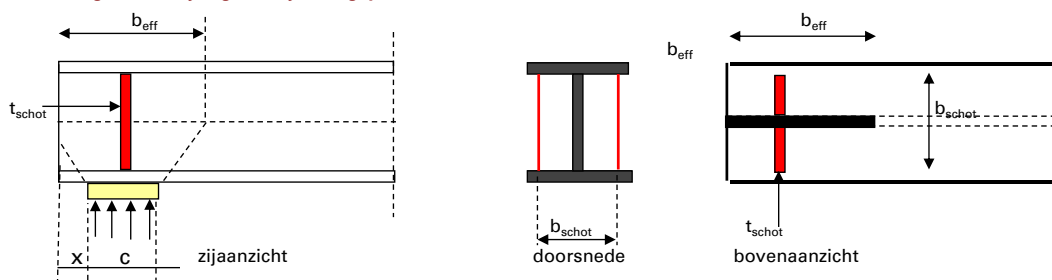
$$\text{met} \quad \varepsilon = \sqrt{(235 / f_y)} = \sqrt{(235 / 235)} = 1,00$$

(3) a	gewalste I en H profiel	$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + 2 r) t_f$	
		$A_v = 2530 - 2 \cdot 120 \cdot 8 + (5 + 2 \cdot 12) \cdot 8 = 842$	
(3) b	gewalste U en C profie	$A_v = A - 2 b t_f + (t_w + r) t_f$	
		$A_v = 2530 - 2 \cdot 120 \cdot 8 + (5 + 12) \cdot 8 = 746$	
(3) c	gewalste T profielen	$A_v = 0,9 (A - b t_f)$	
		$A_v = 0,9 (2530 - 120 \cdot 8) = 1413$	
(3) d	gelast I,H, buis, // lijf	$A_v = \eta \Sigma (h_w t_w)$	
		$A_v = 1 (98 \cdot 5) = 490$	
(3) e	gelast I,H, buis, // flens	$A_v = A - \Sigma (h_w t_w)$	
		$A_v = 2530 - (98 \cdot 5) = 2040$	
(3) f1	gewalste rh buis // hoo	$A_v = A h / (b + h)$	
		$A_v = 2530 \cdot 114 / (120 + 114) = 1233$	
(3) f2	gewalste rh buis // bre	$A_v = A b / (b + h)$	
		$A_v = 2530 \cdot 120 / (120 + 114) = 1297$	
(3) g	ronde buisprofielen	$A_v = 2 A / \pi$	
		$A_v = 2 \cdot 2530 / \pi = 1611$	

art. 6.3.1 onderflensinklemming (gaffeloplegging) Dakligger

rekenwaarde oplegreactie	$N_{Ed} = 20,1$ kN	profiel	= HE120A	E	= 210000 N/mm ²
extra normaalkracht oplegging	$N_{extra} = 0$ kN				
opleglengte	$c = 100$ mm	kwalite	= S235		
totale dikte schotjes	$t_{schot} = 0$ mm	$f_y = 235$ N/mm ²	$\gamma_{M1} = 1,00$		
totale breedte schotjes (incl. lij	$b_{schot} = 0,0$ mm	y-richting		z-richting	
zijkant oplegging c tot eind lig	$x = 0,0$ mm	$h = 114$ mm	$b = 120$ mm		
		kromm	= c	$t_w = 5$ mm	

er worden geen verstijvingsschotjes toegepast



NEN 6770 art 12.2.4

$$b_{eff} = 0,5 \sqrt{(h^2 + c^2)} + x + c/2 = 0,5 \sqrt{(114,0^2 + 100,0^2)} + 0,0 + 100 / 2 = 125,8 \text{ mm}$$

$$b_{eff} < \sqrt{(h^2 + c^2)} = \sqrt{(114^2 + 100^2)} = 151,6 \text{ mm}$$

$$\text{kniklengte y-richting } l_{cr,y} = 2 \cdot 114 = 228,0 \text{ mm}$$

$$\text{doorsnede } A = b_{eff} t_w + (b_{schot} - t_w) t_{schot} = 125,8 \cdot 5 + (0,0 - 5) \cdot 0 = 6,29 \cdot 10^2 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 (t_{schot} b_{schot}^3 + (b_{eff} - t_{schot}) t_w^3) = 1/12 (0 \cdot 0,0^3 + (125,8 - 0) \cdot 5^3) = 0,131 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{traagheidsstraal } i = \sqrt{I/A} = \sqrt{(0,131 \cdot 10^4 / 6 \cdot 10^2)} = 1,4 \text{ mm}$$

y-richting

$$6.46 \quad \frac{N_{Ed} + N_{extra}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{20,1 + 0,0}{38,8} = 0,52$$

$$6.47-6.48 \quad N_{b,Rd} = \chi A f_y / \gamma_{M1} = N_{b,Rd} = 0,262 \cdot 6,3 \cdot 235 \cdot 10^{-1} / 1,00 = 38,8 \text{ kN}$$

$$6.49 \quad \chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda^2}} \leq 1,0 \quad \chi = \frac{1}{2,278 + \sqrt{(2,278^2 - 1,682^2)}} = 0,262$$

$$\Phi = 0,5 [1 + \alpha (\lambda - 0,2) + \lambda^2] \quad \Phi = 0,5 [1 + 0,49 (1,682 - 0,2) + 1,682^2] = 2,278$$

$$6.50 \quad \lambda_y = l_{cr,y} / i_y = 228 / 1,4 = 158,0$$

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{(E / f_y)} = \pi \sqrt{(210000 / 235)} = 93,9$$

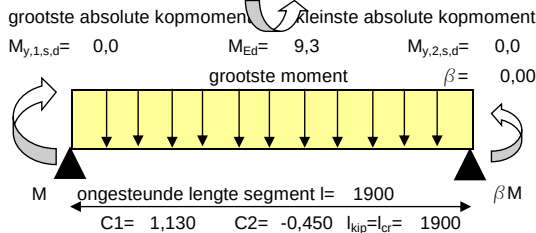
$$\lambda_y = \lambda_y / \lambda_1 = 158,0 / 93,9 = 1,682$$

$$\text{gemiddelde oplegspanning} = 20,1 \cdot 10^3 / (120 \cdot 100) = 1,678 \text{ N/mm}^2$$

art. 6.3.2 prismatische op buiging belaste staven (kip) Kipcontrole gebeurt altijd met alleen profiel 1

Dakligger

schema van het te controleren liggersegment tussen gaffels of kipsteunen



invoergegevens tbc kipcontrole

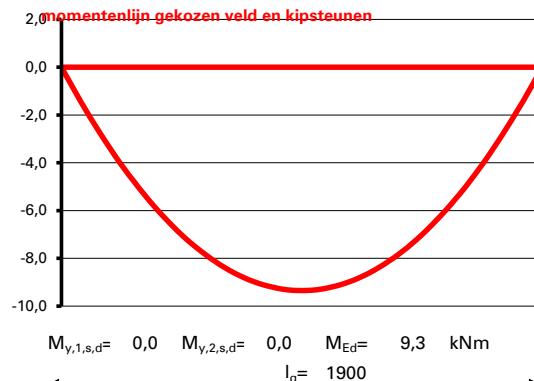
basisgeval uit NEN 6771 tabel 10, q-last en kopmomenten
momentenverloop **parabool een zijde ingeklemd**
soort profiel **gewalste I- en H-profielen**
aangrijpingspunt belasting **zwaartepunt bovenflens**
wijze zijdelijngse steune **tussen 2 gaffels**

reductie weerstandsmoment	$W_{red} = 0,0$ cm ³
reductie doorsnede	$A_{red} = 0,0$ cm ²
profiel	HE120A E = 2E+05 N/mm ²
kwaliteit	S235 A = 25,3 cm ²
f_y	235 N/mm ² G = 80769 N/mm ²
h	114 mm $\gamma_{M1} = 1,00$ -
t_f	8 mm b = 120 mm
I_y	606 cm ⁴ $t_w = 5$ mm
i_y	48,9 mm $I_z = 231$ cm ⁴
$W_{y,el}$	106,3 cm ³ $i_z = 30,2$ mm
$W_{y,pl}$	119,5 cm ³ $I_t = 6,0$ cm ⁴
$W_{y,eff}$	106,3 cm ³ h/b = 0,95 -
plaats van de horizontale kipsteunen bij liggerberekeningen	
$C_{kip,links}$	0,00 * 1900 = 0 mm
$C_{kip,rechts}$	1,00 * 1900 = 1900 mm
l	1900 - 0 = 1900 mm

aanvullende invoer via een liggerberekeningen:

invoer van de kipsteune **door gelijkmatige verdeling**
te controleren veld **veld 1**
grenstoestand **UGT2 vol - 6.10.b**

aantal kipsteunen $n = 0$ -
te controleren liggerdeel (tussen de kipsteunen) **1** -



kipcontrole algemeen: **0,37** kipcontrole gewalst prof **0,34** "tekenafpraak" getekende momentenlijn wijkt af van de mechanica

NEN 6771 art.12.2.5.3 bepaling vervangende ongesteunde kiplengte

tussen twee gaffels $l_{kip} = l_{st} = 1900$ mm
tussen een gaffel en een kipsteun of tussen twee kipsteunen
 $l_{kip} = (1,4 - 0,8 \beta) l_{st}$ echter $1,0 \leq l_{kip} / l_{st} \leq 1,4$
 $f_2 = (1,4 - 0,8 \beta) = (1,4 - 0,00) = 1,40$

$l_{st} = f_1 l = 1,00 \cdot 1900 = 1900$ mm
 $l_{kip} = l_{cr} = f_2 l_{st} = 1,00 \cdot 1900 = 1900$ mm
reken met een ongesteunde lengte $l_{kip} = l_{cr} = 1900$ mm
afstand horizontale steun 1 v.a linker steunpunt 0,00 m
afstand horizontale steun 2 v.a linker steunpunt 1,90 m

deze factor is niet van toepassing, zodat $f_2 = 1,00$

Er wordt gerekend met de volgende gegevens:

lengte ligger tussen de gaffels $l_g = 1900$ mm
ongesteunde horizontale lengte $l = 1900$ mm
rekenwaarde buigend moment $M_{Ed} = 9,3$ kNm
kopmoment met grootste absolute waarde $M_{y,1,s,d} = 0,0$ kNm
kopmoment met kleinste absolute waarde $M_{y,2,s,d} = 0,0$ kNm

invloedsfactor uit tabel C1 $C_1 = 1,130$ -
invloedsfactor uit tabel C $C_2 = -0,450$ -
verhouding $\varphi = \beta = M_{y,2,s,d} / M_{y,1,s,d} = 0,00$ -
tabel 10, q-last en kopmomenten $B^* = 0,00$

$$\text{factor } B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{M}{l_{st}^2} + \frac{q}{q} = 0,00$$

$$B^* = \frac{8}{8} \cdot \frac{0,0}{20,7} + \frac{1,900}{1,900^2} = 0,00$$

toetsing kip art. 6.3.2.2 kipkrommen - Algemeen

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{9,3}{25,5} = 0,37$$

let op: de waarden voor C1 en C2 moet uit de tabellen 9 t/m 13 worden gebruikt bij formule 6.56 kromme a

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 0,907 \cdot 119,5 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 25,5 \text{ kNm}$$

$$6.56 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,690 + \sqrt{(0,690^2 - 0,553^2)}} = 0,907 -$$

maatgevende waarde $\chi_{LT} = 0,907$

$$\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - 0,2) + \lambda_{LT}^2] \quad \Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,21 (0,553 - 0,2) + 0,553^2] = 0,690 -$$

$$\lambda_{LT} = \sqrt{(W_y f_y / M_{cr})} = \sqrt{119,5 \cdot 235 \cdot 10^3 / 92} = 0,553 -$$

$$12.2.7 \quad M_{cr} = M_{ke} = k_{red} C / I_g \cdot \sqrt{(E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t)} = 1,00 \cdot \frac{4}{1900} \cdot \sqrt{(210000 \cdot 231 \cdot 80769 \cdot 6,0 \cdot 10^8)} = 92 \text{ kNm}$$

NEN 6771

$$b) \text{ dubbel-symmetrische profielen : } h / t_f \leq 75 = 114 / 8 = 14,3 -$$

aan deze eis wordt voldaan

$$c) \text{ dubbel-symmetrische profielen : } \alpha = h t_f 10^{12} / t_w^3 b I^2 \leq 575 = \frac{114 \cdot 8 \cdot 10^{12}}{5^3 \cdot 120 \cdot 1900^2} = 16842 -$$

aan deze eis wordt niet voldaan

$$k_{red} = \text{als } h / t_w > 75: k_{red} = -5,4 \cdot 10^{-5} \alpha + 1,03 = -5,4 \cdot 10^{-5} \cdot 16842 + 1,03 = 0,121$$

$$h / t_w = 114 / 5 = 22,8 \quad \alpha = 16842 \text{ eis } < 5000 \quad \text{conclusie: } k_{red} = 1,00 -$$

toepassingsgebied voor art. 12.2.1 NEN 6770

$$12.2.5.3 \quad C = \pi \frac{C_1 I_g}{I_{kip}} \left[\sqrt{(1 + \frac{\pi^2 S^2}{I_{kip}^2})} (C_2^2 + 1) + \pi \frac{C_2 S}{I_{kip}} \right]$$

NEN 6771

$$C = \pi \frac{1,130 \cdot 1900}{1900} \left[\sqrt{(1 + \frac{9,870 \cdot 570,6^2}{1900^2})} (-0,450^2 + 1) + \pi \frac{-0,450 \cdot 570,6}{1900} \right] = 3,6 -$$

$$12.2.11.b \quad S = \frac{h}{2} \sqrt{\left(\frac{E_d I_z}{G_d I_t} \right)} = \frac{114}{2} \sqrt{\left(\frac{2E+05 \cdot 230,9}{80769 \cdot 6,0} \right)} = 570,6 -$$

benadering geldt alleen voor I-profielen

toetsing kip art. 6.3.2.3 kipprommen voor gewalste profielen of equivalente gelaste profielen

$$6.54 \quad \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1,0 = \frac{9,349}{27,4} = 0,34 -$$

gebruik bij formule 6.57 kromme b

$$6.55 \quad M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_y f_y / \gamma_{M1} \quad M_{b,Rd} = 0,976 \cdot 119,5 \cdot 235 \cdot 10^6 / 1,00 = 27,4 \text{ kNm}$$

$$M_{cr} = 92 \quad \lambda_{LT} = 0,55 \quad \text{als bij berekening 6.3.2.2 kipprommen algemeen}$$

$$6.57 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \lambda_{LT}^2}} \leq 1,0 \quad \chi_{LT} = \frac{1}{0,641 + \sqrt{(0,641^2 - 0,75 \cdot 0,553^2)}} = 0,938 -$$

$$\chi_{LT} \leq 1 / \lambda_{LT}^2 = 1 / 0,55^2 = 3,3 - \text{maatgevende waarde } \chi_{LT} = 0,938 -$$

$$6.58 \quad \chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0,938 / 0,96 = 0,976 - \text{reken met } \chi_{LT,mod} = 0,976 -$$

$$f = 1 - 0,5(1 - k_{\phi}) [1 - 2,0(\lambda_{LT} - 0,8)^2] \leq 1,0 \quad f = 1 - 0,5(1 - 0,91) [1 - 2,0(0,553 - 0,8)^2] = 0,960 -$$

kip $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + \alpha_{LT} (\lambda_{LT} - \lambda_{LT,0}) + \beta \lambda_{LT}^2]$ $\Phi_{LT} = 0,5 [1 + 0,34 (0,55 - 0,4) + 0,75 \cdot 0,55^2] = 0,641 -$

NEN-EN 1996-1-1 art. 6.3.1 invoer t.b.v. bepaling druksterkte metselwerk voor berekening van de opleglengte

materiaal	= baksteen
gemiddelde druksterkte steen	$f_b = 15 \text{ N/mm}^2$
soort mortel	= metselmortel
de steen wordt ingedeeld in categorie	= II
doorgaande mortelvoeg // aan vlak van de wand	= nee 3.6.2.1(6)
perforaties in steen	$\leq 0 \%$ lintvoegen: $\geq 6,0 \text{ mm}$ en $\leq 15 \text{ mm}$
gemiddelde druksterkte mortel	$f_m = 7,5 \text{ N/mm}^2$ $N_{Rdc} = \beta A_b f_d$
hoogte van wand tot niveau onder de last	$h_c = 2800 \text{ mm}$
afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak link	$a_{1,l} = 500 \text{ mm}$
afstand einde wand tot zijkant rand oplegvlak rec	$a_{1,r} = 500 \text{ mm}$



3.6.1.2 karakteristieke druksterkte van metselwerk m.u.v. "shell bedded" metselwerk op basis van samenstellende materialen

$$3.1 \quad f_k = K \cdot f_b^a \cdot f_m^b = \underbrace{1,0 \cdot 0,6}_K * 15^{0,65} * 7,5^{0,25} = 5,8 \text{ N/mm}^2$$

$$2.4.3(1) \text{ bepaling rekenwaarde van de druksterkt } f_d = f_k / \gamma_M = 5,8 / 2,2 = 2,62 \text{ N/mm}^2$$

$$\beta = \text{de kleinste waarde van } 1,25 + a_1 / 2 \cdot h_c = 1,25 + 500 / 2 \cdot 2800 = 1,34 \quad \beta = 1,34 \text{ -}$$

opmerking

Bijlage 3 : CLT-Designer Uitvoer



Center of Competence
holz.bau forschungs gmbh
Inffeldgasse 24, A-8010 Graz
support@cltdesigner.at

CLTdesigner
Versie 8.1.2

Samenvatting van de berekenings-resultaten

Projektnummer:	MN001275
Projekt:	PHS Den Bosch -Vught
Bouwdeel:	CTL-dakpanelen
Doorsnede:	Derix: L-170/5s
Beschrijving:	
Datum:	27-okt-2022
Tijd:	14:19:27
Auteur:	

Inhouds-overzicht

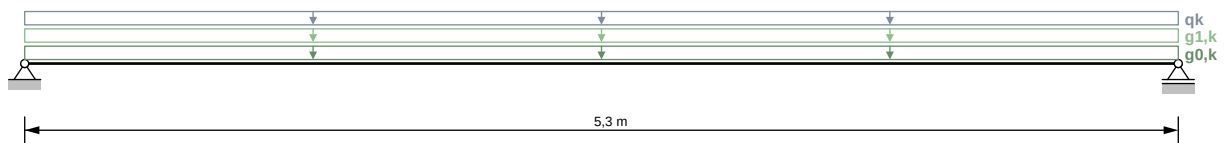
1 Algemeen	3
2 Statisch systeem	3
2.1 Oplegging	3
3 Doorsnede	3
3.1 Laag-opbouw	3
3.2 Materiaal parameters	4
3.3 Doorsnedegrootheden	4
4 Belastingen	4
5 Uitgangs-punten voor brand	5
6 Trillings-gegevens	5
7 Resultaten	5
7.1 Uiterste grenstoestand (ULS)	5
7.1.1 Buiging	5
7.1.2 Afschuiving	6
7.1.3 Oplegdruk	6
7.2 SLS	6
7.2.1 Doorbuiging	6
8 Bijlage	7
8.1 Kombinationen	7
8.2 Snede-krachten	7
8.3 Vervormingen	9
8.4 Oplegkrachten	10
8.4.1 Karakteristieke oplegreacties	10
8.4.2 Rekenwaarden oplegreacties	10
8.5 Controle	10
8.5.1 Buiging	11
8.5.2 Afschuiving	11
8.5.3 Oplegdruk	12
8.5.4 Vervormingen	12

1 Algemeen

Klimaatklasse 2

2 Statisch systeem

Een-velds ligger



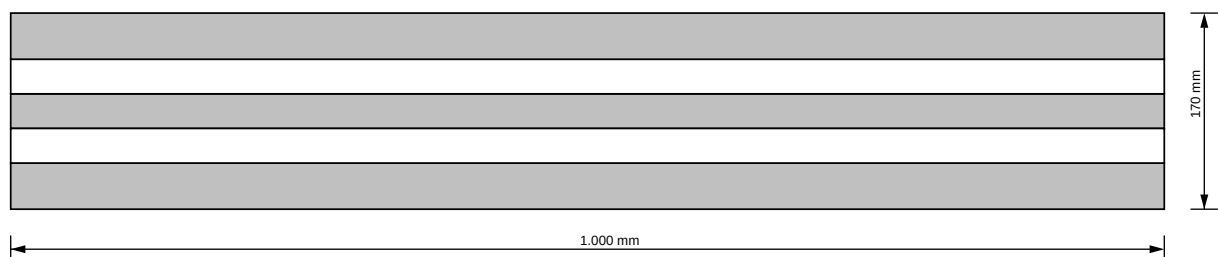
2.1 Oplegging

Oplegging	x	Breedte
A	0,0 m	0,06 m
B	5,3 m	0,06 m

3 Doorsnede

Kruislaaghout-produkten van de firma Derix: L-170/5s

5 Lagen (Hoogte: 170 mm)



3.1 Laag-opbouw

Laag	Dikte	Oriëntering	Materiaal
# 1	40 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019
# 2	30 mm	90	C24-DERIX-ETA 2019

# 3	30 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019
# 4	30 mm	90	C24-DERIX-ETA 2019
# 5	40 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019

Orientierung 0 = deklamel in overspanningsrichting; Orientierung 90 = deklamel haaks op overspanningsrichting

3.2 Materiaal parameters

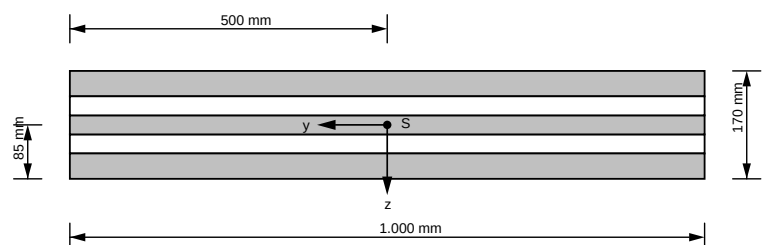
Deelfactor voor belasting/materiaal $\gamma_M = 1,25$

Systeemcoëfficiënt voor Kruislaaghout $k_{sys} = 1,15$

Materiaal parameters voor	C24-DERIX-ETA 2019
Buigsterkte [N/mm ²]	$k_{sys} \cdot 24,0$
Streksterkte parallel [N/mm ²]	14,5
Streksterkte loodrecht [N/mm ²]	0,4
Druksterkte evenwijdig [N/mm ²]	21,0
Druksterkte loodrecht [N/mm ²]	2,5
Schuifsterkte [N/mm ²]	2,5
Rolschuifsterkte [N/mm ²]	1,1
Elasticiteitsmodulus parallel [N/mm ²]	11.000,0
5% waarde van de elasticiteitsmodulus parallel [N/mm ²]	9.166,0
Elasticiteitsmodulus loodrecht [N/mm ²]	370,0 (0,0)
Schuifmodulus [N/mm ²]	690,0
Rolschuifmodulus [N/mm ²]	50,0
Dichtheid [kg/m ³]	350,0
Gemiddelde dichtheid [kg/m ³]	450,0

3.3 Doorsnedegrootheden

EA_{ef}	1,21E9 N
EI_{ef}	3,86E12 N·mm ²
GA_{ef}	1,411E7 N



4 Belastingen

Veld	$g_{0,k}$	$g_{1,k}$	q_k	Categorie	s_k	Hoogte/Regio	w_k
1	0,935 kN/m	1 kN/m ²	1,2 kN/m ²	H			

Deelfactoren voor belasting/materiaal:

$$\gamma_G = 1,35$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

Positie van de belasting:

Eigen gewicht: Geheel

Permanente belastingen: Geheel

Veranderlijke belasting: Velds-gewijs

Sneeuw: Velds-gewijs

Wind: Geheel

Combinaties:

Combinatie-factoren: overeenkomstig EN

Combinatie van gelijkmatig verdeelde en puntlasten:

q_k und Q_k als één belastingeval beoordelen

s und S als één belastingeval beschouwen

w_k und W_k als één belastingeval beoordelen

5 Uitgangs-punten voor brand

Geen specificaties beschikbaar

6 Trillings-gegevens

Geen specificaties beschikbaar

7 Resultaten

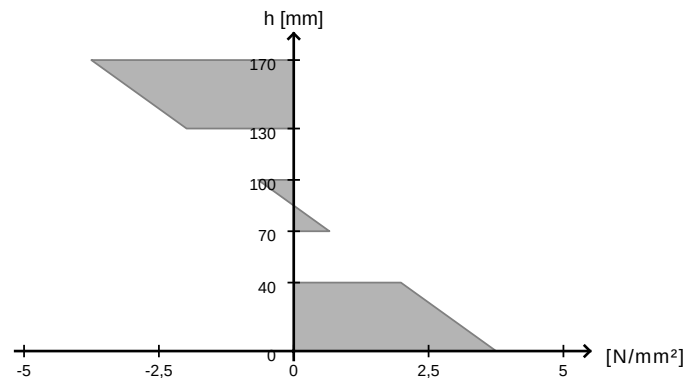
Onderliggende normen: EN 1995-1-1:2009, ON B 1995-1-1/NA:2014-11-15

Onderliggende berekenings-methode: Timoshenko

7.1 Uiterste grenstoestand (ULS)

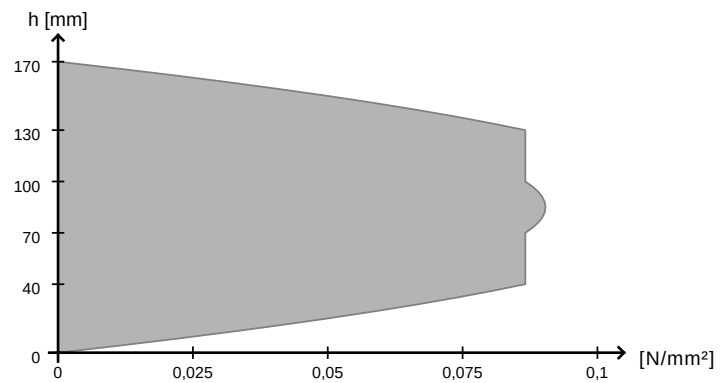
7.1.1 Buiging

Uitnutting	18,9 %
k_{mod}	0,9
bij x	2,65 m
Ek	2
Fundamentele combinatie	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



7.1.2 Afschuiving

Uitnutting	10,9 %
k_{mod}	0,9
bij x	0,0 m
Ek	2
Fundamentele combinatie	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



7.1.3 Oplegdruk

Uitnutting	7,9 %
k_{mod}	0,9
bij x	0,0 m
Ek	2
Fundamentele combinatie	$1,35 \cdot g_{0,k} +$ $1,35 \cdot g_{1,k} +$ $1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$



7.2 SLS

7.2.1 Doorbuiging

Grenswaarden volgens EN 1995-1-1

Beginvervorming $w_{inst} t = 0$: $l/300$ (9,1 mm, 51,6 %)

Eindvervorming $w_{\text{net,fin } t = \text{inf}}: l/250$ (15,3 mm, 72,3 %)

Eindvervorming $w_{\text{fin } t = \text{inf}}: l/150$ (15,3 mm, 43,4 %)

Grenswaarden volgens ON B 1995-1-1/NA:2014-11-15

Beginvervorming $w_{\text{inst } t = 0}: l/300$ (9,1 mm, 51,6 %)

Eindvervorming $w_{\text{net,fin } t = \text{inf}}: l/250$ (11,8 mm, 55,8 %)

Eindvervorming $w_{\text{fin } t = \text{inf}}: l/150$ (15,3 mm, 43,4 %)

Uitnutting	72,3 %
w_{max}	15,3 mm
k_{def}	1,1
bij x	2,65 m
Ek	8
Eindvervorming $w_{\text{net,fin } t = \text{inf}} (l/250)$	



8 Bijlage

8.1 Combinaties

Ek	$k_{\text{mod}} / k_{\text{def}}$	Combinaties
Fundamentele combinatie		
1	0,6	$1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k}$
2	0,9	$1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
3	0,6	$g_{0,k} + g_{1,k}$
4	0,9	$g_{0,k} + g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$
Buitengewone combinatie		
SLS Combinaties conform EN 1995-1-1		
6	1,1	$g_{0,k} + g_{1,k} + 1,00 \cdot q_k$
7	1,1	$g_{0,k} + (g_{0,k})_{\text{creep}} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{\text{creep}} + 1,00 \cdot q_k$
8	1,1	$g_{0,k} + (g_{0,k})_{\text{creep}} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{\text{creep}} + 1,00 \cdot q_k$
SLS Combinaties conform EN 1995-1-1:NB		
10	1,1	$g_{0,k} + g_{1,k} + 1,00 \cdot q_k$
12	1,1	$g_{0,k} + (g_{0,k})_{\text{creep}} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{\text{creep}} + 1,00 \cdot q_k$
13	1,1	$g_{0,k} + (g_{0,k})_{\text{creep}} + g_{1,k} + (g_{1,k})_{\text{creep}}$

8.2 Snede-krachten

Veld	x	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$
	[m]	[kN·m]	[kN]
Ek 1: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k}$			

Veld	x	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$
	[m]	[kN·m]	[kN]
1	0,0	0,0	6,922
1	0,53	3,302	5,538
1	1,06	5,87	4,153
1	1,59	7,705	2,769
1	2,12	8,805	1,384
1	2,65	9,172	-0,0
1	3,18	8,805	-1,384
1	3,71	7,705	-2,769
1	4,24	5,87	-4,153
1	4,77	3,302	-5,538
1	5,3	-0,0	-6,922
Ek 2: $1,35 \cdot g_{0,k} + 1,35 \cdot g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$			
1	0,0	0,0	11,692
1	0,53	5,577	9,354
1	1,06	9,915	7,015
1	1,59	13,014	4,677
1	2,12	14,873	2,338
1	2,65	15,493	-0,0
1	3,18	14,873	-2,338
1	3,71	13,014	-4,677
1	4,24	9,915	-7,015
1	4,77	5,577	-9,354
1	5,3	-0,0	-11,692
Ek 3: $g_{0,k} + g_{1,k}$			
1	0,0	0,0	5,128
1	0,53	2,446	4,102
1	1,06	4,348	3,077
1	1,59	5,707	2,051
1	2,12	6,522	1,026
1	2,65	6,794	-0,0
1	3,18	6,522	-1,026
1	3,71	5,707	-2,051
1	4,24	4,348	-3,077
1	4,77	2,446	-4,102
1	5,3	-0,0	-5,128
Ek 4: $g_{0,k} + g_{1,k} + 1,50 \cdot 1,00 \cdot q_k$			
1	0,0	0,0	9,898
1	0,53	4,721	7,918

Veld	x	$M_{y,d}$	$V_{z,d}$
	[m]	[kN·m]	[kN]
1	1,06	8,393	5,939
1	1,59	11,016	3,959
1	2,12	12,59	1,98
1	2,65	13,115	-0,0
1	3,18	12,59	-1,98
1	3,71	11,016	-3,959
1	4,24	8,393	-5,939
1	4,77	4,721	-7,918
1	5,3	-0,0	-9,898

8.3 Vervormingen

Veld	x	$w_{z,min}$	$w_{z,max}$
	[m]	[mm]	[mm]
Lastfallgruppe $g_{0,k}$			
1	0,0	0,00	0,00
1	0,53	0,86	0,86
1	1,06	1,63	1,63
1	1,59	2,22	2,22
1	2,12	2,59	2,59
1	2,65	2,72	2,72
1	3,18	2,59	2,59
1	3,71	2,22	2,22
1	4,24	1,63	1,63
1	4,77	0,86	0,86
1	5,3	0,00	0,00
Lastfallgruppe $g_{1,k}$			
1	0,0	0,00	0,00
1	0,53	0,93	0,93
1	1,06	1,74	1,74
1	1,59	2,37	2,37
1	2,12	2,77	2,77
1	2,65	2,91	2,91
1	3,18	2,77	2,77
1	3,71	2,37	2,37
1	4,24	1,74	1,74
1	4,77	0,93	0,93

Veld	x	$w_{z,min}$	$w_{z,max}$
	[m]	[mm]	[mm]
1	5,3	0,00	0,00
Lastfallgruppe q_k			
1	0,0	0,00	0,00
1	0,53	0,00	1,11
1	1,06	0,00	2,09
1	1,59	0,00	2,85
1	2,12	0,00	3,33
1	2,65	0,00	3,49
1	3,18	0,00	3,33
1	3,71	0,00	2,85
1	4,24	0,00	2,09
1	4,77	0,00	1,11
1	5,3	0,00	0,00

8.4 Oplegkrachten

8.4.1 Karakteristieke oplegreacties

Belastingeval	Oplegging	x	$F_{z,k,min}$	$F_{z,k,max}$
		[m]	[kN]	[kN]
$g_{0,k}$	A	0,0	2,478	2,478
	B	5,3	2,478	2,478
$g_{1,k}$	A	0,0	2,65	2,65
	B	5,3	2,65	2,65
q_k	A	0,0	0,0	3,18
	B	5,3	0,0	3,18

8.4.2 Rekenwaarden oplegreacties

Opleggin g	x	$F_{z,d,min}$	E_k	$F_{z,d,max}$	E_k
	[m]	[kN]		[kN]	
A	0,0	5,128	3	11,692	2
B	5,3	5,128	3	11,692	2

8.5 Controle

8.5.1 Buiging

Veld	x	Ek	k_{mod}	$M_{y,d}$	$\sigma_{max,d}$	$f_{m,d}$	η
	[m]		[-]	[kN·m]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
1	0,0	2	0,9	0,00	0,00	19,87	0,0
1	0,53	2	0,9	5,58	1,35	19,87	6,8
1	1,06	2	0,9	9,92	2,40	19,87	12,1
1	1,59	2	0,9	13,01	3,15	19,87	15,9
1	2,12	2	0,9	14,87	3,60	19,87	18,1
1	2,65	2	0,9	15,49	3,75	19,87	18,9
1	3,18	2	0,9	14,87	3,60	19,87	18,1
1	3,71	2	0,9	13,01	3,15	19,87	15,9
1	4,24	2	0,9	9,92	2,40	19,87	12,1
1	4,77	2	0,9	5,58	1,35	19,87	6,8
1	5,3	1	0,6	-0,00	0,00	13,25	0,0

8.5.2 Afschuiving

Veld	x	Ek	k_{mod}	$V_{z,d}$	$\tau_{v,d}$	$f_{v,d}$	η
					$\tau_{r,d}$	$f_{r,d}$	
	[m]		[-]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
1	0,0	2	0,9	11,69	0,09	1,80	5,0
					0,09	0,79	10,9
1	0,53	2	0,9	9,35	0,07	1,80	4,0
					0,07	0,79	8,8
1	1,06	2	0,9	7,02	0,05	1,80	3,0
					0,05	0,79	6,6
1	1,59	2	0,9	4,68	0,04	1,80	2,0
					0,03	0,79	4,4
1	2,12	2	0,9	2,34	0,02	1,80	1,0
					0,02	0,79	2,2
1	2,65	1	0,6	-0,00	0,00	1,20	0,0
					0,00	0,53	0,0
1	3,18	2	0,9	-2,34	0,02	1,80	1,0
					0,02	0,79	2,2
1	3,71	2	0,9	-4,68	0,04	1,80	2,0
					0,03	0,79	4,4
1	4,24	2	0,9	-7,02	0,05	1,80	3,0
					0,05	0,79	6,6

Veld	x	Ek	k_{mod}	$V_{z,d}$	$\tau_{v,d}$	$f_{v,d}$	η
					$\tau_{r,d}$	$f_{r,d}$	
	[m]		[-]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
1	4,77	2	0,9	-9,35	0,07	1,80	4,0
					0,07	0,79	8,8
1	5,3	2	0,9	-11,69	0,09	1,80	5,0
					0,09	0,79	10,9

8.5.3 Oplegdruk

Oplegging	x	Ek	k_{mod}	F_d	A_{sec}	$k_{c,90}$	$\sigma_{c,90,d}$	$f_{c,90,d}$	η
	[m]		[-]	[kN]	[mm ²]	[-]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[%]
A	0,0	2	0,9	11,69	60.000	1,38	0,19	2,48	7,9
B	5,3	2	0,9	11,69	60.000	1,38	0,19	2,48	7,9

8.5.4 Vervormingen

Veld	x	Ek	k_{def}	w_{max}	w_{grenz}	η
	[m]			[mm]	[mm]	[%]
1	0,0	6	1,1	0,00	17,67	0,0
1	0,53	8	1,1	4,87	21,20	23,0
1	1,06	8	1,1	9,16	21,20	43,2
1	1,59	8	1,1	12,49	21,20	58,9
1	2,12	8	1,1	14,60	21,20	68,9
1	2,65	8	1,1	15,32	21,20	72,3
1	3,18	8	1,1	14,60	21,20	68,9
1	3,71	8	1,1	12,49	21,20	58,9
1	4,24	8	1,1	9,16	21,20	43,2
1	4,77	8	1,1	4,87	21,20	23,0
1	5,3	6	1,1	0,00	17,67	0,0



Center of Competence
holz.bau forschungs gmbh
Inffeldgasse 24, A-8010 Graz
support@cltdesigner.at

CLTdesigner
Versie 8.1.2

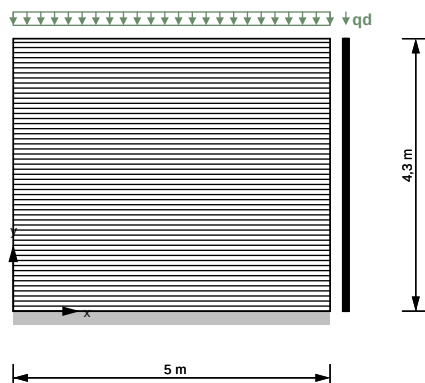
Samenvatting van de berekenings-resultaten

Projektnummer:	MN001275
Projekt:	Onderstation Vught
Bouwdeel:	CLT-wand
Doorsnede:	Derix: L-100/5s
Beschrijving:	
Datum:	27-okt-2022
Tijd:	14:21:46
Auteur:	M.Jamal

Inhouds-overzicht

1 Systeem	3
1.1 Wandafmetingen	3
1.2 Conditie van de oplegging	3
1.3 Doorsnede	3
1.3.1 Laag-opbouw	3
1.3.2 Materiaal parameters	4
1.3.3 Doorsnedegrootheden	4
2 Uitgangs-punten voor brand	4
3 Belasting-situatie en belasting-factoren	5
5 Resultaten	5
5.1 Uiterste grenstoestand (ULS)	5
5.1.1 Buiging met normaalkracht my+ny	5
5.1.2 Stabiliteit	5

1 Systeem



1.1 Wandafmetingen

Dikte: 4,3 m

Lengte: 5 m

1.2 Conditie van de oplegging

boven: scharnierend

onder: scharnierend

links: vrij

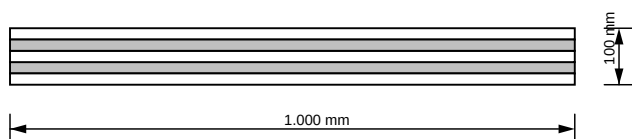
rechts: vrij

1.3 Doorsnede

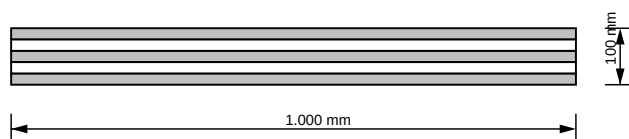
Kruislaaghout-produkten van de firma Derix: L-100/5s

5 Lagen (Hoogte: 100 mm)

Horizontale doorsnede



Verticale doorsnede



1.3.1 Laag-opbouw

Laag	Dikte	Oriëntering	Materiaal
# 1	20 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019
# 2	20 mm	90	C24-DERIX-ETA 2019

# 3	20 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019
# 4	20 mm	90	C24-DERIX-ETA 2019
# 5	20 mm	0	C24-DERIX-ETA 2019

Orientierung 0 = Laag georiënteerd in de richting van de muurlengte; Orientierung 90 = Laag georiënteerd in de richting van de muurhoogte

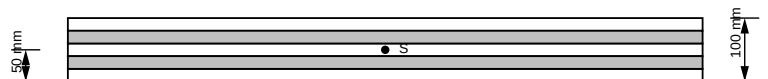
1.3.2 Materiaal parameters

Materiaal parameters voor	C24-DERIX-ETA 2019
Buigsterkte [N/mm ²]	$k_{sys} \cdot 24,0$
Streksterkte parallel [N/mm ²]	14,5
Streksterkte loodrecht [N/mm ²]	0,4
Druksterkte evenwijdig [N/mm ²]	21,0
Druksterkte loodrecht [N/mm ²]	2,5
Schuifsterkte [N/mm ²]	2,5
Rolschuifsterkte [N/mm ²]	1,1
Elasticiteitsmodulus parallel [N/mm ²]	11.000,0
5% waarde van de elasticiteitsmodulus parallel [N/mm ²]	9.166,0
Elasticiteitsmodulus loodrecht [N/mm ²]	370,0 (0,0)
Schuifmodulus [N/mm ²]	690,0
Rolschuifmodulus [N/mm ²]	50,0
Vlakschuifsterkte [N/mm ²]	5,0
Tosiersterkte [N/mm ²]	2,5

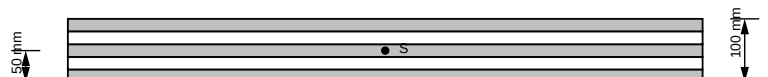
1.3.3 Doorsnedegrootheden

$K_{CLT,y}$	1,907E5 N·m
$S_{CLT,y}$	4,422E6 N/m
D_y	4,4E8 N/m
S_{xy}	4,656E7 N/m
$z_{S,x}$	0,05 m
$z_{S,y}$	0,05 m

Horizontale doorsnede



Verticale doorsnede



2 Uitgangs-punten voor brand

Geen specificaties beschikbaar

3 Belasting-situatie en belasting-factoren

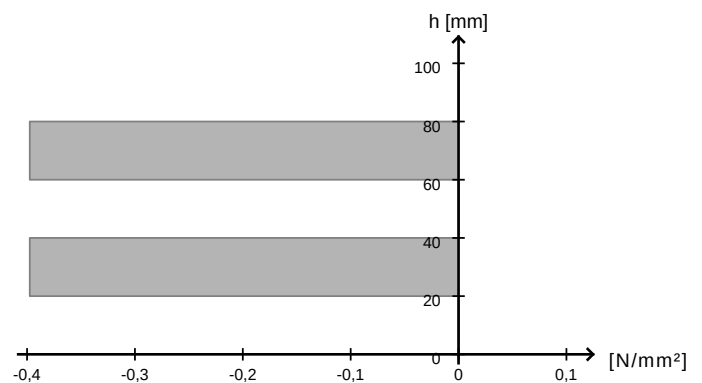
Verticale belasting	$q_d = 15,9 \text{ kN/m}$ $e_{qd} = 0,0 \text{ m}$ Percentage $g_d = 100,0 \%$ $\xi = 0,85$
Horizontale belasting	$H_d = 0,0 \text{ kN}$ $\Delta y_{Hd} = 0,0 \text{ m}$
Wind	$q_{\perp,d} = 0,0 \text{ kN/m}^2$
Modificatie-factor	$k_{mod} = 1,0$
Deelingsmateriaal	$\gamma_M = 1,25$
Systeem-factor	$k_{sys} = 1,1$

5 Resultaten

5.1 Uiterste grenstoestand (ULS)

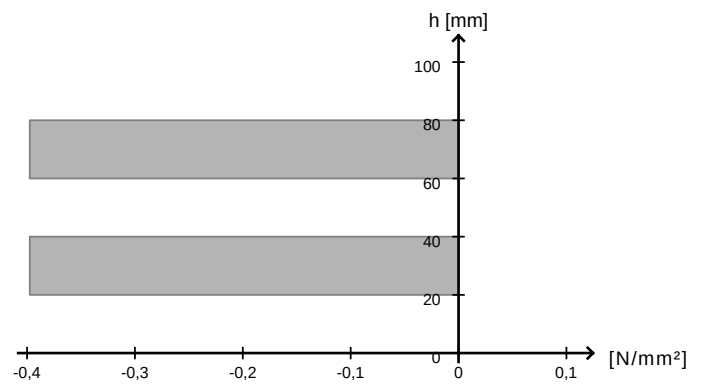
5.1.1 Buiging met normaalkracht $m_y + n_y$

Uitnutting	2,4 %
k_{mod}	1,0
bij $x \mid y =$	5,0 m $\mid$ 2,15 m
Fundamentele combinatie	$q_d + H_d + q_{\perp,d}$



5.1.2 Stabiliteit

Uitnutting	24,7 %
k_{mod}	1,0
bij x y =	5,0 m 2,15 m
Fundamentele combinatie	$q_d + H_d + q_{\perp,d}$
Kniklengte	4,3 m
β_c	0,1
Factor k_{05}	0,833
k_c	0,1



Bijlage 4 : Geotechnisch advies

MEMO

AAN Mushtaq Jamal / Wim van 't Land
VAN Uil MJ den (Martin)
TELEFOON 06 2021 1464
KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991
PROJECTNUMMER MN001911
ONDERWERP Funderingsadvies onderstation Vught, fundering op staal, vs 2
DATUM 12 juli 2023

Mushtaq, Wim,

In Vught wordt in de omgeving van de spoorlijn te Vught- Boxtel, ter hoogte van kilometering ca. km 51.270, naast de rijksweg N65, een nieuw onderstation gebouwd.

Gevraagd is voor dit nieuwe gebouw een funderingsadvies op te stellen.

Dit funderingsadvies voor het onderstation omvat de volgende onderdelen, die achtereenvolgens aan de orde komen:

1. Uitgangspunten
2. Grondonderzoek en -opbouw en grondwaterstand
3. Funderingswijze en rekenwaarde draagkracht fundering op staal
4. Conclusies.

1. Uitgangspunten

Voor dit geotechnische advies gelden de volgende uitgangspunten:

- Tekening "DO Doorsneden", nr. DO.01.03, tekeningdatum d.d. 28-10-2022, van Movares
- Tekening "DO Plattegronden, onderstation Vught", nr. BK.DO.01.01, d.d. 01-05-2023 van Movares
- Onder het nieuwe onderstation wordt een kelderruimte gerealiseerd, met een vloer van ca. 0,25 m dik, met een aanlegniveau van ca. 1,55 m minus maaiveld
- Graafwerk ten behoeve van aanleg of onderhoud van kabels is sterk lokaal en tijdelijk en zal de draagkracht van de fundering niet of nauwelijks beïnvloeden
- Afmeting van het grondvlak van het onderstation is ca. 14,1*9,6 m²
- De fundering wordt voornamelijk verticaal belast. De horizontale belasting is in verhouding daarvan relatief gering

MEMO

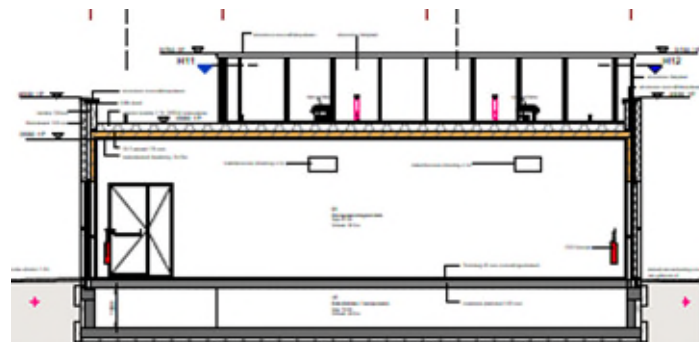
KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

- De locatie van het nieuwe onderstation is in onderstaande figuur 1 aangegeven:



Figuur 1: Situatie

- De doorsnede met de kelderfundering is in onderstaande figuur 2 weergegeven:



Figuur 2: Doorsnede

- Recent uitgevoerd bodemonderzoek: "PHS Den Bosch-Vught, Rapportage geotechnisch onderzoek", versie 2.2, definitief, d.d. 21 nov. 2022, kenmerk 1321-190001-21-R01-v2.2-20221121 van Fugro. De relevante sonderingen en boringen daaruit zijn gevoegd als bijlage I bij deze memo.
- Het zwaartepunt van het onderstation ligt nagenoeg in het midden van het gebouw
- Adviesnota van Movares: "PHS Den Bosch – Vught, bemalingen nabij kruising N65", versie 2.0, d.d. 3 mei 2023, kenmerk D80-HS-ADV-22001208

MEMO

KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

- De volgende geotechnische norm is gehanteerd:

Tabel 1: Normen Eurocode geotechniek

Eurocode	Titel
NEN-EN 1997-1 +C1+A1/NB - juli 2019	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp – Deel 1: Algemene regels, incl. nationale bijlage en correctie

2. Grondonderzoek, grondopbouw, grondwaterstanden

Bodemonderzoek

Het bodemonderzoek is gerapporteerd in: "PHS Den Bosch-Vught, Rapportage geotechnisch onderzoek", versie 2.2, definitief, d.d. 21 november 2022, kenmerk 1321-190001-21-R01-v2.2-20221121 van Fugro, de relevante sonderingen en boringen daaruit zijn gevoegd als bijlage I bij deze memo. Het betreft 2 sonderingen met kleef, genummerd A65L-003.780-2021-01-CPT-01 en A65L-003.810-2021-01-CPT-01.

Grondlagen

Uitgaande van deze bodemonderzoeksinformatie van de 2 genoemde beschikbare sonderingen, wordt de grondslag als volgt omschreven:

Het maaiveldniveau is ter hoogte van de 2 sondeerlocaties gemeten op ca. NAP +4,25 à +4,54 m.

Vanaf dit maaiveldniveau tot het niveau van NAP +2,7 wordt zand of zand met dunne kleilagen aangetroffen. Van NAP +2,7 tot een niveau van NAP +0,8 à +0,5 m komt zand voor met sondeerwaarden van 5 tot 10 MPa.

Van NAP +0,8 à +0,5 m tot NAP -0,2 à -0,5 m wordt zandige en siltige klei en veen aangetroffen.

Vanaf NAP -0,2 à -0,5 m tot ca. NAP -6,5 m wordt zand gevonden met lokaal een dunne kleilaag, gevolgd door van NAP -6,5 tot -7,0 m een (zandige) veen- of kleilaag met een sondeerwaarde van 0,5 tot 1,0 MPa.

Daaronder komt tot niveau einde sonderingen vastgepakt zand voor met hoge sondeerwaarden van 30 tot 65 MPa.

Grondwaterstand

De freatische grondwaterstand fluctueert. De GHG en GLG zijn bepaald op resp. NAP +3,90 en +3,10 m, dit is ca. 0,35 à 0,64 m en 1,15 à 1,44 m minus maaiveld.

Dit betekent dat tijdens realisatie van het onderstation (aanlegniveau 1,55 m minus peil, dit is afgaande op de maaiveldhoogte van de sondering A65L-003.810-2021-01-CPT-01 van NAP +3,25 m ca. NAP +2,70 m) rekening dient te worden gehouden met een bemaling.

MEMO

KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

3. Funderingswijze

3.1 Draagkracht

Gezien de grondslag (vanaf maaiveld komt tot grotere diepte vast zand voor, doorsneden door enkele klei en veenlagen) en de aanwezigheid van een verdiepte keldervloer als fundatie, wordt geadviseerd het onderstation te funderen op staal.

Bij de gegeven aanlegdiepte van ca. 1,5 minus maaiveld wordt op aanlegniveau de in par. 2 genoemde zandlaag (vanaf NAP +2,7 m) aangetroffen. Niet uitgesloten kan worden dat (locaal) op aanlegniveau nog een dunne kleilaag wordt gevonden. Geadviseerd wordt dit in het werk te controleren en zonodig een kleine grondverbetering uit te voeren, zodat de evt nog aanwezige klei wordt vervangen door goed verdicht zand.

Uitgangspunt bij de uitgevoerde berekeningen (zie verder) is dat het totale gewicht van het onderstation met inhoud (veranderlijke belasting) gelijkmatig verdeeld wordt afgevoerd naar de ondergrond, door een funderingsoppervlak van $14,1 \times 9,6 \text{ m}^2$. Verder is het van belang dat het fundament niet of nauwelijks asymmetrisch wordt belast. Dit is door de constructeur bevestigd.

De resultaten van deze draagkracht berekening met het computerprogramma DFoundations worden weergegeven in bijlage II.

Voor de toetsing van de draagkracht van deze fundering is gebruik gemaakt van het programma van Deltares Systems: DFoundations versie 21.1, module "fundering op staal". Dit programma is gebaseerd op de Eurocode 7, NEN9997-1.

De totale UGT-belasting is door de constructeur opgegeven, deze bedraagt 7663 kN, de gelijkmatig verdeelde funderingsdruk is daarmee $7663 / (14,1 \times 9,6) = 56,6 \text{ kN/m}^2$. Hierbij geldt als uitgangspunt de laagste grondwaterstand.

De rekenwaarde van de draagkracht is vastgesteld op $19795 / (14,1 \times 9,6) = 146 \text{ kN/m}^2$.

De rekenwaarde van de draagkracht is groter dan de belasting van $56,6 \text{ kN/m}^2$.

Er kan dus worden gefundeerd op staal, onder de voorwaarde dat de zettingen voor het onderstation toelaatbaar zijn, zie de volgende paragraaf.

MEMO

KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

3.2 Effect bemalingen op zetting

Tijdens aanleg van de op korte afstand aanwezige bakconstructie van de N65 is een bemaling uitgevoerd. Er is ook een bemaling voorzien tijdens de toekomstige sloop. De verlagingen van de freatische grondwaterstanden zijn vastgesteld op respectievelijk (aanleg en sloop) 4,0 en 2,5 m t.o.v. de GHG van NAP +3,8 m.

Voor de bemaling tijdens de sloop is door Movares een adviesnota opgesteld: "PHS Den Bosch – Vught, bemalingen nabij kruising N65", versie 2.0, d.d. 3 mei 2023, kenmerk D80-HS-ADV-22001208.

De genoemde verlagingen van de grondwaterstanden ter hoogte van de locatie van het nieuwe onderstation is af te lezen uit de figuren 1 en 2 van deze rapportage.

De duur van de bemaling tijdens aanleg van de bak van de N65 is aanzienlijk langer geweest dan de geplande duur van de benodigde bemaling tijdens de sloop. Er is dus eerder bemalen tot aan onder de samendrukbare lagen op ongeveer NAP 0,0 m. ter hoogte van het onderstation.

De samendrukbare grondlagen op ongeveer het niveau van NAP 0,0 m hebben door de al eerder uitgevoerde bemaling een hogere grensspanning gekregen, dan de maagdelijke korrelspanning zónder deze bemaling. Deze grondlagen zijn "voorbelaast". Dit gegeven is gunstig voor de berekende zetting van het onderstation en is meegenomen in de grondeigenschappen van de samendrukbare lagen in de zettingsberekening, middels het in rekening brengen van een POP-waarde.

Op het tijdstip dat het onderstation met een fundering op staal is gerealiseerd en er wordt daarna opnieuw bemalen voor de sloop, is er op het niveau van de samendrukbare lagen door de funderingsbelasting alsnog sprake van een iets hogere korrelspanning dan de eerder voorgenomen korrelspanning tijdens de bemaling alleen.

Dit betekent zetting. In de volgende paragraaf is de berekening van de zetting van het onderstation beschreven.

3.3 Zetting onderstation

Er is een zettingsberekening uitgevoerd, met de volgende uitgangspunten:

- de 2 beschikbare sonderingen, zie bijlage I
- de totaalbelasting BGT spreidt zich over het gehele oppervlak tot een gelijkmatig verdeelde belasting op het funderingsniveau van 1,55 m minus maaiveld tot $(3507+1323) / (14,1 \times 9,6 = 135 \text{ m}^2) = \text{ca. } 35,8 \text{ kN/m}^2$.
- daarbij is uitgegaan van de GLG van NAP +3,1 m, de laagste freatische grondwaterstand (de hoogste funderingsdruk)
- dit betekent een toename van de korrelspanning op aanlegniveau van $35,8 \text{ kN/m}^2$ minus $23,4 \text{ kN/m}^2 = 12,4 \text{ kN/m}^2$, gelijkmatig verdeeld
- daarbij komt nog 2,5 m verlaging van het grondwater tijdens de sloop van de bak van de N65, dit verhoogt tijdelijk de korrelspanning met $2,5 \times (17-10) = 17,5 \text{ kN/m}^2$

MEMO

KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

- Voor de samendrukbare lagen op ca. NAP 0,0 m is een POP van ca. 23 kN/m²) in rekening gebracht, op basis van een eerdere verlaging van 4,0 m, dit is de max. verlaging tijdens de eerdere aanleg van de N65 bakconstructie ter hoogte van de nieuwe locatie van het onderstation.

Voor de zettingsberekening is gebruik gemaakt van het programma van Deltares Systems: DSettlements versie 21.2. Dit programma is gebaseerd op de Eurocode 7, NEN9997-1.

De resultaten van deze berekening worden weergegeven in bijlage III en zijn samengevat als volgt:

- de berekende max. zetting bedraagt dan 19 mm, onzekerheidsmarge +/- 50%, dus max ongeveer 38 mm, zie bijlage III
- ongelijkmatige zetting over het gebouw is ingeschat op de helft van de max. zetting, dus ca. 20 mm, scheefstand dus max. $0,02/9,6 = 1/450$, dat is lager dan de esthetische eis van ca. 1/350
- de genoemde zetting treedt voor ca. 50% op al tijdens de bouw, omdat de consolidatietijd van de aanwezige klei/veen laag op ca. NAP beperkt is tot hoogstens een aantal maanden.

De lage representatieve beddingsconstante bedraagt 1800 kN/m³.

MEMO

KENMERK D80-MU-HS-MEMO-22003991

4. Conclusie

Geadviseerd wordt (gezien de grondslag) het onderstation te Vught te funderen op staal.

Aangetoond is dat de rekenwaarde van de draagkracht, uitgaande van een gelijkmatig verdeelde en centrische belasting, ruim hoger is dan de rekenwaarde van de belasting.

De berekende zetting van het onderstation is berekend op

- De berekende max. zetting bedraagt dan 19 mm, onzekerheidsmarge +/- 50%, dus max ongeveer 38 mm, zie bijlage III
- Ongelijkmatige zetting over het gebouw is ingeschat op de helft van de max. zetting, dus ca. 20 mm, scheefstand dus max. $0,02/9,6 = 1/450$, dat is lager dan de esthetische eis van ca. 1/350
- De genoemde zetting treedt voor ca. 50% op al tijdens de bouw, omdat de consolidatietijd van de aanwezige klei/veen laag op ca. NAP beperkt is tot hoogstens een aantal maanden

Bij de gegeven aanlegdiepte van ca. 1,5 minus maaiveld wordt op aanlegniveau de in par. 2 genoemde zandlaag (vanaf NAP +2,7 m) aangetroffen. Niet uitgesloten kan worden dat (locaal) op aanlegniveau nog een dunne kleilaag wordt gevonden. Geadviseerd wordt dit in het werk te controleren en zonodig een kleine grondverbetering uit te voeren, zodat de evt nog aanwezige klei wordt vervangen door goed verdicht zand.

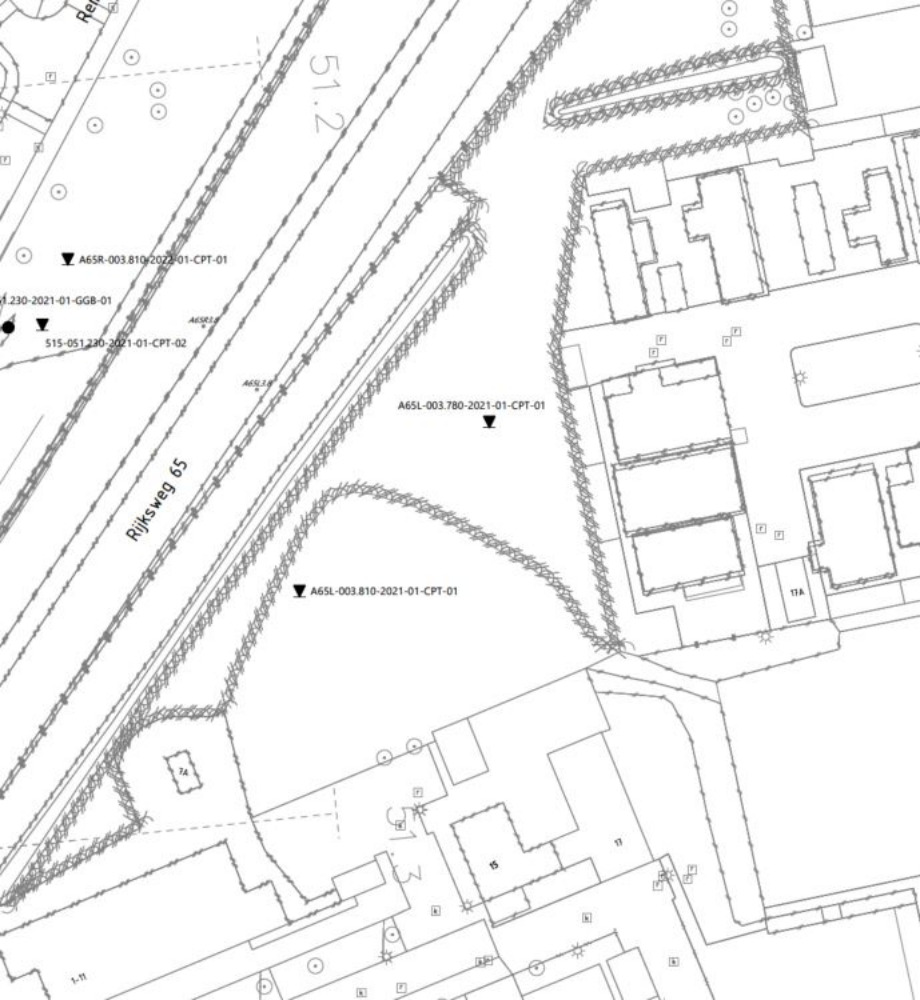
Geadviseerd wordt voorafgaand aan het storten van de vloeren de funderingsgrondslag goed te verdichten met een trilplaat, met een gewicht van ca. 2 tot 4 kN. Hierbij wordt het ontgravingsniveau afgetrild in 4 gangen, kruislings en overlappend.

Opgemerkt wordt dat gezien de bekende grondwaterstandsinformatie, tijdens realisatie van het onderstation (aanlegniveau 1,5 m minus maaiveld) rekening dient te worden gehouden met een (kleine) bemaling. Op verzoek kan hiervoor een bemalingsadvies worden opgesteld.

Met vriendelijke groet,

M.J. den Uil
adviseur geotechniek

Bijlage I: situatietekening grondonderzoek en sonderingen, evt. boringen
Bijlage II: rekenwaarde draagkracht fundering op staal DFoundations
Bijlage III: zettingsberekening DSettlements



51.2

▼ A65R-003.810-2021-01-CPT-01

515-051.230-2021-01-GGB-01

▼ 515-051.230-2021-01-CPT-02

Rijks weg 65

A65L-003.780-2021-01-CPT-01
▼

▼ A65L-003.810-2021-01-CPT-01

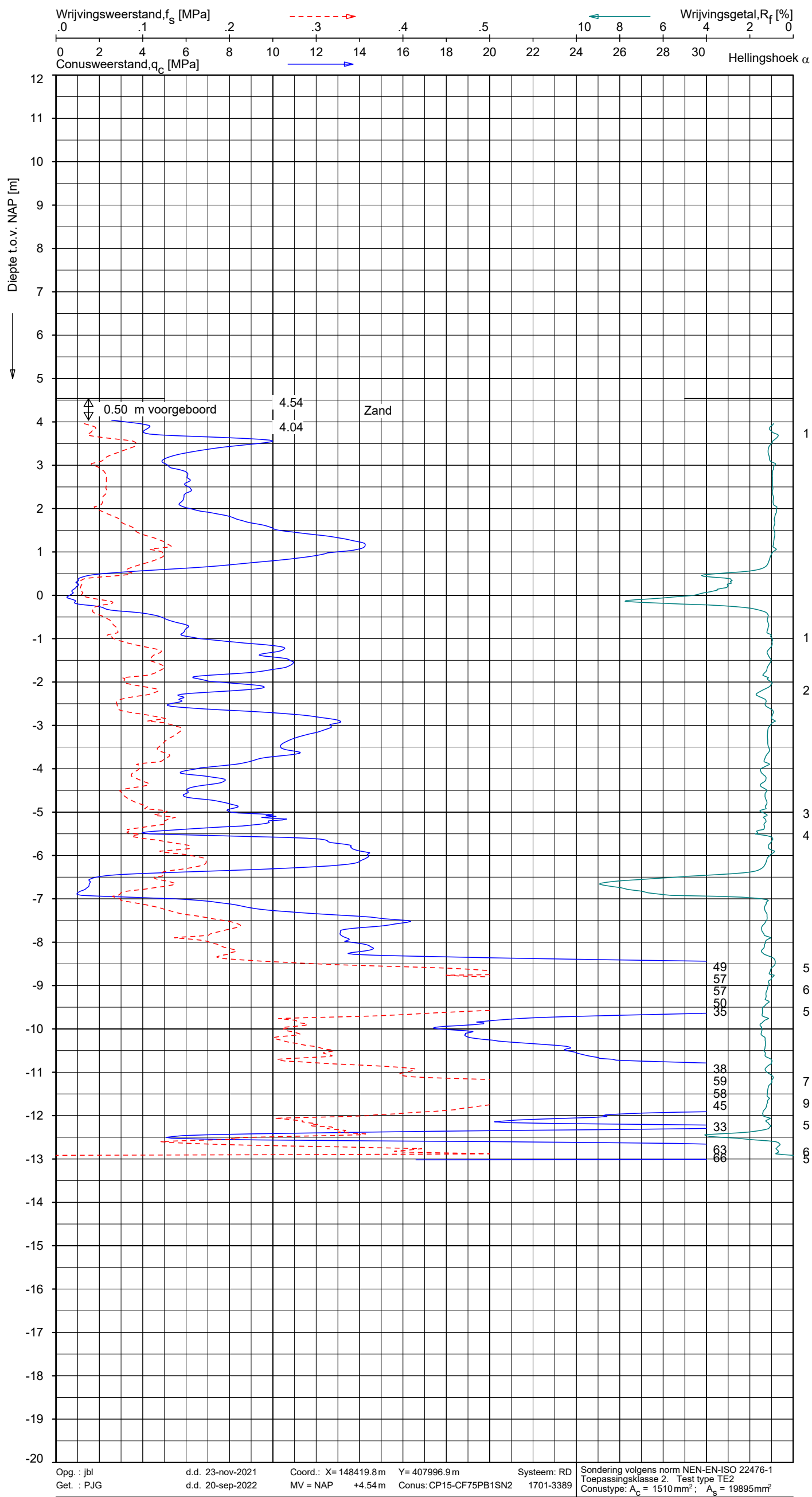
7A

17A

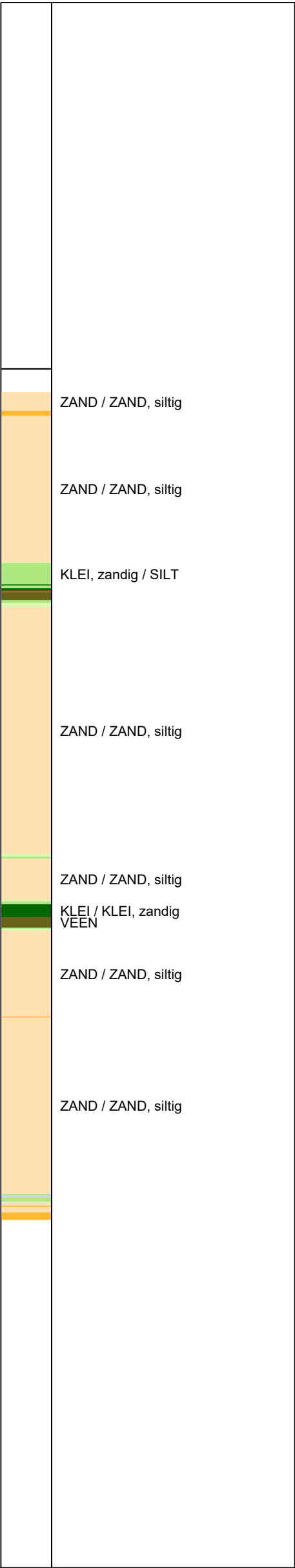
15

11

1-11



Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data
van de sondering, geldig onder
grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)

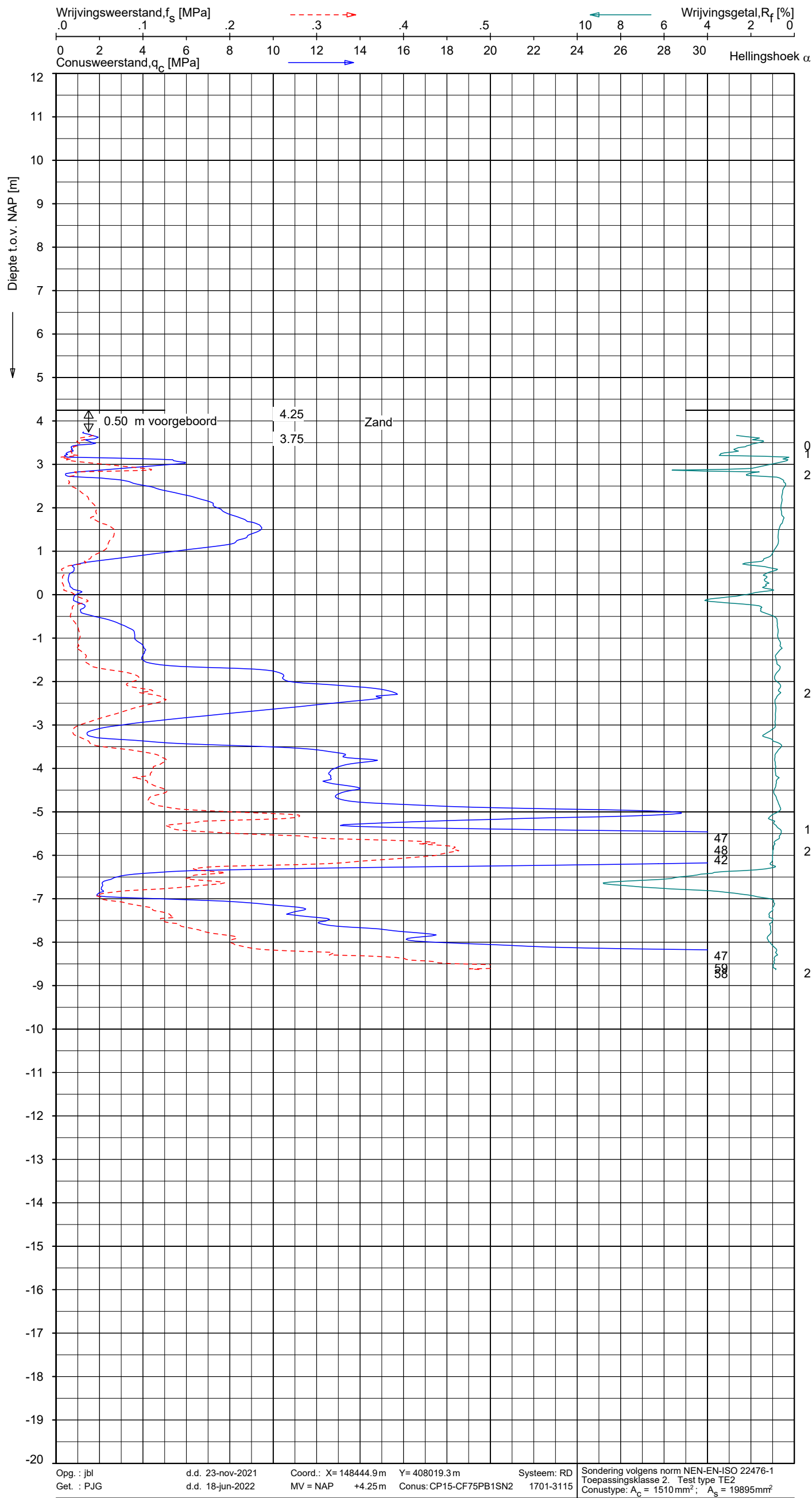


SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

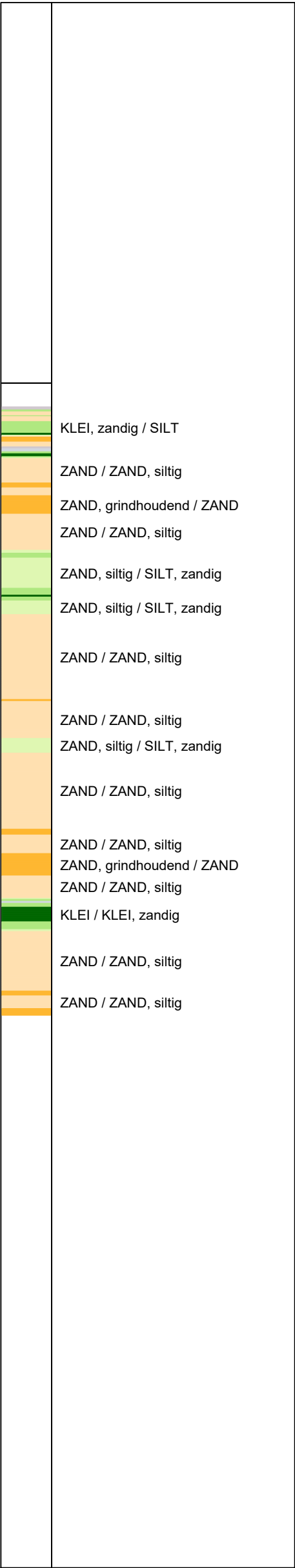
PHS DEN BOSCH-VUGHT

Opdr. 1321-190001
Sond. A65L-003.810-2021-01-CPT-01





Indicatieve bodembeschrijving
Automatisch gegenereerd uit data van de sondering, geldig onder grondwaterpeil (Robertson 1990, NL corr.)



SONDERING MET PLAATSELIJKE KLEEFMETING

PHS DEN BOSCH-VUGHT

Opdr. 1321-190001
Sond. A65L-003.780-2021-01-CPT-01



Report for D-Foundations 22.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 29-06-23
Time of report: 13:41:31
Report with version: 22.1.1.36055

Date of calculation: 29-06-23
Time of calculation: 13:40:51
Calculated with version: 22.1.1.36055

File name: Onderstation Vught 14_1 bij 9_6 m2

Project identification: Onderstation Vught
Rekenwaarde draagkracht druk
D-Foundations Onderstation Vught 14_1 bij 9_6 m2

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Shallow Foundations	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile A65L-003.780-2021-01-CPT-01	4
2.6.2 Soil Profile A65L-003.810-2021-01-CPT-01	5
2.7 Foundation Data	6
2.8 Foundation Plan	6
2.8.1 View of Foundation Plan	6
2.9 Load Data	7
2.9.1 Vertical Loads	7
2.9.2 Horizontal Loads	7
2.10 Requirements	7
2.11 Overruled Parameters	7
2.12 Model Options	7
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification	8
3.1 Verification of Limit State EQU	8
3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation	8
3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation	8
3.1.3 Horizontal Bearing Capacity	8
3.1.4 Stability	8
3.2 Verification of Limit State STR/GEO	8
3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO	8
3.3 Verification of Serviceability Limit State	9
3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State	9
3.4 Additional Information	9

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :
Design engineer superstructure :
Principal :

Title 1 : Onderstation Vught
Title 2 : Rekenwaarde draagkracht druk
Title 3 : D-Foundations Onderstation Vught 14_1 bij 9_6 m2
Number of project :
Location of project :

2.3 Application Area Model Shallow Foundations

The verifications performed by the model Shallow Foundation of D-FOUNDATIONS concern shallow foundations on which only static or quasi-static loads work. The foundation surface must be practically level and should not exceed an angle of 2.5 degrees with the horizon.

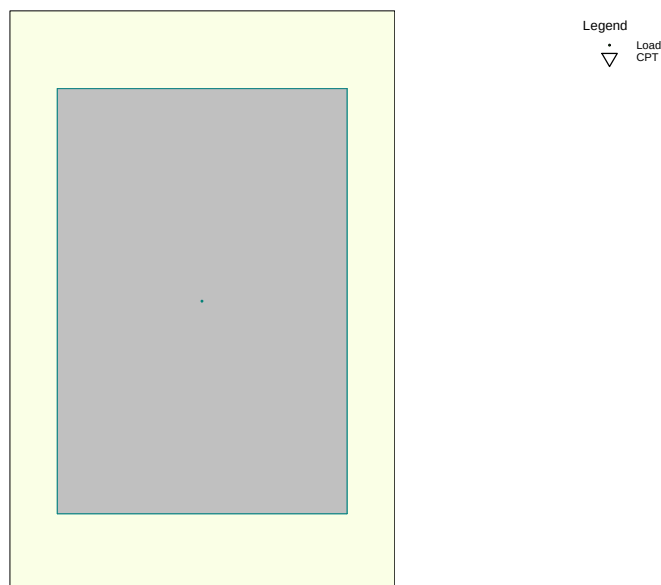
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 2

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Name CPT	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
A65L-003.7..	148444,91	408019,25
A65L-003.8..	148419,83	407996,87

2.6 Soil Data

Number of soilprofiles: 2

2.6.1 Soil Profile A65L-003.780-2021-01-CPT-01

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Placement depth of foundation element in [m R.L.] =

Concentration value according to Frohlich [-] =

Number of layers in profile :

A65L-003.780-2021-01-CPT-01

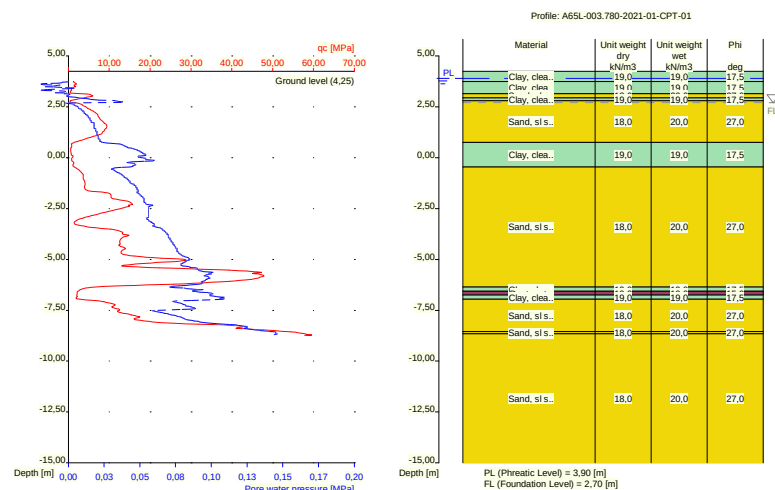
4,25

3,90

2,70

3

13



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	4,246	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
2	3,746	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
3	3,146	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	2,946	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
5	2,800	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
6	0,746	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
7	-0,454	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
8	-6,354	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
9	-6,554	10,00	10,00	15,00	1,00	10,00	0,46	0,02
10	-6,754	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
11	-6,954	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
12	-8,554	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
13	-8,654	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	4,246	0,00	Clay
2	3,746	0,00	Clay
3	3,146	0,26	Sand
4	2,946	0,00	Clay
5	2,800	0,26	Sand
6	0,746	0,00	Clay
7	-0,454	0,26	Sand
8	-6,354	0,00	Clay
9	-6,554	0,00	Peat
10	-6,754	0,00	Clay
11	-6,954	0,26	Sand
12	-8,554	0,26	Sand
13	-8,654	0,26	Sand

2.6.2 Soil Profile A65L-003.810-2021-01-CPT-01

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Placement depth of foundation element in [m R.L.] =

Concentration value according to Frohlich [-] =

Number of layers in profile :

A65L-003.810-2021-01-CPT-01

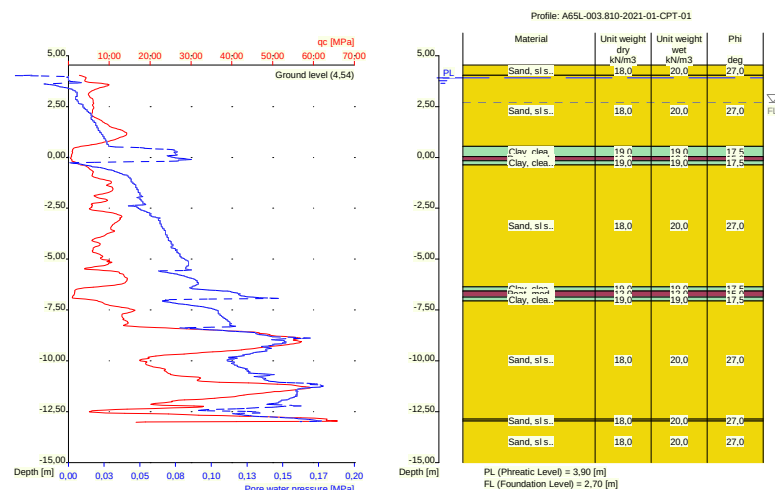
4,54

3,90

2,70

3

12



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	4,537	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	4,037	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
3	0,537	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
4	0,037	12,00	12,00	15,00	2,50	20,00	0,31	0,02
5	-0,163	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
6	-0,363	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
7	-6,363	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
8	-6,563	12,00	12,00	15,00	2,50	20,00	0,31	0,02

Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
9	-6,863	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,09	0,00
10	-7,063	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
11	-12,863	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00
12	-12,963	18,00	20,00	27,00	0,00	0,00	0,01	0,00

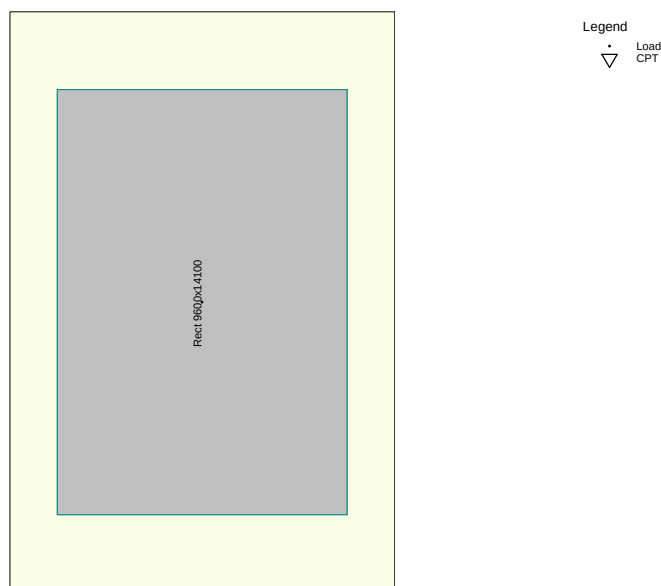
Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	4,537	0,26	Sand
2	4,037	0,26	Sand
3	0,537	0,00	Clay
4	0,037	0,00	Peat
5	-0,163	0,00	Clay
6	-0,363	0,26	Sand
7	-6,363	0,00	Clay
8	-6,563	0,00	Peat
9	-6,863	0,00	Clay
10	-7,063	0,26	Sand
11	-12,863	0,26	Sand
12	-12,963	0,26	Sand

2.7 Foundation Data

Element name	Element shape	Width [m]	Length [m]	Diameter [m]	Type
Rect 9600x14100 ...	Rectangular elem.	9,60	14,10	n.a.	Prefab

2.8 Foundation Plan

2.8.1 View of Foundation Plan



Element number/ name	Xm [m]	Ym [m]	angle [deg]	Matching type name	Matching profile name	Matching load name	Nearby slope
1: 1	0,00	0,00	0,00	Rect 9600x14100	A65L-00...	Geljkm v..	None
2: 2	0,00	0,00	0,00	Rect 9600x14100	A65L-00...	Geljkm v..	None

2.9 Load Data

2.9.1 Vertical Loads

Load	LS EQU/STR/GEO			SLS		
	eLat.	eLong.	Vd	eLat.	eLong.	Vd
	[m]	[m]	[kN]	[m]	[m]	[kN]
Geljkm ver..	0,00	0,00	6281,00	0,00	0,00	4830,00

2.9.2 Horizontal Loads

Load	LS EQU/STR/GEO		SLS		Kappa [deg]
	eH	Hd	eH	Hd	
	[m]	[kN]	[m]	[kN]	
Geljkm ver..	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00

2.10 Requirements

Limit state STR/GEO

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

Serviceability Limit State

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

2.11 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.12 Model Options

Do not create intermediate results file

Do not use the interaction model.

3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification

3.1 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.1.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Fpull [kN]	Result of verification
1	Case C	9055,04	70004,64	0,00	0,00	PASSED
2	Case C	9367,29	19794,45	0,00	0,00	PASSED

- the highest value of R_d is used in the verification!

- F_{pull} ($0.5 \cdot w' \cdot c_u$;d) is the tension force in the element per meter which should be handled by the element in case of squeeze (see art. 6.5.2.2 (r) NEN 9997-1:2016).

3.1.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Punch) [kN]	Rd (Punch) [kN]	Result of verification
1	Case C	6281,00	49040,29	9055,04	86606,27	PASSED
2	Case C	6281,00	56236,79	9367,29	99825,04	PASSED

Note: both the situation with and without punch through are checked!

3.1.3 Horizontal Bearing Capacity

Found elem. name	Hd [kN]	Rd undrained [kN]	Rd drained [kN]	Result of verification undrained	Result of verification drained
1	0,00	0,00	0,00	PASSED	PASSED
2	0,00	0,00	0,00	PASSED	PASSED

Note: As passive neither active soil loads are taken into account while determining the horizontal bearing capacity, the qualification "FAILED" in the above table is not a definitive answer. Additional calculations, based on NEN 9997-1:2016 Chapter 9 including all factors, can lead to a different conclusion.

3.1.4 Stability

Found elem. name	Minimum l' [m]	Minimum w' [m]	Phi`d [deg]	Tip over stability	Total stability
1	14,10	9,60	22,09	PASSED	PASSED
2	14,10	9,60	22,30	PASSED	PASSED

3.2 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$. $S_{req} = 0,000$ [m] $S_d = s_1; d + s_2; d$

Note: The user-defined S_{req} differs from the proposed value (0.15 m) as provided by NEN 9997-1:2016. Less strict values should be reviewed carefully.

3.2.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,076	0,076	0,053	PASSED	PASSED
2	0,075	0,077	0,059	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

The interaction model is not used. Hence a comparison at individual level of the different (types of) foundation elements is performed. Rotation is therefore not an issue.

3.3 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1:2016 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_{eq} = 0,000$ $S_d = s1;d + s2;d$

Note: The user-defined S_{req} differs from the imposed value (0.05 m) as provided by NEN 9997-1:2016.

3.3.1 Verification of the Serviceability Limit State

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
1	0,043	0,043	0,042	PASSED	PASSED
2	0,043	0,043	0,047	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

The interaction model is not used. Hence a comparison at individual level of the different (types of) foundation elements is performed. Rotation is therefore not an issue.

3.4 Additional Information

The maximum settlement at limit state STR/GEO is 0,134 meter and has been found at foundation element 2

The maximum settlement at the Serviceability Limit State is 0,089 meter and has been found at foundation element 2

End of Report

Report for D-Settlement 21.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Date of report: 29-06-23
Time of report: 14:44:51
Report with version: 21.2.1.34213

Date of calculation: 29-06-23
Time of calculation: 14:12:58
Calculated with version: 21.2.1.34213

File name: OS Vught

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Echo of the Input	3
2.1 Layer Boundaries	3
2.2 PI-lines	3
2.3 General Data	3
2.4 Soil Profiles	3
2.5 Soil Properties	4
2.6 Rectangular Loads	4
2.7 Verticals	4
3 Results per Vertical	5
3.1 Results for Vertical 1 (X = 50,00 m; Z = 0,00 m)	5
4 Settlements	6
4.1 Settlements	6
4.2 Residual Times	6
5 Warnings and errors	7

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
7 - X -	0,000	100,000			
7 - Y -	4,300	4,300			
6 - X -	0,000	100,000			
6 - Y -	2,800	2,800			
5 - X -	0,000	100,000			
5 - Y -	0,700	0,700			
4 - X -	0,000	100,000			
4 - Y -	0,100	0,100			
3 - X -	0,000	100,000			
3 - Y -	-0,200	-0,200			
2 - X -	0,000	100,000			
2 - Y -	-6,500	-6,500			
1 - X -	0,000	100,000			
1 - Y -	-7,000	-7,000			
0 - X -	0,000	100,000			
0 - Y -	-8,000	-8,000			

2.2 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	0,000	100,000			
1 - Y -	3,100	3,100			

2.3 General Data

Soil model:	Koppejan
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Natural
Groundwater level:	Initial determined by PI-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	None
End of consolidation:	10000,00 [days]
No maintain profile	
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
With submerging	
(only for non uniform loads)	
- Iteration stop criterium :	0,10 [m]
Load column width	
- Non-Uniform Loads :	1,00 [m]
- Trapeziform Loads :	1,00 [m]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PI-line top	PI-line bottom
7	Dense Sand	1	1
6	Dense Sand	1	1
5	Medium Clay	1	1
4	Peat	1	1
3	Dense Sand	1	1
2	Peat	1	1
1	Dense Sand	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
7	Yes	19,00	21,00
6	Yes	19,00	21,00
5	No	17,00	17,00
4	No	12,00	12,00
3	Yes	19,00	21,00
2	No	12,00	12,00
1	Yes	19,00	21,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m ² /s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [-]	Initial vertical permeability [m/s]
7	Vert. cons.	-	-	-	-
6	Vert. cons.	-	-	-	-
5	Vert. cons.	1,00E-08	-	-	-
4	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
3	Vert. cons.	-	-	-	-
2	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	Precons. pressure [kN/m ²]	POP [kN/m ²]	OCR [-]
7	-	23,00	-
6	-	23,00	-
5	-	23,00	-
4	-	23,00	-
3	-	23,00	-
2	-	23,00	-
1	-	23,00	-

Layer number	Primary compr. coeff.		Secular compr. coeff.		Swell constants	
	Cp [-]	Cp' [-]	Cs [-]	Cs' [-]	Ap [-]	As [-]
7	9,00E+02	3,00E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+00	1,00E+00
6	9,00E+02	3,00E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+00	1,00E+00
5	4,50E+01	1,50E+01	4,80E+02	1,60E+02	1,00E+00	1,00E+00
4	2,25E+01	7,50E+00	9,00E+01	3,00E+01	1,00E+00	1,00E+00
3	9,00E+02	3,00E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+00	1,00E+00
2	2,25E+01	7,50E+00	9,00E+01	3,00E+01	1,00E+00	1,00E+00
1	9,00E+02	3,00E+02	1,00E+99	1,00E+99	1,00E+00	1,00E+00

2.6 Rectangular Loads

Load number	Time	Magnitude [kN/m ²]	Dimension		Center			Shape factor [-]
	[days]		Width(x) [m]	Width(z) [m]	X [m]	Y [m]	Z [m]	
1	1	12,40	14,10	9,60	50,00	2,80	0,00	0,50
2	1	17,50	100,00	100,00	50,00	1,30	0,00	0,50

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1	50,000				

3 Results per Vertical

3.1 Results for Vertical 1 (X = 50,00 m; Z = 0,00 m)

Depth	Effective Stress	Hydraulic head	Loading	Settlement
[m]	[kPa]	[m]	[kPa]	[m]
4,300	0,001	4,300	0,000	0,019
4,200	1,900	4,200	0,000	0,019
4,100	3,800	4,100	0,000	0,019
4,000	5,700	4,000	0,000	0,019
3,900	7,600	3,900	0,000	0,019
3,800	9,500	3,800	0,000	0,019
3,700	11,400	3,700	0,000	0,019
3,600	13,300	3,600	0,000	0,019
3,550	14,250	3,550	0,000	0,019
3,500	15,200	3,500	0,000	0,019
3,400	17,100	3,400	0,000	0,019
3,300	19,000	3,300	0,000	0,019
3,100	22,800	3,100	0,000	0,019
2,800	32,357	3,100	6,200	0,019
2,800	32,357	3,100	6,200	0,019
2,250	38,605	3,100	6,293	0,019
1,750	44,427	3,100	6,521	0,018
1,200	59,682	3,100	15,621	0,018
0,700	65,625	3,100	15,969	0,018
0,700	65,625	3,100	15,969	0,018
0,400	67,982	3,100	16,169	0,016
0,100	70,321	3,100	16,351	0,013
0,100	70,321	3,100	16,351	0,013
-0,050	70,732	3,100	16,433	0,010
-0,200	71,136	3,100	16,509	0,006
-0,200	71,136	3,100	16,509	0,006
-0,950	79,792	3,100	16,773	0,006
-1,950	91,036	3,100	16,826	0,006
-2,950	102,004	3,100	16,604	0,006
-3,350	106,337	3,100	16,461	0,006
-4,100	114,408	3,100	16,140	0,005
-5,100	125,112	3,100	15,654	0,005
-6,100	135,802	3,100	15,154	0,005
-6,500	140,083	3,100	14,959	0,005
-6,500	140,083	3,100	14,959	0,005
-6,750	140,511	3,100	14,839	0,003
-7,000	140,941	3,100	14,722	0,000
-7,000	140,941	3,100	14,722	0,000
-7,500	146,310	3,100	14,496	0,000
-8,000	151,690	3,100	14,281	0,000

4 Settlements

4.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Z co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	50,00	0,00	4,30	0,019

4.2 Residual Times

Vertical number	Time [days]	Settlement [m]	Part of final settlement [%]	Residual settlements [m]
1	30	0,012	65,470	0,006
	360	0,016	85,942	0,003
	10000	0,019	100,000	0,000

5 Warnings and errors

List of non-fatal warnings and errors generated during calculation.

- 1 Model Koppejan is not ideal for unloading (e.g. load removal, temporary dewatering, gradual submerging). If A_s is much larger than C_s' , unloading will yield almost no effect on creep. Switch to the NEN-Bjerrum or abc Isotache model for improved predictions.

End of Report

 **Movares** samen werkt het