

Klimaatrobuust Beekdal Sint-Oedenrode – Ontwerp bruggen

Bruggen Zwembad / Dommelpark en Cathalijnepad

Definitief

Waterschap De Dommel / Gemeente Meierstad



Greenrivers B.V.
Amersfoort, 29 oktober 2021

Verantwoording

Titel : Klimaatrobuust beekdal Sint-Oedenrode – Ontwerp bruggen
Subtitel : Bruggen Zwembad / Dommelzicht en Cathalijnepad
Projectnummer : P19-008
Referentienummer : P19-008-01
Revisie : D1
Datum : 29 oktober 2021

Auteur(s) : Ing. C.A. van 't Slot
E-mail adres : casper.vantslot@greenrivers.nl
Gecontroleerd door : Ir. R.C.M. Delhez
Paraaf gecontroleerd : 
Goedgekeurd door : Ir. C. Bisschop
Paraaf goedgekeurd : 
Contact : Muurhuizen 30
3811 EJ Amersfoort
info@greenrivers.nl
www.greenrivers.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Projectomschrijving.....	4
1.2	Doel rapportage	5
2	Huidige situatie	6
2.1	Archiefgegevens	6
2.2	Bestaande brugconstructie Zwembad / Dommelpark	6
2.3	Bestaande brugconstructie Cathalijnepad	8
3	Uitgangspunten nieuwe bruggen	10
3.1	Normen en richtlijnen	10
3.2	Project specifieke ontwerpdocumenten	11
3.3	Vormgeving bruggen	11
3.4	Hydraulische randvoorwaarden	12
3.5	Constructieve uitgangspunten	12
3.5.1	Gevolg en betrouwbaarheidsklasse	12
3.5.2	Ontwerplevensduur.....	13
4	Ontwerp nieuwe bruggen	14
4.1	Functioneel ontwerp	14
4.1.1	Gebruikers van de brug	14
4.1.2	Kruisende infrastructuur	16
4.1.3	Inpassing.....	16
4.2	Opbouw bruggen.....	17
4.3	Belastingen en belastingcombinaties	18
4.3.1	Belastingen	18
4.3.2	Belastingcombinaties	20
4.4	Uitgevoerde berekeningen	21
4.4.1	Dekconstructie brug Zwembad/Dommelpark.....	21
4.4.2	Tussensteunpunten en landhoofden brug Zwembad/Dommelpark	21
4.4.3	Dekconstructie brug Cathalijnepad	21
4.4.4	Tussensteunpunt en landhoofden brug Cathalijnepad	21

Bijlagen:

1	Ontwerptekening voetgangersbrug Zwembad/ Dommelpark
2	Ontwerptekening fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad
3	Documentatie ThorcaBridge.
4	Profielgrootheden dek brug Zwembad/ Dommelpark
5	Berekening landhoofden en tussensteunpunten brug Zwembad/ Dommelpark
6	Profielgrootheden dek brug Cathalijnepad
7	Berekening landhoofden en tussensteunpunten brug Cathalijnepad

1 Inleiding

1.1 Projectomschrijving

Aanleiding en doel project Klimaatrobuust Beekdal Sint-Oedenrode

Waterschap De Dommel (WDD) heeft de taak om de bebouwde kernen binnen zijn beheergebied te beschermen tegen inundaties uit het oppervlaktewater. De wateroverlastnorm is vastgelegd in de 'Interim omgevingsverordening Noord-Brabant' (eind 2021 wordt de nieuwe 'Omgevingsverordening Noord-Brabant' vastgesteld). De Interim omgevingsverordening van de Provincie Noord-Brabant geeft aan dat bebouwd gebied beschermd moet zijn tegen overstromingen die gemiddeld 1 x per 100 jaar voorkomen (T100). Uit onderzoek is naar voren gekomen dat de bebouwde kern van Sint-Oedenrode, rekening houdend met klimaatverandering, volgens de norm niet voldoende beschermd is tegen (toekomstige) hoogwatersituaties. In het project Klimaatrobuust Beekdal Sint-Oedenrode hebben Waterschap De Dommel en Gemeente Meierijstad intensief samengewerkt om tot een integraal inrichtingsplan voor de Dommel te komen. Het doel van het project is het realiseren van een robuust beekdal in Sint-Oedenrode waarmee diverse subdoelen worden gerealiseerd met betrekking tot klimaat en beekherstel:

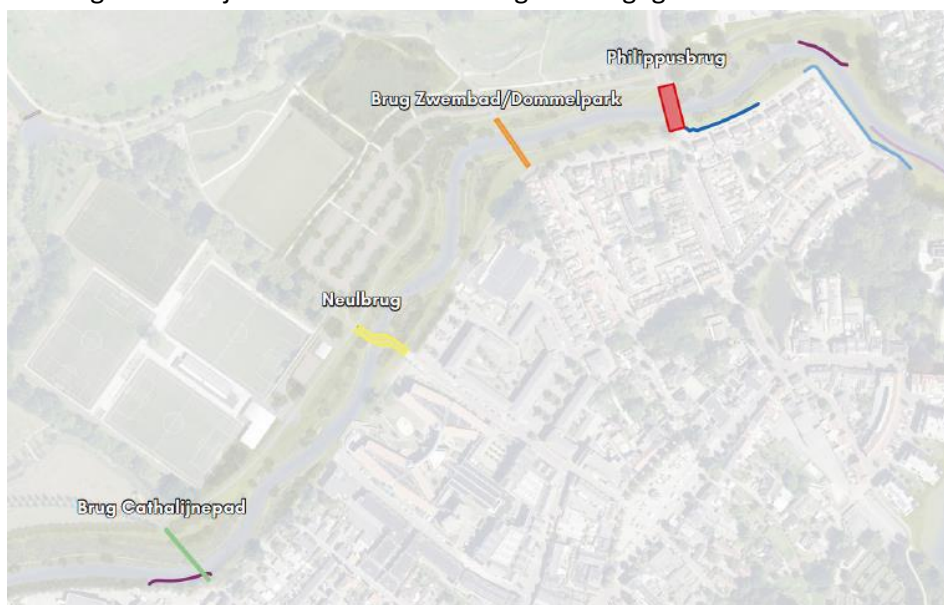
- a) geen overlast bij extreme neerslag;
- b) hogere (grond-)waterstanden bij extreme droogte;
- c) verminderen hittestress;
- d) verbetering waterkwaliteit;
- e) Kaderrichtlijn Water doelstellingen (beekherstel);
- f) aanleg/verbetering ecologische verbindingszone door de bebouwde kom;
- g) bijdrage aan beleidsthema Mooi Water en andere klimaatambities.

Onderdeel van het project betreft het verbreden en aanpassen van het zomer- en winterbed van de Dommel ter plaatse van het Sportpark. In dit gedeelte van het project bevinden zich een viertal bruggen welke vanwege de verbreding aangepast of vernieuwd dienen te worden.

Deze bruggen zijn:

- Voetgangersbrug Zwembad/Dommelpark. De bestaande brug wordt geheel vervangen door een nieuwe brug.
- Fiets- / voetgangersbrug Cathalijnepad. De bestaande brug wordt geheel vervangen door een nieuwe brug.
- Fiets- voetgangersbrug Neulbrug. De bestaande brug is in 2008/2009 aangebracht. De wens bestaat om het brugdek niet te vervangen maar onderdeel te laten zijn van de nieuwe constructie.
- Verkeerbrug Philippusbrug. Het bestaande brugdek heeft nog een relatief lange restlevensduur. Het bestaande dek zal dan ook gehandhaafd blijven. In het verlengde van de bestaande brug zal een uitbreiding worden aangebracht.

De bruglocaties zijn in de onderstaande figuur aangegeven.



Onderliggend document is onderdeel van een serie van drie rapporten waarbij per zelfde type brug het ontwerp is weergegeven. De onderstaande tabel geeft een overzicht van de bruggen en de hieraan gekoppelde rapportnummers.

Document	Brug
P19-008-01	Bruggen Zwembad / Dommelpark en Cathalijnepad
P19-008-02	Brug Neulbrug
P19-008-03	Brug Philippusbrug

De fiets- voetgangersbruggen “Zwembad / Dommelpark” en “Cathalijnepad” zijn gecombineerd doordat de opdrachtgever gekozen heeft voor eenzelfde type brugconstructie.

1.2 Doel rapportage

De uitwerking zoals gegeven in deze rapportage kan gezien worden als een referentieontwerp.

2 Huidige situatie

2.1 Archiefgegevens

Van de huidige bruggen Zwembad/Dommelpark en Cathalijnepad zijn geen tekeningen en/of berekeningen beschikbaar.

2.2 Bestaande brugconstructie Zwembad / Dommelpark

Foto's bestaande brug

Zie onderstaand.



Afmetingen en hoogteligging bestaande brug

Breedte van de brug

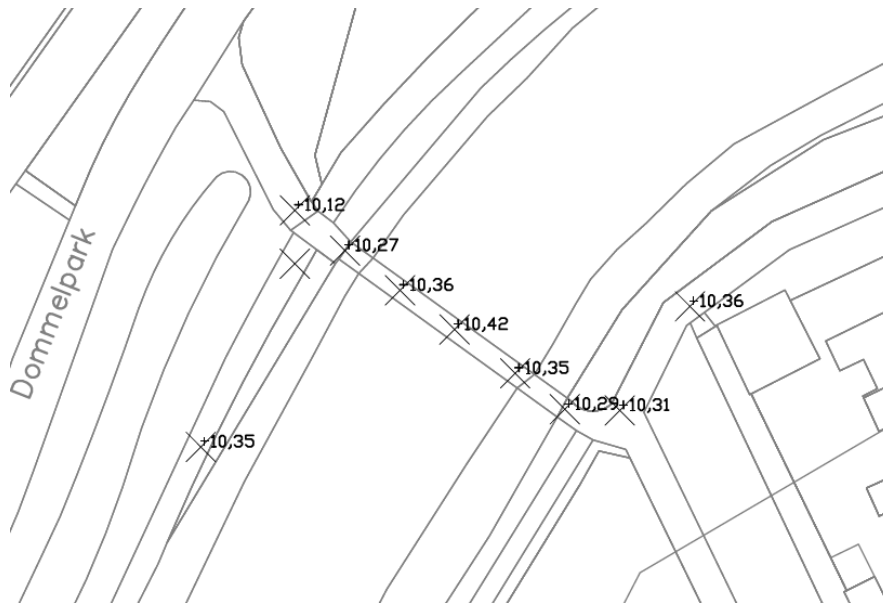
De breedte van de bestaande brug bedraagt, conform opgave, ca. 1,8 meter.

Overspanningen van de brug

Betreft een voetgangersbrug bestaande uit een tweetal overspanningen. De ondersteuning van de brug bestaat uit een tweetal landhoofden en een middenpijler welke in het profiel van de Dommel staat. Zoals gezegd ontbreken de tekening en berekening van deze brug zodat overspanningslengten van de brug niet bekend zijn. De brug is ingemeten en heeft een totale lengte van ca. 24,2 meter. De overspanningslengte van de brugdelen is ca. 12,1 meter.

Hoogteligging van de brug

Zie onderstaande figuur. Hoogte van de brug aan de Centrumzijde bedraagt ca. N.A.P. +10,29 meter. De hoogte aan de zijde van het Sportpark bedraagt N.A.P. +10,27 meter.

Hergebruik mogelijk?

In principe is de huidige brug niet geschikt voor hergebruik binnen het project. Dit vanwege de beperkte breedte van de brug. De brugdelen lijken echter nog prima dienst te kunnen doen op een andere locatie.

Van de landhoofden is niets bekend. Aangenomen mag worden dat er een fundatiebalk aanwezig is welke op palen is gefundeerd. Het tussensteunpunt bestaat uit een houten onderslagbalk op een tweetal houten palen. De nieuw te realiseren brug komt ongeveer op dezelfde locatie terug. Hergebruik is echter niet mogelijk. De landhoofden en het tussensteunpunt dienen te worden geamoveerd.

2.3 Bestaande brugconstructie Cathalijnepad

Foto's bestaande brug

Zie onderstaand.



Afmetingen bestaande brug

Breedte van de brug

De breedte van de bestaande brug bedraagt, conform opgave, ca. 2,0 meter.

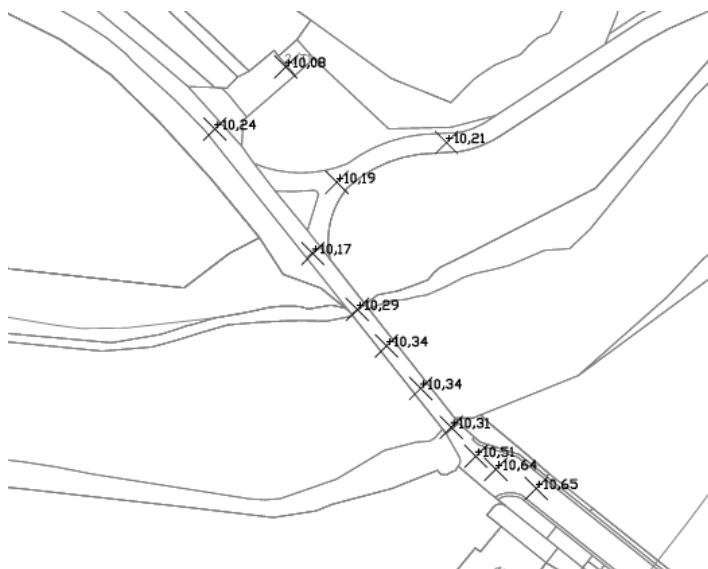
Overspanningen van de brug

Betreft een voetgangersbrug bestaande uit een drietal overspanningen. De ondersteuning van de brug bestaat uit een tweetal landhoofden en een tweetal middenpijlers welke in het profiel van de Dommel staan.

Zoals gezegd ontbreken de tekening en berekening van deze brug zodat overspanningslengten van de brug niet bekend zijn. De brug is ingemeten en heeft een totale lengte van ca. 17,4 meter.

Hoogteligging van de brug

Zie onderstaande figuur. Hoogte van de brug aan de Centrumzijde bedraagt ca. N.A.P. +10,31 meter. De hoogte van de aansluitende weg (Hoge Vonderstraat) bedraagt N.A.P. +10,29 meter.



Hergebruik mogelijk?

In principe is de huidige brug niet geschikt voor hergebruik binnen het project. Dit vanwege de beperkte breedte van de brug. De brugdelen lijken echter nog prima dienst te kunnen doen op een andere locatie.

Van de landhoofd aan de Sportparkzijde is niets bekend. Aangenomen mag worden dat er een fundatiebalk aanwezig is welke op palen is gefundeerd. De tussensteunpunten bestaan uit een houten onder-slagbalk op houten palen. De nieuw te realiseren brug komt ongeveer op dezelfde locatie terug. Hergebruik is echter niet mogelijk.

Landhoofd aan de Zuid- / Centrumzijde

Het bestaande landhoofd betreft een oude gemetselde muur. Zie onderstaande foto.



De bestaande breedte van de brug is 2,0 meter en zal in de aangepaste nieuwe situatie een grotere breedte krijgen. Het landhoofd is dus niet breed genoeg. Het nieuwe landhoofd zal bestaan uit een nieuw te plaatsen verankerde damwand welke aan de voorzijde voorzien zal worden van schanskorven. Het bestaande landhoofd zal in verband met het aanbrengen van de ankers deels gesloopt moeten worden. Het restant kan echter blijven bestaan maar zal geen functie meer hebben.

Tussensteunpunten

Tussensteunpunt dienen te worden geamoveerd.

Landhoofd aan de noordzijde

Het bestaande landhoofd aan de noordzijde betreft een houten damwandconstructie. Deze dient te worden geamoveerd

3 Uitgangspunten nieuwe bruggen

3.1 Normen en richtlijnen

Normen

Norm	Omschrijving
NEN-EN 1990	Grondslagen voor het constructief ontwerp
NEN-EN 1991-1-1	Belasting op constructies deel 1 / algemene belastingen
NEN-EN- 1991-2	Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen

In aanvulling op het bovenstaande zijn alle relevante en vigerende normen van toepassing welke betrekking hebben op het gekozen materiaal van de brug.

Richtlijnen

Richtlijn	Omschrijving
CROW publicatie 164d	Handboek wegontwerp Erftoegangswegen
CROW publicatie 723	ASVV 2012 / Aanbevelingen voor Stedelijke Verkeer Voorzieningen
CROW publicatie 337	Richtlijn toegankelijkheid
CROW publicatie 342	Ontwerpwijzer bruggen voor langzaam verkeer

3.2 Project specifieke ontwerpdocumenten

Definitief ontwerp documenten

Verwezen wordt naar het overkoepelende Definitief Ontwerp van het project en het Ontwerp Projectplan Waterwet OPPWW KlimaatrobuustBeekdal Sint- Oedenrode.

Conditionerende onderzoeken

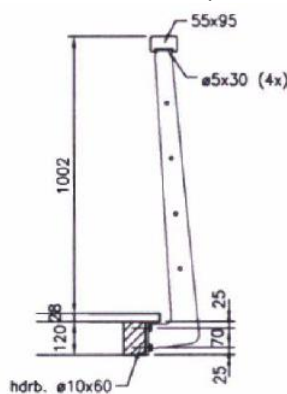
Verwezen wordt naar het overkoepelende Definitief Ontwerp van het project en het Ontwerp Projectplan Waterwet OPPWW KlimaatrobuustBeekdal Sint- Oedenrode.

3.3 Vormgeving bruggen

Vormgeving algemeen

- De bruggen dienen zo slank als mogelijk uitgevoerd te worden.
- De bruggen worden uitgevoerd zonder tussensteunpunten in het zomerbed.
- De bruggen dienen te passen binnen de familie van bruggen in het Dommelpark. Het landhoofd aan de zijde van het sportpark wordt om die reden gerealiseerd als een rechte wand welke aan de voorzijde is voorzien van schanskorven.
- *Landhoofd brug Zwembad/Dommelpark centrumzijde.* Het landhoofd aan de centrumzijde betreft een hoog gelegen landhoofd met een talud richting de stroomgeul. De brug komt als het ware uit het talud.
- *Landhoofd brug Cathalijnepad centrumzijde.* Het bestaande landhoofd aan de centrumzijde betreft een hoge gemetselde wand. In de nieuwe situatie zal er een damwand geplaatst worden welke aan de voorzijde is voorzien van schanskorven.
- *Tussensteunpunten.* Voorkeur gaat uit naar slanke stalen buispalen als ondersteuning.
- De leuning van de brug is transparant uitgevoerd, bijvoorbeeld als staanders met spanraden of ranke stalen staanders. Hierbij rekening houden met eisen tegen doorvallen, opklimbaarheid en robuustheid. De leuning is voorzien van een handregel van hout of met een houten uitstraling.

Zie de onderstaande figuur voor het leuningtype zoals veel toegepast binnen de familie bruggen in het Dommelpark.



3.4 Hydraulische randvoorwaarden

Normale afvoersituatie / voorjaarsituatie

In onderstaande tabel zijn de hydraulische randvoorwaarden weergegeven voor de voorjaars-situatie waarbij alleen het zomerbed mee stroomt.

Brug	Hoogte waterstand Bovenstrooms [m tov N.A.P.]	Hoogte waterstand Benedenstrooms [m tov N.A.P.]	Debiet $Q_{\max}$ [m ³ /s]	Stroomsnelheid $V_{\max}$ [m/s]
Zwembad / Dommelpark	+7,86	+7,85	6,3	0,90
Cathalijnepad	+7,70	+7,69	6,3	0,49

Extreme afvoersituatie / gegevens maatgevende afvoersituatie T100WH

In onderstaande tabel zijn de hydraulische randvoorwaarden weergegeven voor de T100WH situatie waarbij het zomer- en winterbed mee stromen.

Brug	Hoogte waterstand Bovenstrooms [m tov N.A.P.]	Hoogte waterstand Benedenstrooms [m tov N.A.P.]	Debiet $Q_{\max}$ [m ³ /s]	Stroomsnelheid $V_{\max}$ [m/s]
Zwembad / Dommelpark	+10,03	+10,03	63,9	0,96
Cathalijnepad	+9,88	+9,88	64,0	0,66

3.5 Constructieve uitgangspunten

3.5.1 Gevolg en betrouwbaarheidsklasse

De gevolgklassen worden gedefinieerd door het beschouwen van de gevolgen van het bezwijken of slecht functioneren van de constructie.

Gevolg- en/of betrouwbaarheidsklasse	Kunstwerk in type weg
CC3 (RC3)	Kunstwerken in hoofdstroomweggen (zeker A- en N-wegen).
CC2 (RC2)	Kunstwerken in stroomwegen (bijv. gebiedsontsluitingswegen)
CC1 (RC1)	Kunstwerk in overige gebieden (bijv. landbouw- of erftoegangswegen)

Indeling van de bruggen

Onderstaande tabel geeft het keuze weer ten aanzien van de gevolg- en/of betrouwbaarheidsklasse.

Brug	Voorstel gevolg- en/of betrouwbaarheidsklasse
Voetgangersbrug Zwembad / Dommelpark	CC1 (RC1)
Fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad	CC1 (RC1)

Damwandconstructie landhoofd brug Cathalijnepad

De damwandconstructie zal fungeren als grond- en als waterkering. De constructie kan belast worden door een val na hoogwater. De damwandconstructie zal ontworpen worden op basis van een hogere gevolg- en betrouwbaarheidsklasse: RC2.

3.5.2 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur wordt ingedeeld in 4 klassen:

Ontwerplevensduurklasse	Omschrijving
1	5 jaar, van toepassing op tijdelijke constructies
2	15 jaar, constructies in de land- en/of tuinbouw
3	50 jaar, gebouwen en andere gewone constructies
4	100 jaar, monumentale gebouwen

Wens opdrachtgever ten aanzien van de ontwerplevensduur alle bruggen

Gelet op de wens van de gemeente om duurzaam te ontwerpen zal als ontwerplevensduur van alle bruggen 100 jaar worden gehanteerd. Ontwerplevensduurklasse is derhalve klasse 4.

4 **Ontwerp nieuwe bruggen**

4.1 **Functioneel ontwerp**

Het functioneel ontwerp van de nieuwe brug is gebaseerd op de CROW richtlijn

De volgende aspecten worden behandeld:

- Gebruikers van de brug (hoofdstuk 3 CROW)
- Kruisende infrastructuur (hoofdstuk 4 CROW)
- Inpassing (Hoofdstuk 5 CROW)

4.1.1 Gebruikers van de brug

Voetgangersbrug Zwembad/Dommelpark

Ontwerp conform CROW Ontwerpwijzer bruggen voor langzaam verkeer.

De brug zal gebruikt worden door hoofdzakelijk voetgangers. Conform opgave van de opdrachtgever zal er incidenteel sprake zijn van fietsers. Tot de gebruikersgroep “voetgangers” behoren ook gebruikers van rollators of kinderwagens. Ook tot de gebruikersgroep behoren de skaters en skeeleraars.

Breedte brug

Opdrachtgever heeft de wens uitgesproken voor een breedte van de brug tussen de leuning van 2,50 meter. Maatgevend voor de breedte van de brug is de benodigde breedte van een rolstoelgebruiker. Deze bedraagt 0,90 meter. Om tweerichtingsverkeer mogelijk te maken is de minimale breedte gelijk aan 1,80 meter tot aan harde begrenzingen. Een veiligheidsafstand tot aan de leuning is dus in principe niet benodigd. Er zal echter een afstand gehanteerd van 0,275 meter. De benodigde breedte tussen de leuning bedraagt dan 2,35 meter.

De brug zal ook gebruikt worden door fietsers. Maatgevend is dan de combinatie van een fietser en een rolstoelgebruiker. Een fietser heeft een breedte nodig van 0,75 meter. De benodigde tussenruimte tussen de fietser en het profiel van vrije ruimte van de rolstoelgebruiker (schuwafstand) bedraagt 0,25 meter. De ruimte tussen het profiel van de fietser en de brugleuning bedraagt 0,325 meter. De totale breedte tussen de leuning bedraagt dan 2,50 meter.

Helling brug

De toe te passen helling is afhankelijk van de te overbruggen hoogte tussen de aansluitende wegen. Conform de normen en CROW documenten is een helling van 1:20 (5%) toepasbaar gegeven een hoogteverschil van 0,50-1,00 meter. Uitgangspunt hiervoor is hetgeen de richtlijn voor toegankelijkheid voorschrijft voor voetgangers (rolstoelgebruikers).

Fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad

Ontwerp conform CROW Ontwerpwijzer bruggen voor langzaam verkeer en CROW publicatie 164d.

De brug zal gebruikt worden door hoofdzakelijk voetgangers en fietsers. Fietspad maakt onderdeel uit van de secundaire fietsroute.

*Breedte brug**Breedte fietspad op brug*

Gehanteerde uitgangspunt voor de breedte van het fietspad is een 3-strooks fietspad waarbij de middelste strook bedoeld is als inhaalstrook. Een fietser heeft een breedte nodig van 0,75 meter. De benodigde tussenruimte (schuwafstand) bedraagt 0,25 meter. De ruimte tussen het profiel van de fietser en de brugleuning bedraagt 0,325 meter. Bovenstaande resulteert in een minimaal benodigde breedte tussen de leuning van 3,40 meter.

Breedte brug bij een combinatie van een rolstoelgebruiker en fietsers:

Benodigde breedte: $0,325 + 0,75$ (fietser) + $0,25 + 0,75$ (fietser) + $0,25 + 0,90$ (rolstoel) + $0,275 = 3,50$ meter.

Op basis van het bovenstaande is gekozen voor het hanteren van een breedte tussen de leuning van 3,50 meter.

Helling brug

De toe te passen helling is afhankelijk van de te overbruggen hoogte tussen de aansluitende wegen. Conform de normen en CROW documenten is een helling van 1:20 (5%) toepasbaar gegeven een hoogteverschil van 0,50-1,00 meter. Uitgangspunt hiervoor is hetgeen de richtlijn voor toegankelijkheid voorschrijft voor voetgangers (rolstoelgebruikers).

Voor fietspaden dient gekeken te worden naar de zwaarte Z. De zwaarte Z is te vinden in de formule $Z=H^2/L$ waarbij H het te overwinnen hoogteverschil is en L de lengte van de helling. Voor een comfortabele ervaring is een waarde $Z=0,0333$ van toepassing met een maximale helling van 6,67%. Normale streefwaarde voor Z is 0,075 met een maximale helling van 7,5%. De Z waarde bedraagt 0,040 bij een hoogteverschil van 1,0 meter en een lengte van de helling van ca. 25 meter zoals het geval bij de bruggen. Dit komt overeen met een gemiddelde helling van 4%. Dit is dus akkoord.

4.1.2 Kruisende infrastructuur

Terreingebruik onder de brug ivm EVZ

Het terrein maakt onderdeel uit van de Ecologische Verbindingszone. De gewenste hoogte onder de brug ter plaatse van het winterbed bedraagt minimaal 2,40 meter.

Waterafvoer Dommel

Het terrein onder de brug betreft het zomer- en winterbed van de Dommel.

Voor de hoogte van onderkant van de bruggen is met name de extreme afvoer van belang.

Meest gewenste situatie is dat de hoogste waterstand welke optreedt tijdens de extreme afvoer lager ligt dan onderzijde dekconstructie om zodoende een stromingsdruk te voorkomen.

Hoogte onderkant dek brug Zwembad/Dommelpark	:	N.A.P. +10,03 meter
--	---	---------------------

Hoogte onderkant dek brug Cathalijnepad	:	N.A.P. +9,88 meter
---	---	--------------------

Beheer Dommel

Met het oog op beheer en onderhoud van de Dommel zal gevaren worden met een veegboot.

Doorgaans hebben deze boten een minimale hoogte van 1,0 meter nodig boven de waterstand. Deze hoogte is tijdens normale waterstanden ruimschoots aanwezig.

4.1.3 Inpassing

Locatie (tussen-)steunpunten in relatie tot ligging Dommel

Brug Zwembad/Dommelpark

Ter plaatse van de brug ligt de Dommel min of meer gecentreerd in de beschikbare breedte voor het zomer- en winterbed. Doordat er geen tussensteunpunten in het zomerbed geplaatst mogen worden overspant de brug over de Dommel. Gelet op de benodigde ruimte van 2,40 meter onder de onderkant van het dek is gekozen voor en zo klein mogelijke overspanning en daardoor een zo gering mogelijke constructiehoogte. De tussensteunpunten staan op een afstand van 20 meter tot elkaar.

Brug Cathalijnepad

De Dommel ligt in de nieuwe situatie min of meer op dezelfde locatie als in de huidige situatie. De bestaande tussensteunpunten in het zomerbed zullen worden geamoveerd. In de nieuwe situatie overspant de brug het zomerbed van de Dommel in één keer. De benodigde overspanning bedraagt 25 meter.

4.2 Opbouw bruggen

Dekconstructies

Zoals aangegeven dienen de bruggen zo slank als mogelijk uitgevoerd te worden. De opdrachtgever heeft de wens uitgesproken voor het toepassen van een brugdek type van ThorcaBridge. In deze rapportage wordt derhalve uitgegaan van dit type dekconstructie. Dit dient echter gelezen te worden als type ThorcaBridge of gelijkwaardig om andere leveranciers niet buiten te sluiten tijdens de aanbesteding.

Dit type dekconstructie betreft een stalen doosconstructie welke is samengesteld uit een stalen boven- en onderplaat met hiertussen standaard stalen profielen. Afhankelijk van de toepassing/overspanning kan de staalkwaliteit S235 of S355 zijn. Dit dient in de vervolgfase bepaald te worden door de leverancier.

Tussensteunpunten

De steunpunten zullen uitgevoerd worden middels een onderslagbalk ondersteund door stalen buizen. Bij de brug Zwembad/Dommelpark betreft dit een enkele buis en, vanwege de grotere breedte van de brug, in het geval van de fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad een tweetal buizen.

Als fundatie zal er een fundatiebalk toegepast worden op prefab voorgespannen betonpalen.

Landhoofden

Sportparkzijde

De landhoofden aan de zijde van het Sportpark zullen iets uit het talud naar voren komen en voorzien worden van schanskorven. Deze schanskorven worden tevens omgezet richting het talud. De landhoofden worden om die reden voorzien van vleugelwanden. Deze vleugelwanden zijn uiteraard ook benodigd als grondkering. De vleugelwanden zijn te lang om uitkragend uit te voeren ten opzichte van de landhoofdbalk. Er worden om die reden extra palen geplaatst. Landhoofd bestaat uit een landhoofdbalk gefundeerd op prefab voorgespannen betonpalen.

Centrumzijde

Voetgangersbrug Zwembad/Dommelpark

De wens is om het dek als het ware in het talud te laten verdwijnen. Het landhoofd is om die reden terug gelegd ten opzichte van het talud. Landhoofd bestaat uit een landhoofdbalk gefundeerd op prefab voorgespannen betonpalen.

Fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad

In de bestaande situatie is er een hoge gemetselde wand aanwezig waarop het bestaande dek rust. In de nieuwe situatie dient er om die reden ook een hoog gelegen landhoofd gemaakt te worden. Uitvoering middels het aanbrengen van een verankerde stalen damwandconstructie waarop een landhoofdbalk aangebracht zal worden. De voorzijde van de damwand zal voorzien worden van schanskorven.

De damwandconstructie zal aan beide zijden doorgezet worden richting de bestaande situatie om zodoende de hoogteverschillen op te vangen. Deze damwanden worden voorzien van een betonsloof in combinatie met schanskorven.

4.3 Belastingen en belastingcombinaties

4.3.1 Belastingen

Blijvende belastingen BG1

- Eigen gewicht brugdek.
- Eigen gewicht slijtlaag.
- Eigen gewicht leuning.

Veranderlijke belasting / gelijkmatig verdeeld BG2

- Gelijkmatig verdeelde belasting van 5,0 kN/m².

Veranderlijke belasting / geconcentreerde belasting / mobiele belastingen BG3.1 t/m 3.3

- Geconcentreerde belasting (BG3.1). Indien er een dienstvoertuig in rekening wordt gebracht hoeft de invloed van de geconcentreerde belasting niet te zijn beschouwd.
- Gestandaardiseerd dienstvoertuig (BG3.2). Mobiele belasting $Q_{serv} = 50$ kN. Voertuig voorzien van 2 assen met elke as 25 kN. Wielbasis bedraagt 3,0 meter en een spoorbreedte van 1,75 meter. Wielprent van 250x250 mm. De belasting van het voertuig treedt niet gelijktijdig op met andere mobiele belastingen. Het gestandaardiseerde dienstvoertuig is van toepassing voor beide bruggen. Voor de brug Cathalijnepad is door de opdrachtgever aangegeven dat het Cathalijnepad onderdeel uitmaakt van de strooiroute waarbij het dienstvoertuig 10 ton (100 kN) kan bedragen. Dit is dus aanzienlijk meer dan het gestandaardiseerde dienstvoertuig.
- Buitengewone aanwezigheid van voertuigen op de brug (BG3.3). Mobiele belasting $Q_{serv} = 120$ kN. Voertuig voorzien van 2 assen met een last van $Q_{sv1} = 80$ kN en $Q_{sv2} = 40$ kN. Wielbasis bedraagt 3,0 meter en een spoorbreedte van 1,30 meter. Wielprent van 200x200 mm. Dit voertuig is als standaard dienstvoertuig aangehouden voor de brug Cathalijnepad. De belasting is, gegeven de 12 ton totale last, weliswaar hoger dan het voertuig van de strooiroute maar niet dermate hoog dat dit direct tot een grotere constructiehoogte leidt.

Horizontale belasting BG4

Bij voetgangersbruggen behoort een horizontale belasting Q_{flk} in rekening te zijn gebracht aangrijpend langs de as van het brugdek ter hoogte van de slijtlaag. De karakteristieke waarde van de horizontale belasting moet gelijk zijn genomen aan de grootste van de onderstaande waarden:

- 10% van de totale belasting als gevolg van de gelijkmatig verdeelde belasting;
- 30% van de totale gewicht van het dienstvoertuig.

De horizontale belasting moet zijn beschouwd in lengterichting van de brug gelijktijdig aangrijpend met de overeenkomstige verticale belasting.

Windbelasting BG5

De windbelasting op de brug is relatief gezien erg laag. De liggers in het ThorcaBridge dek bezitten voldoende capaciteit om de windbelasting op te kunnen nemen. Daarnaast werkt de dek- en bodemconstructie mee middels schijfwerking. Dit zal in de uitvoeringsfase aangetoond worden.

Sneeuwbelasting BG6

De sneeuwbelasting hoeft conform de Eurocode niet in rekening gebracht te worden voor brugconstructies.

Thermische belasting BG7

Door toepassing van slobgaten ter plaatse van het landhoofd, treden er geen belastingen op ten gevolge van temperatuurswisselingen. De brug kan vrij uitzetten en krimpen. Dit zal in de uitvoeringsfase aangetoond worden.

Leuning belasting BG8

Als aanbevolen minimale waarde voor voetpaden of voetgangersbruggen wordt een horizontale of verticale lijnbelasting van 1,0 kN/m als veranderlijke belasting op de bovenzijde van de leuning aangehouden. Dit zal in de uitvoeringsfase meegenomen worden bij het dimensioneren van de leuningconstructie en is niet van belang voor de nu uitgevoerde berekeningen.

4.3.2 Belastingcombinaties

Bruikbaarheidsgrenstoestand

Voor de bruikbaarheidsgrenstoestand behoren de rekenwaarde voor de belastingen uit de NEN-EN1990 tabel A2.6 te zijn genomen. In de berekening zijn alleen de frequente belastingcombinaties toegepast.

Combinatie	Blijvende belastingen G_d		Voorspanning	Veranderlijke belastingen Q_d	
	Ongunstig	Gunstig		Overheersend	Andere
Karakteristiek	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,j} Q_{k,j}$
Frequent	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,j} Q_{k,j}$
Quasi-blijvend	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,j} Q_{k,j}$

Overeenkomstig NEN-EN1990 / NB art. A.2.4.1 moeten voor de γ -factoren voor verkeers- en andere belastingen voor de bruikbaarheidsgrenstoestand gelijk te zijn genomen aan 1,0.

Fundamentele combinaties uiterste grenstoestand

Voor het vaststellen van de rekenwaarde van de belastingen voor de fundamentele combinaties (STR/GEO) wordt gebruik gemaakt van de tabellen NB12-A2.4 en NB.13-A2.4 van NEN-EN 1990/NB.

Blijvend en tijdelijke ontwerpsituaties	Blijvende belastingen		Voorspanning	Overheersende veranderlijke belasting ^{a)}	Tegelijkertijd optredende veranderlijke belastingen ^{a)}	
	Ongunstig	Gunstig			Belangrijkste (indien aanwezig)	Andere
(Vgl. 6.10a)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$
(Vgl. 6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ waarbij $\xi = 0,80$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,j} \psi_{0,j} Q_{k,j}$

^{a)} Veranderlijke belastingen zijn die, die zijn beschouwd in tabellen NB.9 – A2.1, NB.10 – A2.2 en A2.3.

Voor gevolgklasse CC1 gelden de volgende factoren:

Gevolgklasse	β	G			Verkeer (met $\psi = 1$)	Overig veranderlijk (met $\psi = 1$)
		$\gamma_{G,j,sup}$		$\gamma_{G,j,inf}$		
		6.10a	6.10b (incl. ξ)	6.10a en 6.10b		
CC1	3,3	1,20	1,10	0,9	1,20	1,35
CC2	3,8	1,30	1,20	0,9	1,35	1,5
CC3	4,3	1,40	1,25	0,9	1,5	1,65

$\gamma = 0$ voor gunstig werkende veranderlijke belastingen

Voor γ_P zie de aanbevelingen in de desbetreffende materiaalgebonden Eurocodes 1992 t.m. 1999.

Voor de berekening van het effect van ongelijkmatige zettingen geldt dat $\gamma_{G,set} = 1,20$ in het geval van een lineaire berekening en $\gamma_{G,set} = 1,35$ in het geval van een niet lineaire berekening. Gunstig werkende zettingsverschillen worden niet in rekening gebracht. De grootte van de zettingen is bepaald op basis van de karakteristieke belastingcombinatie en de karakteristieke waarden voor de grondeigenschappen.

OPMERKING De factor K_{α} volgens B.3.3 is in de waarden van γ verwerkt; voor de zettingsberekening blijft de betrouwbaarheidsdifferentiatie achterwege.

4.4 Uitgevoerde berekeningen

4.4.1 Dekconstructie brug Zwembad/Dommelpark

Uitgangspunt is een dekconstructie met een constructiehoogte van 430 mm.

Zie de bijlagen 4 en 5. In bijlage 4 zijn de grootheden bepaald. De toetsing van het dek is uitgevoerd in bijlage 5.

Conclusie:

Dek met constructiehoogte van 430 mm volstaat. Mogelijk is de dikte nog iets te optimaliseren. Dat zou wenselijk zijn gelet op de vrije ruimte onder het dek. De gewenste hoogte van 2400 mm wordt net niet gehaald.

4.4.2 Tussensteunpunten en landhoofden brug Zwembad/Dommelpark

De berekeningen zijn uitgevoerd en te zien in bijlage 5. Voor de afmetingen van de diverse onderdelen zie de tekening zoals opgenomen in bijlage 1.

4.4.3 Dekconstructie brug Cathalijnepad

Uitgangspunt is een dekconstructie met een constructiehoogte van 530 mm.

Zie de bijlagen 6 en 7. In bijlage 6 zijn de grootheden bepaald. De toetsing van het dek is uitgevoerd in bijlage 7.

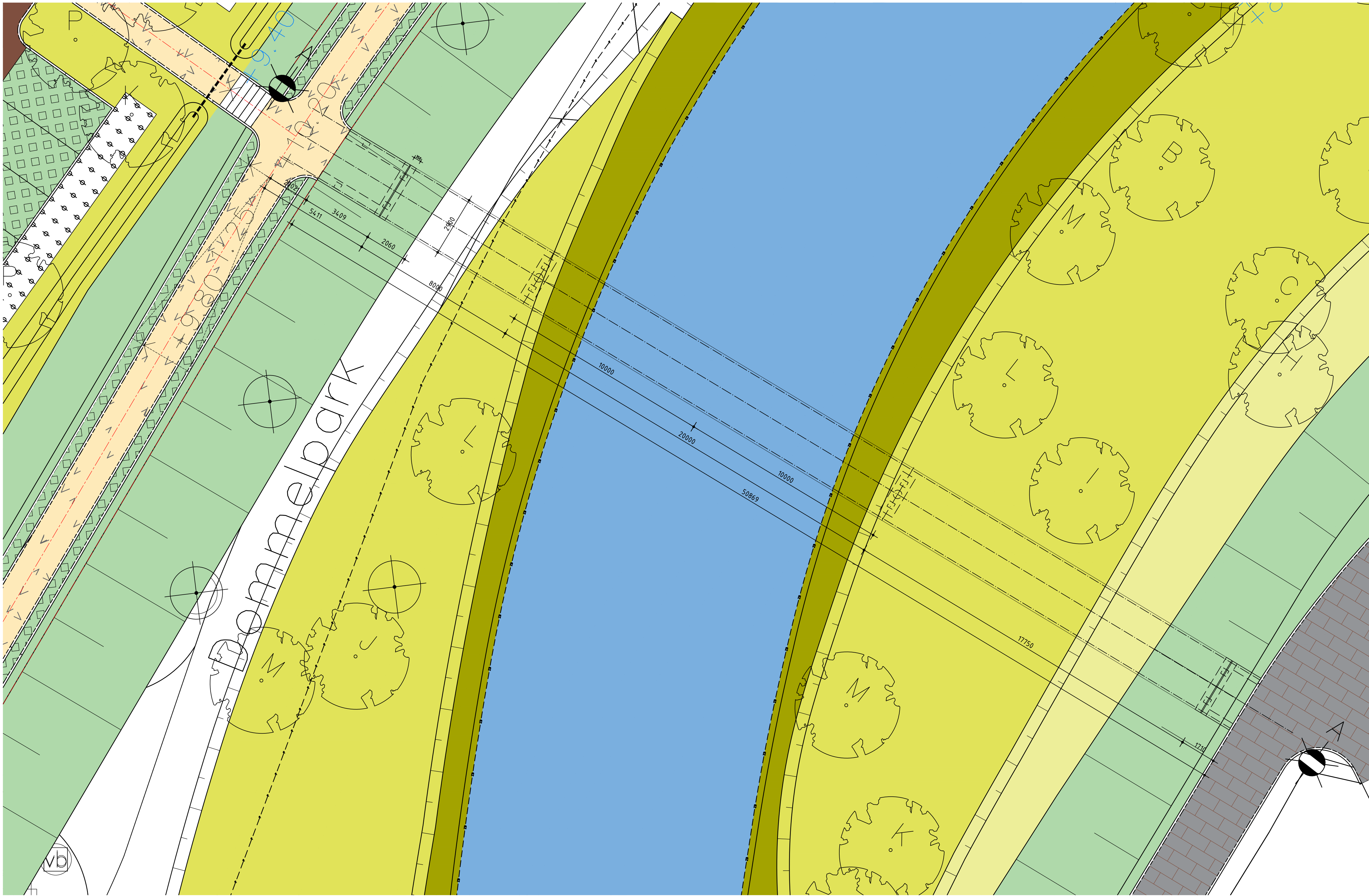
Conclusie:

Dek met constructiehoogte van 530 mm volstaat. Enig aandachtspunt is de toetsing op de eigen frequentie. Aangenomen wordt dat leverancier Haasnoot middels een aanpassing van de constructie deze toetsing kan laten voldoen. Mogelijk is de dikte ook nog iets te optimaliseren..

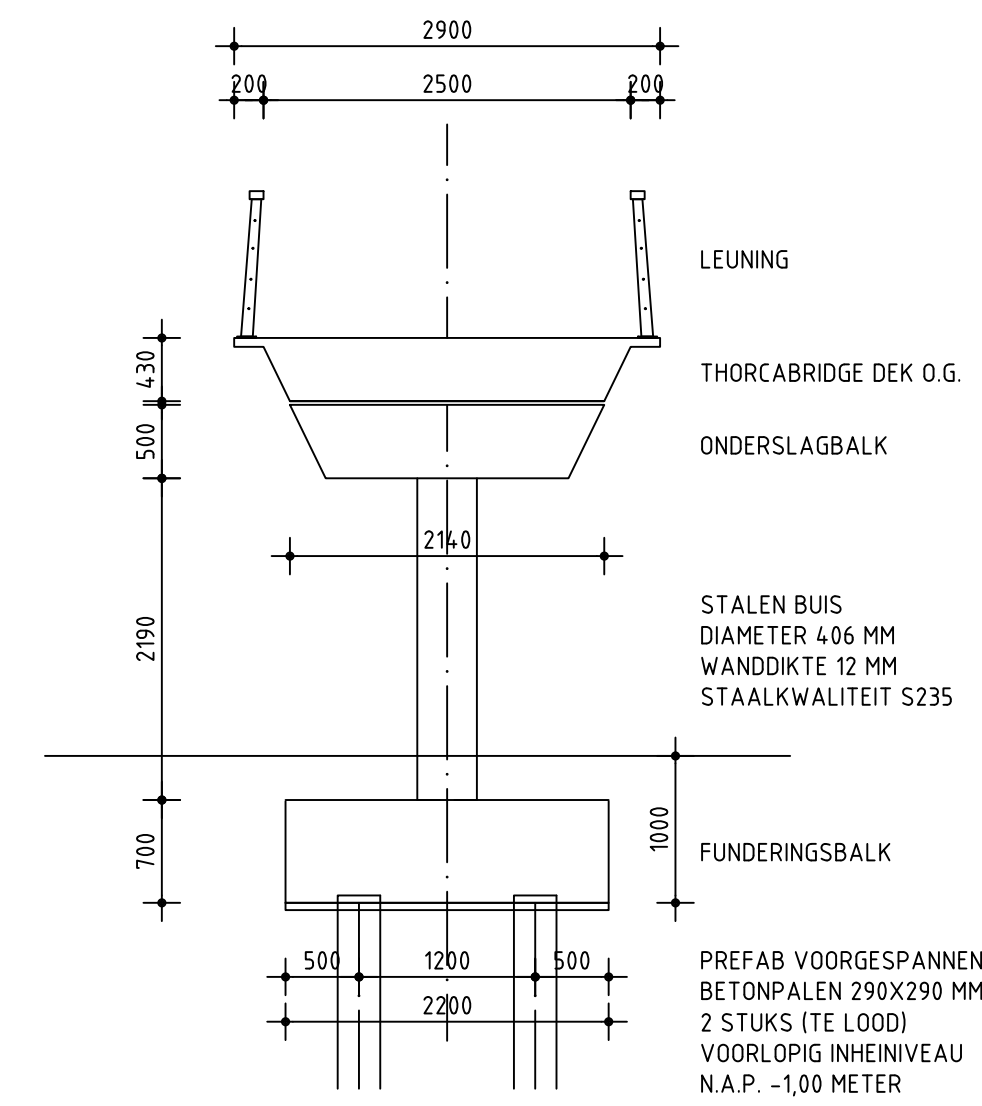
4.4.4 Tussensteunpunt en landhoofden brug Cathalijnepad

De berekeningen zijn uitgevoerd en te zien in bijlage 7. Voor de afmetingen van de diverse onderdelen zie de tekening zoals opgenomen in bijlage 2.

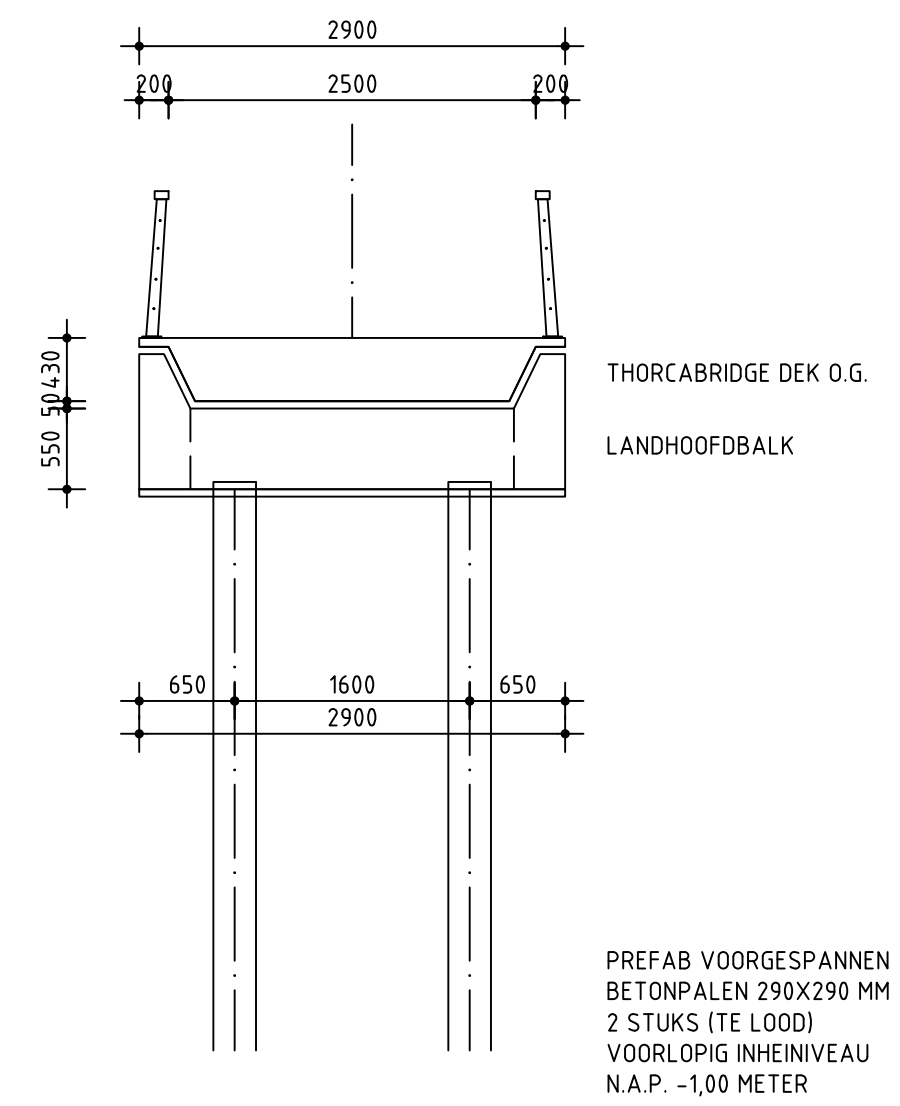
Bijlage 1 Ontwerptekening voetgangersbrug Zwembad/ Dommelpark



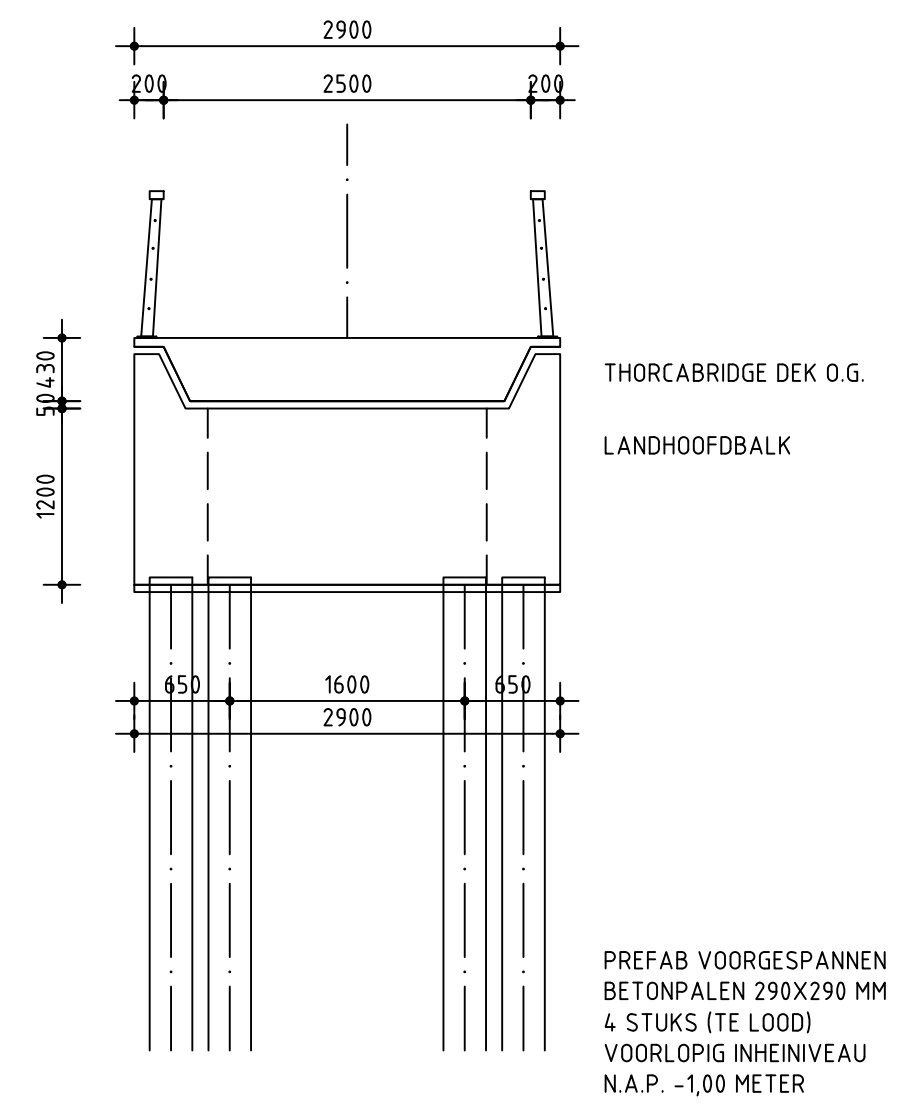
BOVENAANZICHT VOETGANGERSBRUG ZWEMBAD/DOMMELPARK
SCHAAL 1:100



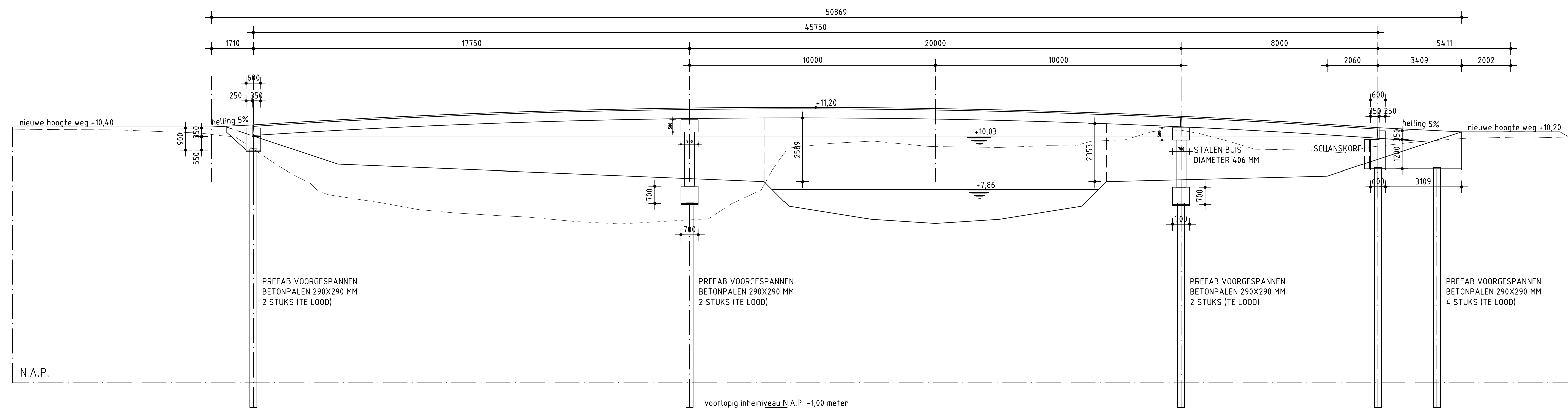
PRINCIPE TUSSENSTEUNPUNT
SCHAAL 1:50



PRINCIPE LANDHOOFD CENTRUMZIJDE
SCHAAL 1:50

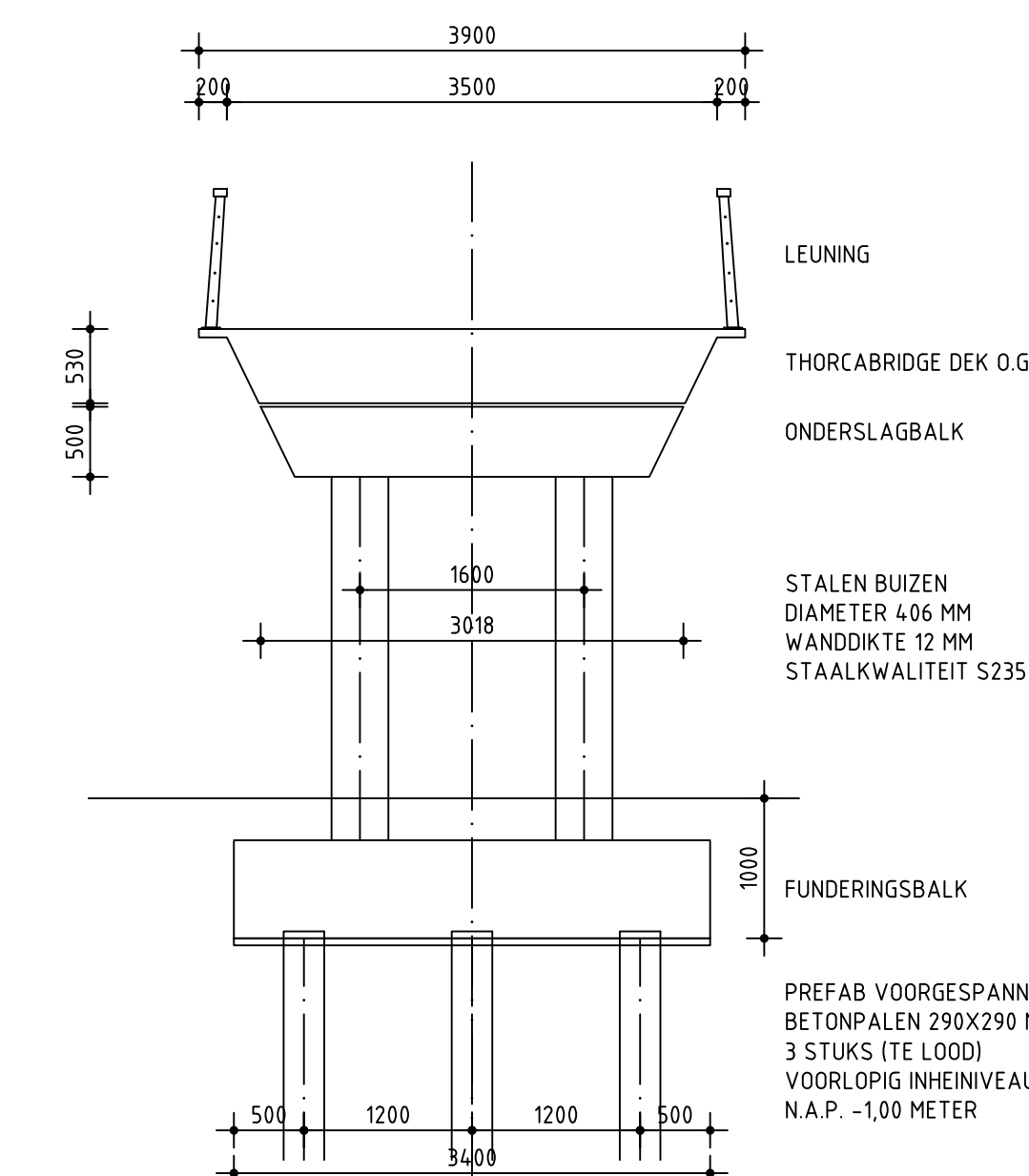
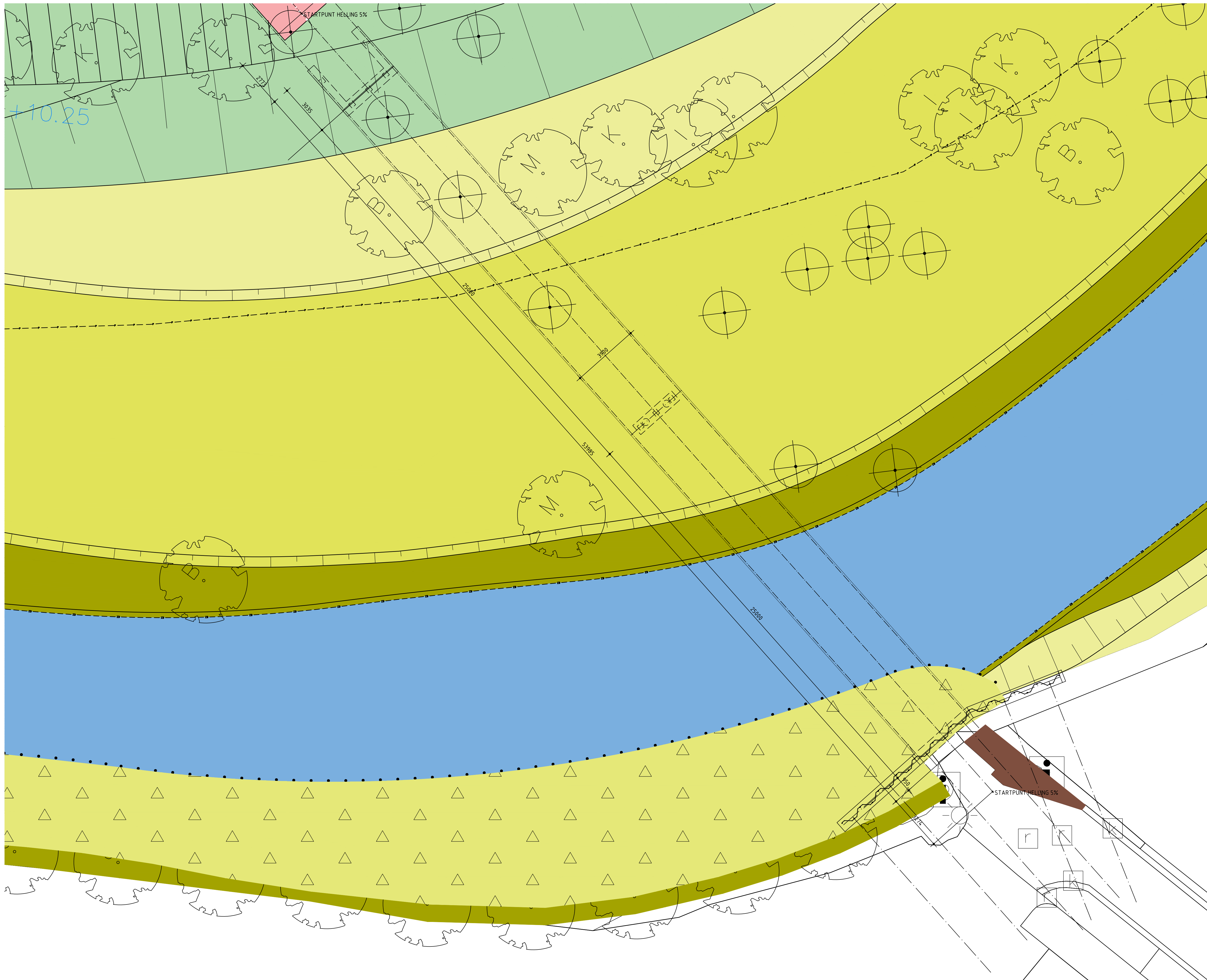


PRINCIPE LANDHOOFD SPORTPARKZIJDE
SCHAAL 1:50

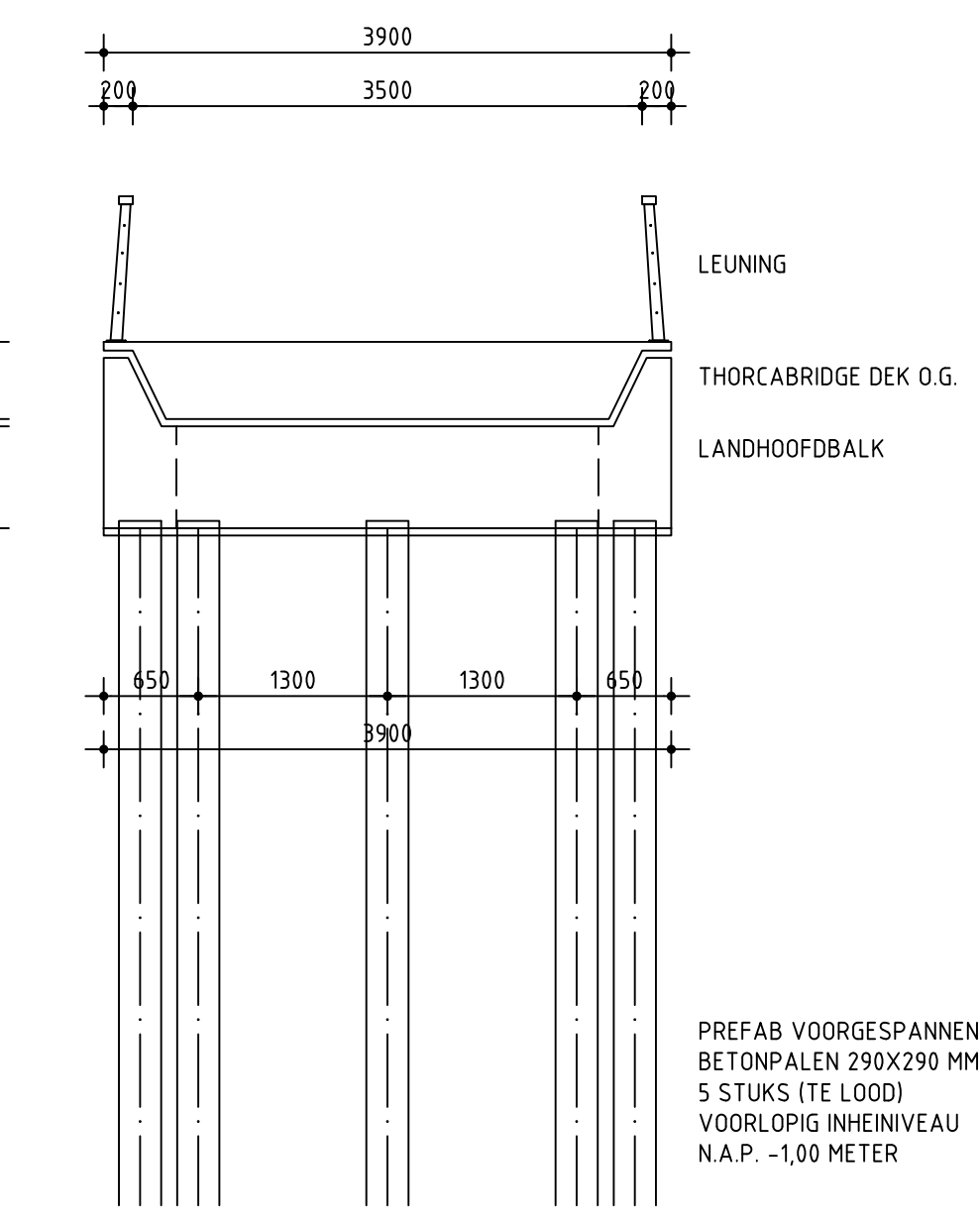


LANGSDOORSNEDE VOETGANGERSBRUG ZWEMBAD / DOMMELPARK
SCHAAL 1:100

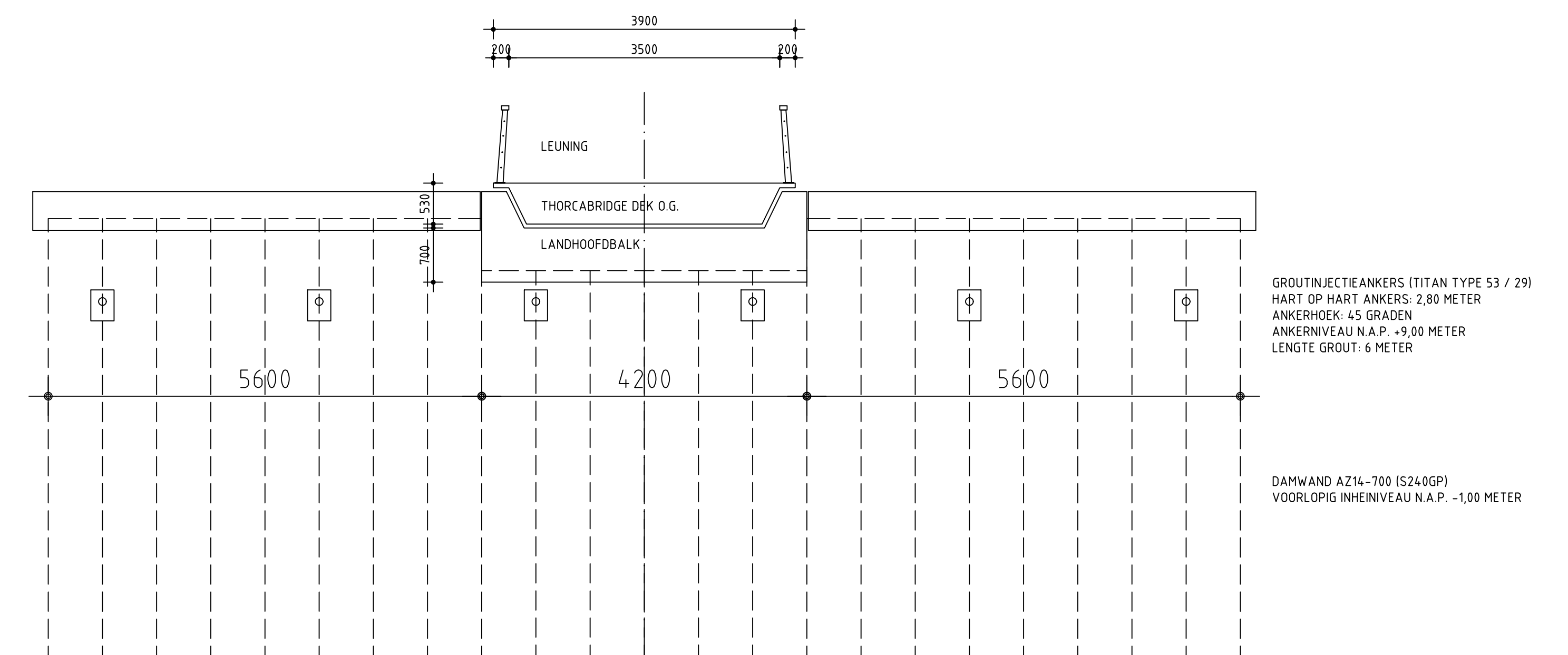
Bijlage 2 Ontwerptekening fiets- voetgangersbrug Cathalijnepad



PRINCIPE TUSSENSTEUNPUNT
SCHAAL 1:50

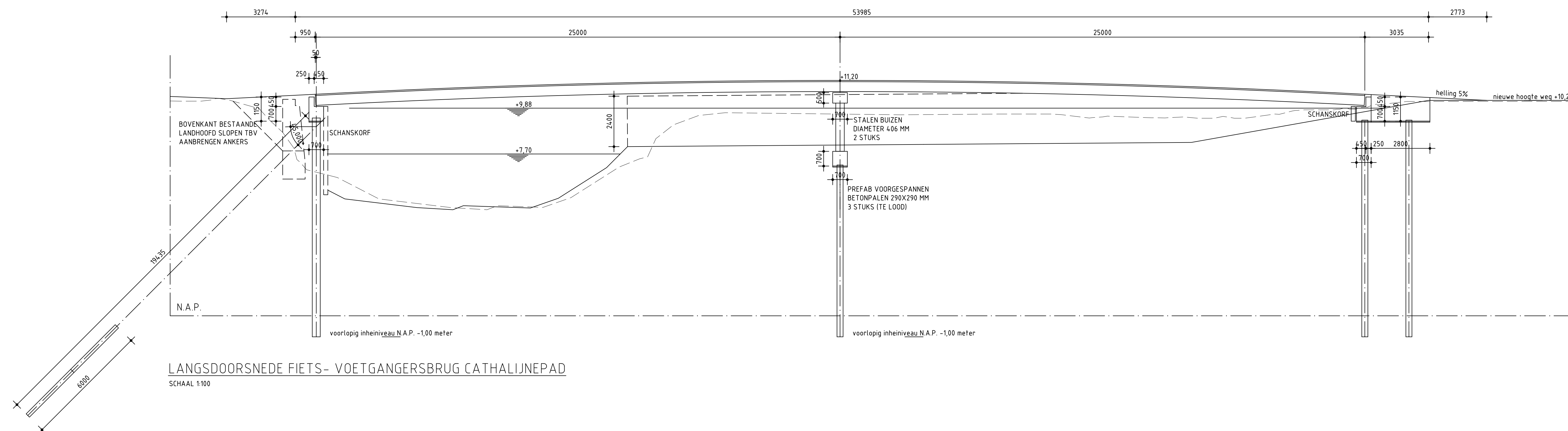


PRINCIPE LANDHOOFD SPORTPARKZIJDE
SCHAAL 1:50



PRINCIPE LANDHOOFD CENTRUMZIJDE
SCHAAL 1:50

BOVENAANZICHT FIETS- VOETGANGERSBRUG CATHALIJNEPAD
SCHAAL 1:100



LANGSDOORSNEDE FIETS- VOETGANGERSBRUG CATHALIJNEPAD
SCHAAL 1:100

Bijlage 3 Documentatie Thorcabridge

Ultra slank en innovatief
minder brug, meer omgeving en meer design

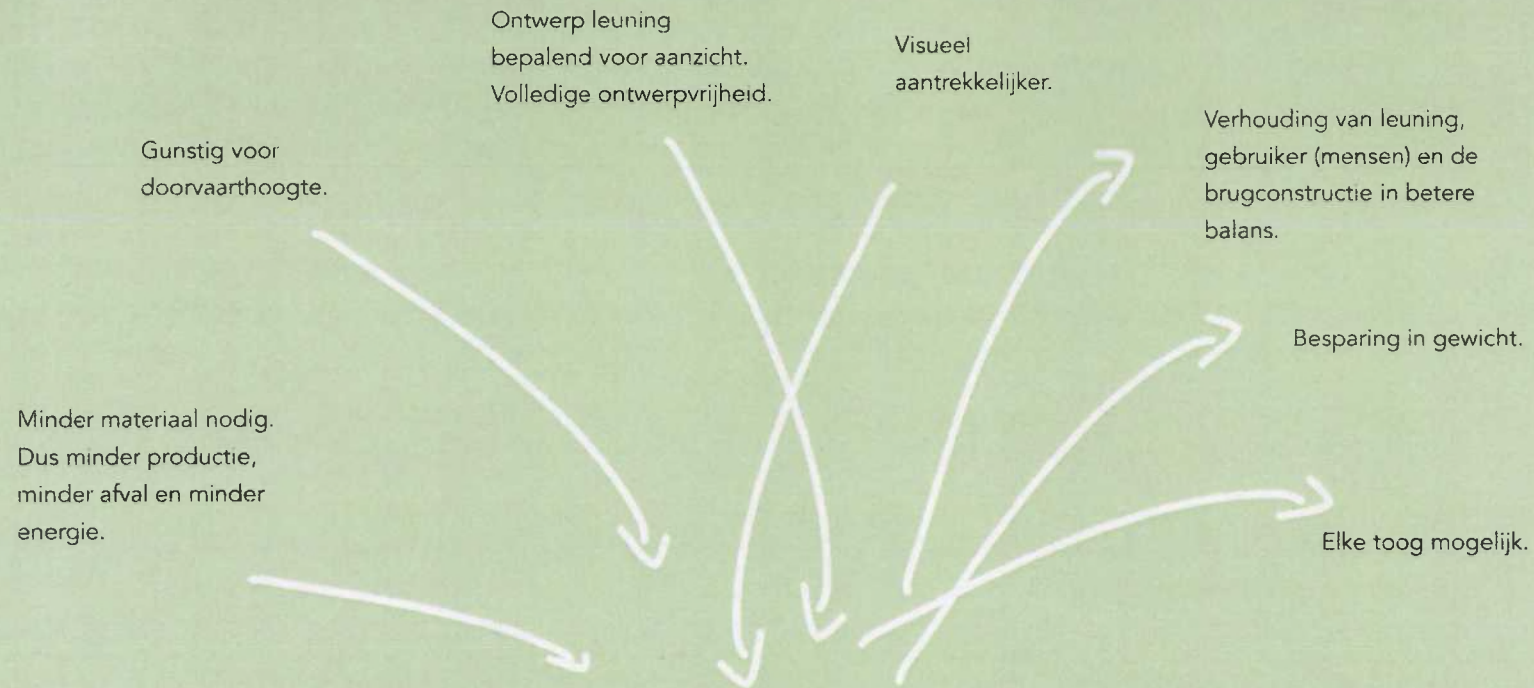


ThorcaBridge®



ONTWERPERS, ENGINEERS EN BOUWERS

HAASNoot BRUGGEN



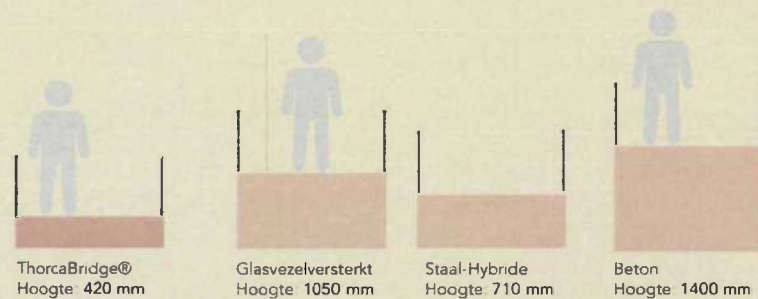
Slank



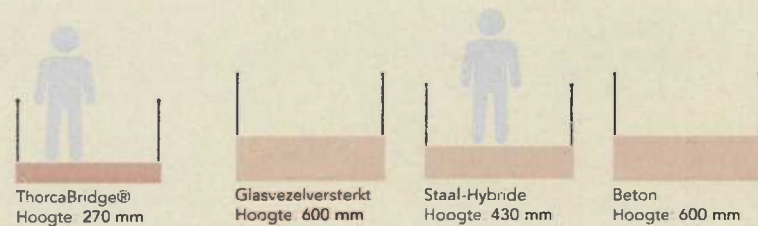
De positieve effecten en kenmerken
van een slanke brug

Minder brug

Haasnoot Bruggen heeft met de ThorcaBridge® de constructiehoogte drastisch weten te reduceren. Hieronder een vergelijkingsstudie van de meest gebruikte materialen in de bruggenbouw. Het gaat hierbij om een vergelijk van een overspanning van 15 en 25 meter, zonder steunpunten, met vergelijkbare belasting (leuning standaard 1 meter hoog).



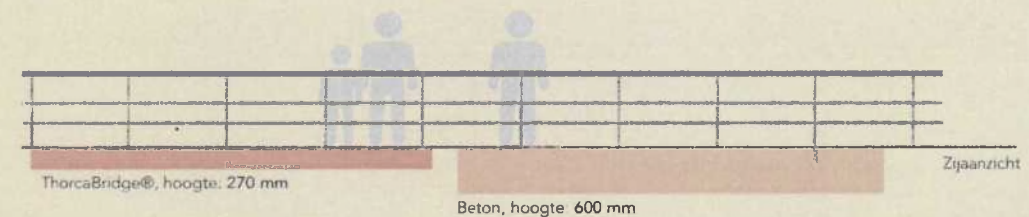
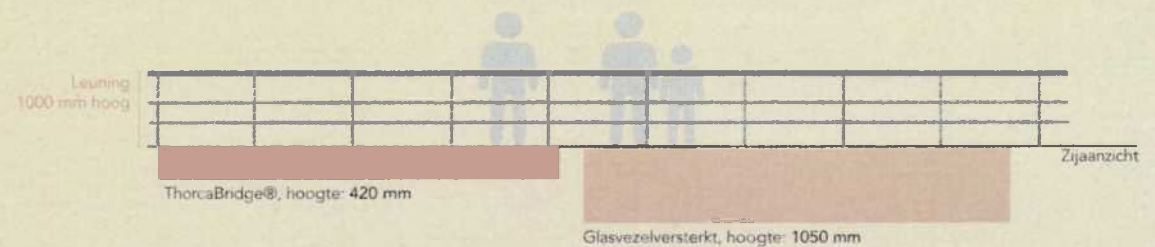
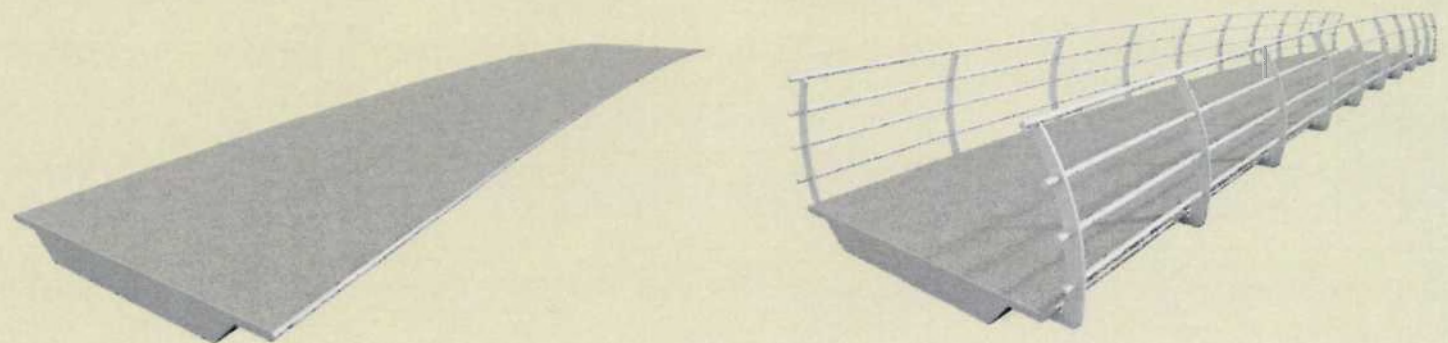
Overspanning: 25 meter, zonder steunpunten.



Overspanning: 15 meter, zonder steunpunten.

Meer omgeving en meer design

Met de ThorcaBridge® voldoet Haasnoot Bruggen aan de veel gestelde wens van opdrachtgevers en architecten om een zo slank mogelijke brug te leveren. ThorcaBridge® is gemiddeld 60% slanker. Bovendien is elk leuningstype mogelijk.



ThorcaBridge®



Kenmerken

- Uiterst slank.
- Hoge stijfheid en sterkte.
- Voldoet aan Europese normen.
- Licht in gewicht.
- Brandwerend.

Maatschappelijk nut

- Betere designmogelijkheden door de uiterst slanke zelfdragende constructies.
- Gunstige doorvaarthoogte door geringe constructiehoogten.
- Besparing op grondwerkzaamheden en materialen.
- Weinig afval en energiegebruik tijdens de productie.
- Milieuvriendelijke productiemethode.

Economisch nut

- Standaard brugdekken, geschikt voor een voertuigbelasting van 300 kN, zijn bij gebruik van de ThorcaBridge® direct geschikt voor een voertuigbelasting van 450 kN.
- ThorcaBridge Deck® is snel te plaatsen.
- Onderhoudsarm.
- 100% recyclebaar.
- Te verwachten levensduur 100 jaar.



ONTWERPERS, ENGINEERS EN BOUWERS

HAASNOOT BRUGGEN

Zo werkt Haasnoot Bruggen



Leerbedrijf

Haasnoot Bruggen is erkend leerbedrijf voor Fundeon, Ecabo, SPG Infra en Kenteq.



Haasnoot Bruggen certificeringen





ONTWERPERS, ENGINEERS EN BOUWERS

HAASNOOT BRUGGEN

Haasnoot Bruggen BV, Industrierrein Klei-Oost, De Roysloot 13-15, 2231 NZ Rijnsburg | Postbus 3025, 2220 CA Katwijk (ZH)
T. 071-402 17 44, F. 071-403 05 91 E. info@haasnootbruggen.nl

© 2014 ThorcaBndge® en ThorcaBridge Deck® is een innovatie van Haasnoot Bruggen BV. ThorcaBridge® en ThorcaBridge Deck® zijn geregistreerde merken van Qlabs Industries BV

Bijlage 4 Profielgrootheden brug Zwembad/ Dommelpark

Berekening ThorcaBridge / profielgrootheden

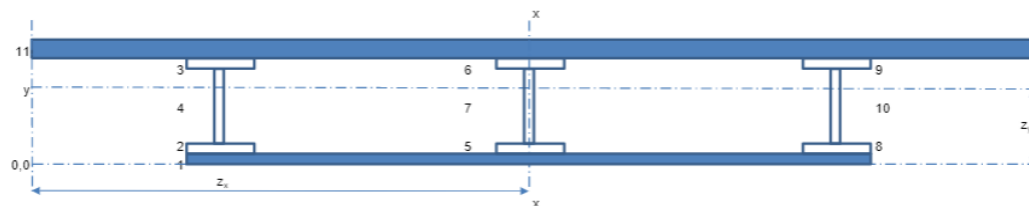
Opbouw met:

IPE400 profielen / 3 stuks

Bodemplaat met dikte van 12 mm

Topplaat met dikte van 18 mm

Breedte dek 2,5 meter / Lengte dek 20 meter / constructiehoogte van 430 mm.



Deel	breedte	hoogte	afstand x	afstand y	Opp. A	A.e _x	A.e _y	I _x	I _y
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
1	1900	12	1450	6	22800	33060000	136800	6859000000	273600
2	180	13,5	550	18,75	2430	1336500	45563	6561000	36906
3	180	13,5	550	405,25	2430	1336500	984758	6561000	36906
4	8,6	373	550	212	3208	1764290	680054	19771	37191501
5	180	13,5	1450	18,75	2430	3523500	45563	6561000	36906
6	180	13,5	1450	405,25	2430	3523500	984758	6561000	36906
7	8,6	373	1450	212	3208	4651310	680054	19771	37191501
8	180	13,5	2350	18,75	2430	5710500	45563	6561000	36906
9	180	13,5	2350	405,25	2430	5710500	984758	6561000	36906
10	8,6	373	2350	212	3208	7538330	680054	19771	37191501
11	2900	18	1450	421	52200	75690000	21976200	36583500000	1409400
Sommatie					99203	143844930	27244121	43481925312	113478935

Zwaartepunten:

z _x	=	ΣA.e _x	/A	=	1450 [mm]
z _y	=	ΣA.e _y	/A	=	275 [mm]

Bepaling bijkomend traagheidsmoment agv afstand tot zwaartepunt

Deel	afst.tov zx	afstand tov zy	A.e _x ²	A.e _y ²
[-]	[mm]	[mm]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
1	-2,27374E-13	269	0	1645281901
2	900	256	1968300000	159101850
3	900	-131	1968300000	41460347
4	900	63	2598318000	12582208
5	-2,27374E-13	256	0	159101850
6	-2,27374E-13	-131	0	41460347
7	-2,27374E-13	63	0	12582208
8	-900	256	1968300000	159101850
9	-900	-131	1968300000	41460347
10	-900	63	2598318000	12582208
11	-2,27374E-13	-146	0	1118358815
Sommatie			13069836000	3403073934

Totale traagheidsmomenten

I _x	=	5,66E+10 [mm ⁴]
I _y	=	3,52E+09 [mm ⁴]
Gewicht per meter		
G	=	779 [kg/m]
Lengte dek	:	20 [m]
Breedte dek	:	2,9 [m]
Totaal gewicht		15575 [kg]
Gelijkmatig verdeelde belasting		269 [kg/m ²]

Weerstandsmomenten

W _{b,onder}	=	1,28E+07 [mm ³]
W _{b,boven}	=	2,26E+07 [mm ³]

Bijlage 5 Berekening landhoofden en tussensteunpunten brug
Zwembad/ Dommelpark

Voetgangersbrug Zwembad/Dommelpark

1. Toetsing dek ThorcaBridge op eigen frequentie, buigend moment en dwarskracht

Aanname ontwerpberekening ThorcaBridge dekken

Uit beschikbare gegevens blijkt dat voor de toetsing van de Thorcabridge dekken de toetsing op de eigen frequentie en het buigende moment maatgevend zijn.

Verondersteld wordt dat de berekende dekconstructies tijdens de vervolgfase rekenkundig haalbaar zijn voor de overige te toetsen onderdelen van de brug.

Gegevens brug

Breedte brugdek tussen de leuningen	2,50 [m]
Constructiehoogte	0,43 [m]
Overspanning (maximaal)	20 [m]
Minimale eigen frequentie brug	3,00 [Hz]

Belasting / rustende belasting/eigen gewicht BG1

Eigen gewicht brugdek	779 [kg/m]
Totaal eigen gewicht brugdek	15575 [kg]
Eigen gewicht slijtlaag	12 [kg/m ²]
	30 [kg/m]
Totaal eigen gewicht slijtlaag	600 [kg]
Eigen gewicht leuning	50 [kg/m] 2 zijden
Totaal eigen gewicht leuning	1000 [kg]

Totaal eigen gewicht	17175 [kg]
----------------------	------------

Gelijkmatig verdeelde belasting agv eigen gewicht	8,6 [kN/m ¹]
Hierin:	
Verdeelde belasting eigen gewicht	7,8 [kN/m ¹]
Verdeelde belasting slijtlaag	0,3 [kN/m ¹]
Verdeelde belasting leuning	0,5 [kN/m ¹]

Krachtenverdeling dek agv BG1

M_{rep}	=	$1/8 \cdot q \cdot L^2$	=	429 [kNm]
V_{rep}	=	$1/2 \cdot q \cdot L$	=	86 [kN]

Belasting / veranderlijke belasting/voetgangers en fietsers BG2

Gelijkmatig verdeelde belasting q_{fk}	5,0 [kN/m ²]
	12,5 [kN/m ¹]

Totaal gelijkmatig verdeelde belasting	25000 [kg]
--	------------

Krachtenverdeling dek agv BG2

M_{rep}	=	$1/8 \cdot q \cdot L^2$	=	625 [kNm]
V_{rep}	=	$1/2 \cdot q \cdot L$	=	125 [kN]

Belasting / mobiele belasting / dienstvoertuig BG3 / pos 1 max buigend moment

Aslasten met aslast van	=	25 [kN]
<i>Aslijn van de mobiele belasting geplaatst in het midden van de brug:</i>		
Asafstand	s	3,00 [m]
M_{rep}	= $R_{rep} \cdot 1/2 \cdot L - F_{as} \cdot 0,5 \cdot s$	= 213 [kNm]
V_{rep}	= R_{rep}	= 25 [kN]

Belasting / mobiele belasting / dienstvoertuig BG3 / pos 2 max dwarskracht

Mobiele belasting geplaatst ter plaatse van het einde van de ligger:

$$V_{\text{rep}} = R_{\text{rep,max}} = 46,3 \text{ [kN]}$$

Belastingscombinaties

Combinatie	BC1	BC2	BC3
[-]	[-]	[-]	[-]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	1,2	1,2
Veranderlijke bel. 5 kN/m2	1,2		
Mobiele bel. Dienstvoertuig pos 1		1,2	
Mobiele bel. Dienstvoertuig pos 2			1,2

Krachtsverdeling

Maximaal optr. buigende moment en dwarskracht	V_{rep}	V_d	M_{rep}	M_d
[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
BC1 Eg + rb + veranderlijke bel. 5 kN/m2	211	253	1054	1265
BC1 Eg + rb + `dienstvoertuig pos 1	111	133	642	770
BC1 Eg + rb + `dienstvoertuig pos 2	132	159		

Dwarskrachtcapaciteit IPE-profielen

Type IPE-ligger:

IPE400

Gegevens toelaatbare dwarskracht en buigend moment (staalkwaliteit S235):

$V_{z;el;d}$

435 [kN]

Aantal profielen in het ThorcabBridge dek:

3 [st]

Dwarskrachtcapaciteit

1305 [kN]

Indien de optredende dwarskracht kleiner is dan 50% van de capaciteit behoeft er geen rekening gehouden te worden met gereduceerde momentencapaciteit agv de dwarskracht.

Dit blijkt zo te zijn: geen reductie op de momentcapaciteit benodigd.

Toetsing buigend moment

Maximaal optredend buigend moment	M_d	=	1265 [kNm]
Weerstandsmoment	W_{onder}	=	1,28E+07 [mm ³]
Optredende staalspanning		=	99 [N/mm ²]

Conclusie:

De toetsing op het buigend moment voldoet ruimschoots.

Controle eigen frequentie

Formule eigen frequentie:

$$n_{i;B} = (K^2 / (2 \cdot \pi \cdot L^2) \times (EI/m))^{0,5}$$

Massa's:

voor gewone ondersteuning:

$m_{\text{eigen gewicht}}$

17175 [kg]

K = 3,14 [-]

$m_{\text{menigte 10\%}}$

2500 [kg]

L = 20,00 [m]

m

19675 [kg]

E = 2,10E+05 [N/mm²]

984 [kg/m]

I = 3,52E+09 [mm⁴]

$n_{i;B}$ = 3,40 [Hz]

Unitycheck = 0,88 [-]

Conclusie:

De toetsing op op eigen frequentie voldoet. Voor een DO fase is een untiycheck van ca. 0,90 akkoord.

Zodoende is er nog enige marge aanwezig voor het geval dat er in het vervolgtraject kleine wijzigingen doorgevoerd moeten worden.

2. Tussensteunpunt (maatgevende)

De brug heeft een drietal overspanningen:

Overspanning centrumzijde	17,75 [m]
Overspanning midden	20,00 [m]
Overspanning sportparkzijde	8,00 [m]

Opbouw tussensteunpunt

Onderslagbalk onder het dek met een enkele stalen buis.

Constructie gefundeerd op een fundatiebalk op een tweetal voorgespannen prefab betonnen palen.

Onderslagbalk

Breedte	0,70 [m]
Hoogte	0,50 [m]
Lengte	2,14 [m]
Gewicht per meter	8,75 [kN/m]
Gewicht totaal	18,7 [kN]

Stalen buis

Diameter	406,4 [mm]
Wanddikte	12,0 [mm]
Lengte	2,20 [m]
Gewicht per meter	1,17 [kN/m]
Aantal buizen	1 [st]
Gewicht totaal	2,6 [kN]

Funderingsbalk

Breedte	0,70 [m]
Hoogte	0,70 [m]
Lengte	2,20 [m]
Gewicht per meter	12,25 [kN/m]
Gewicht totaal	27,0 [kN]

Belastingen vanuit het dek

Eigen gewicht dek + rustende belasting (slijtlaag en leuning) BG1

Tussensteunpunt neemt de helft van de belasting op de maatgevende overspanning op + de helft van het aansluitende dek.

Helft maatgevende dek	10,00 [m]
Helft aansluitende dek	8,88 [m]
Totale belasting uit dek gebaseerd op lengte van	18,88 [m]
Totale belasting a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting	

Verdeelde belasting eigen gewicht	18,88	x	7,8	=	147 [kN]
Verdeelde belasting slijtlaag	18,88	x	0,3	=	6 [kN]
Verdeelde belasting leuning	18,88	x	0,5	=	9 [kN]
Totaal					162 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	162	/	2,14	=	75,7 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 BG2

Verdeelde belasting 5 kN/m2	18,88	x	12,5	=	236 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	236	/	2,14	=	110,3 [kN/m]

Mobiele belasting dienstvoertuig BG3

Gelet op de spoorbreedte van het dienstvoertuig en de spreiding door het dek en de onderslagbalk is deze belasting gerekend als een lijnbelasting. Aslasten aangenomen bovenop het steunpunt.

Als lijnbelasting op de onderslagbalk: 50 / 2,14 = 23,4 [kN/m]

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend tov de veranderlijke belasting zelfs als zou er enige excentriciteit in rekening gebracht worden.

Berekening tussensteunpunt

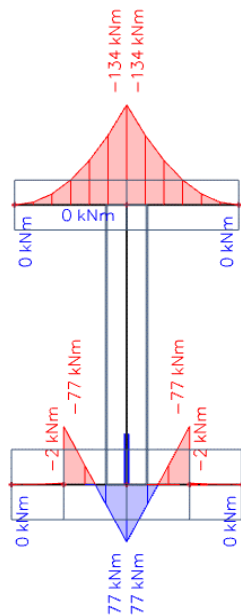
In de software SCIA Engineer is een berekening uitgevoerd van het tussensteunpunt.

Combinatie

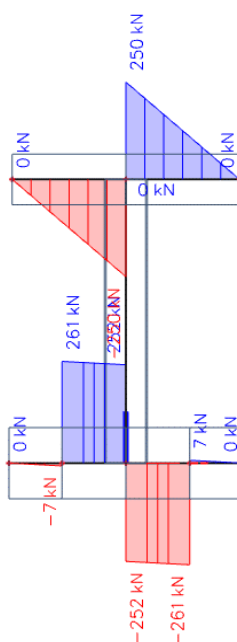
	BC1	F _{rep}	F _d
	[-]	[kN]	[kN]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	162	195
Eigen gewicht onderslagbalk	1,2	18,7	22
Eigen gewicht stalen buis	1,2	2,6	3
Eigen gewicht funderingsbalk	1,2	27,0	32
Veranderlijke bel. 5 kN/m2	1,2	236	283
		446	536

Resultaten SCIA Engineer berekening

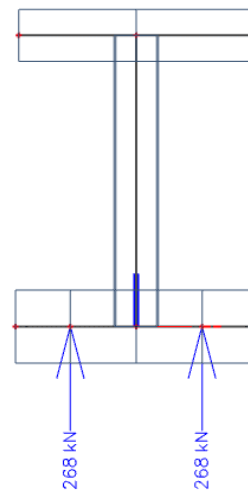
Buigend moment



Dwarskracht



Reactiekrachten



Controle reactiekrachten

Reactiekrachten vanuit SCIA Engineer 2 x 268 = 536 [kN]
Dit komt exact overeen met de berekende waarde in Excel. Invoer is akkoord.

Controle steunpuntsmoment

$M_d = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = 134 \text{ [kNm]}$
Dit komt exact overeen met de berekende waarde in Excel. Invoer is akkoord.

Onderslagbalk

Buigwapening (bovenzijde) ivm optredende buigende moment

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als bovenwapening:

Bovenwapening	6	Φ	20	Getoetst
Onderwapening	6	Φ	16	Praktisch

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als dwarskrachtwapening:

Beugels	Φ	12	
Hart op hart beugels		200	[mm]

Funderingsbalk

Buigwapening (bovenzijde) ivm optredende buigende moment

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als bovenwapening:

Bovenwapening	6	Φ	16	Getoetst
Onderwapening	6	Φ	16	Praktisch

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als dwarskrachtwapening:

Beugels	Φ	12	
Hart op hart beugels		200	[mm]

Palen

Optredende paalbelasting bedraagt 268 [kN]

Referentie:

Palen onder de Neubrug. Optredende paalbelasting was 329 kN. Palen vierkant 290 mm met inheinniveau van N.A.P. -1,00 meter volstaat.

Advies:

Aanvullend grondonderzoek uitvoeren en het paal draagvermogen opnieuw toetsen.

Paalkopwapening als gevolg van de horizontale belasting

Horizontale belasting:	10% van	236	=	24 [kN]
Rekenwaarde:				28 [kN]
Momentarm tov paalkop			ca.	3,7 [m]
Moment				105 [kNm]
Per paal			rekenw.	52 [kNm]
			repres.	44 [kNm]

Pas toe als totale kopwapening:

4	Φ	20
---	---	----

Lengte ca. 4 meter in paal. Kopwapening opnemen in funderingsbalk over 500 mm.

3. Landhoofdbalk Centrumzijde

De dimensies van de landhoofdbalk aan de Centrumzijde zijn praktisch gekozen.

De balk onder de oplegging van het dek heeft een:

hoogte 550 [mm]
breedte 600 [mm]

Aan de achterzijde van het dek is de landhoofdbalk voorzien van een opstorting met:

hoogte 350 [mm]
breedte 250 [mm]
Eigen gewicht landhoofdbalk per meter 10,4 [kN/m]
Lengte landhoofdbalk 2,90 [m]
Gewicht totaal 30 [kN]

Het landhoofd wordt belast vanuit een enkele overspanning van het dek:

Overspanning centrumzijde 17,75 [m]

Eigen gewicht dek + rustende belasting (slijtlaag en leuning) BG1

Helpt aansluitende dek 8,88 [m]

Totale belasting a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting

Verdeelde belasting eigen gewicht	8,88	x	7,8	=	69 [kN]
Verdeelde belasting slijtlaag	8,88	x	0,3	=	3 [kN]
Verdeelde belasting leuning	8,88	x	0,5	=	4 [kN]
Totaal					76 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	76	/	2,90	=	26,3 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 BG2

Verdeelde belasting 5 kN/m2	8,88	x	12,5	=	111 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	111	/	2,90	=	38,3 [kN/m]

Mobiele belasting dienstvoertuig BG3

Gelet op de spoorbreedte van het dienstvoertuig en de spreiding door het dek en de landhoofdbalk is deze belasting gerekend als een lijnbelasting. Aslasten aangenomen bovenop het steunpunt.

Als lijnbelasting op de onderslagbalk: 50 / 2,90 = 17,2 [kN/m]

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend tov de veranderlijke belasting zelfs als zou er enige excentriciteit in rekening gebracht worden.

Combinatie

	BC1	F_{rep}	F_d	q_{rep}	q_d
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	76	91	26,3	31,5
Eigen gewicht landhoofdbalk	1,2	30	36	10,4	12,5
Veranderlijke bel. 5 kN/m2	1,2	111	133	38,3	45,9
Sommatie		217	261	75,0	90,0

Krachtsverdeling

Betreft een ligger op twee steunpunten met een oversteklengte ten opzichte van de palen.

Hart op hart afstand palen = lengte middenoverspanning 1,60 [m]

Oversteklengte 0,65 [m]

Tpv overstek over de palen

V_{rep}	=	$q_{rep} \cdot L_{overstek}$	=	49 [kN]
V_d	=		=	58 [kN]
M_{rep}	=	$0,5 \cdot q_{rep} \cdot (L_{overstek})^2$	=	15,8 [kNm]
M_d	=		=	19,0 [kNm]

In het midden van de landhoofdbalk

V_{rep}	=	$0,5 \cdot q_{rep} \cdot L_{midden}$	=	60 [kN]
V_d	=		=	72 [kN]
M_{rep}	=	$M_{rep,overstek} - \{1/8 \cdot q_{rep} \cdot (L_{midden})^2\}$	=	-8,2 [kNm]
M_d	=		=	-9,8 [kNm]

Conclusie:

Optredende dwarskracht en buigend momenten zijn gering van grootte. Is eenvoudig op te wapenen met boven- en onderstaven met diameter 16 mm in combinatie met beugelwapening met diameter 12 mm..

Paalbelasting:

Totale belasting (rekenwaarde) bedraagt: 261 [kN]

Per paal: 130 [kN]

Dit is de optredende paalbelasting als gevolg van de landhoofdbalk.

Hierbij dient extra gewicht meegenomen te worden a.g.v.:

- Opstortst naast het dek boven op de landhoofdbalk
- Vleugelwandjes

Referentie:

Palen onder de Neubrug. Optredende paalbelasting was 329 kN. Palen vierkant 290 mm met inheinniveau van N.A.P. -1,00 meter volstaat.

Advies:

Aanvullend grondonderzoek uitvoeren en het paal draagvermogen opnieuw toetsen.

Paalkopwapening als gevolg van de horizontale belasting

Horizontale belasting:	10% van	111	=	11 [kN]
Rekenwaarde:				13 [kN]
Momentarm tov paalkop			ca.	1,03 [m]
Moment				14 [kNm]
Per paal			rekenw.	7 [kNm]
			repres.	6 [kNm]

Pas toe als totale kopwapening:

4 Φ 16

Lengte ca. 4 meter in paal. Kopwapening opnemen in landhoofdbalk over 500 mm.

4. Landhoofdbalk Sportparkzijde

De dimensies van de landhoofdbalk aan de Sportparkzijde zijn praktisch gekozen.

De balk onder de oplegging van het dek heeft een:

hoogte 1020 [mm]
breedte 600 [mm]

Aan de achterzijde van het dek is de landhoofdbalk voorzien van een opstorting met:

hoogte 350 [mm]
breedte 250 [mm]
Eigen gewicht landhoofdbalk per meter 17,5 [kN/m]
Lengte landhoofdbalk 2,90 [m]
Gewicht totaal 51 [kN]

Het landhoofd wordt belast vanuit een enkele overspanning van het dek:

Overspanning sportparkzijde 8,00 [m]

Eigen gewicht dek + rustende belasting (slijtlaag en leuning) BG1

Helpt aansluitende dek 4,00 [m]

Totale belasting a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting

Verdeelde belasting eigen gewicht	4,00	x	7,8	=	31 [kN]
Verdeelde belasting slijtlaag	4,00	x	0,3	=	1 [kN]
Verdeelde belasting leuning	4,00	x	0,5	=	2 [kN]
Totaal					34 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	34	/	2,90	=	11,8 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m² BG2

Verdeelde belasting 5 kN/m ²	4,00	x	12,5	=	50 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	50	/	2,90	=	17,2 [kN/m]

Mobiele belasting dienstvoertuig BG3

Gelet op de spoorbreedte van het dienstvoertuig en de spreiding door het dek en de landhoofdbalk is deze belasting gerekend als een lijnbelasting. Aslasten aangenomen bovenop het steunpunt.

Als lijnbelasting op de onderslagbalk: 50 / 2,90 = 17,2 [kN/m]

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend tov de veranderlijke belasting doordat deze berekening conservatief is aangenomen. Aslasten staan op hart op hart 3 meter uit elkaar waardoor bij de geringe overspanningslengte de oplegreactie geringer is dan hier berekend.

Combinatie

	BC1	F _{rep}	F _d	q _{rep}	q _d
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	34	41	11,8	14,2
Eigen gewicht landhoofdbalk	1,2	51	61	17,5	21,0
Veranderlijke bel. 5 kN/m ²	1,2	50	60	17,2	20,7
Sommatie		135	162	46,6	55,9

Krachtsverdeling

De berekening van de krachtsverdeling is niet uitgevoerd. Buigende momenten en dwarskrachten zijn gering. Zie ook de berekening van de landhoofdbalk aan de centrumzijde.

Vorm landhoofd in relatie tot de schanskorven

Het landhoofd is iets naar voren geplaatst ten opzichte van het aansluitende talud.

Reden hiervoor is esthetisch, het landhoofd dient iets uit het talud te steken. De voorzijde van het landhoofd zal voorzien worden van schanskorven.

Deze schanskorven dienen doorgezet te worden evenwijdig aan het landhoofd.

Het landhoofd is om bovenstaande reden voorzien van vleugelwanden.

Gelet op de lengte van de vleugelwanden is er voor gekozen om per vleugelwand een extra paal te plaatsen.

Bijlage 6 Profielgrootheden brug Cathalijnepad

Berekening ThorcaBridge / profielgrootheden

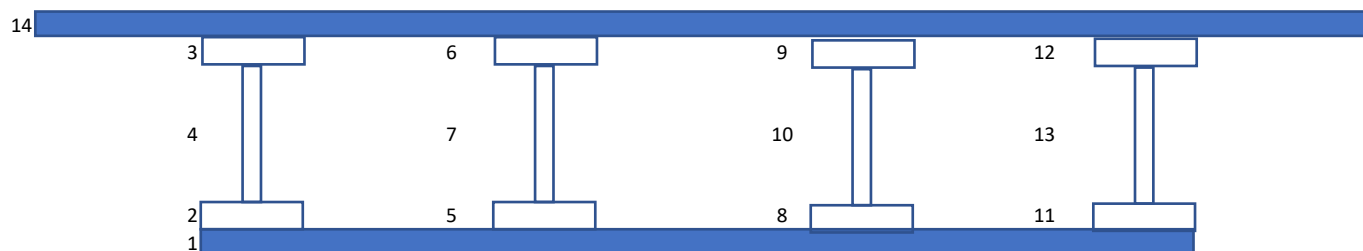
Opbouw met:

IPE500 profielen / 4 stuks

Bodemplaat met dikte van 12 mm

Topplaat met dikte van 18 mm

Breedte dek 3,5 meter / Lengte dek 25 meter / constructiehoogte van 530 mm.



Deel	breedte	hoogte	afstand x	afstand y	Opp. A	A.e _x	A.e _y	I _x	I _y
[-]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[mm ³]	[mm ³]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
1	2770	12	1740	6	33240	57837600	199440	21253933000	398880
2	200	16	435	20	3200	1392000	64000	10666667	68267
3	200	16	435	504	3200	1392000	1612800	10666667	68267
4	10,2	468	435	262	4774	2076516	1250683	41387	87127747
5	200	16	1305	20	3200	4176000	64000	10666667	68267
6	200	16	1305	504	3200	4176000	1612800	10666667	68267
7	10,2	468	1305	262	4774	6229548	1250683	41387	87127747
8	200	16	2175	20	3200	6960000	64000	10666667	68267
9	200	16	2175	504	3200	6960000	1612800	10666667	68267
10	10,2	468	2175	262	4774	10382580	1250683	41387	87127747
11	200	16	3045	20	3200	9744000	64000	10666667	68267
12	200	16	3045	504	3200	9744000	1612800	10666667	68267
13	10,2	468	3045	262	4774	14535612	1250683	41387	87127747
14	3480	18	1740	521	62640	108993600	32635440	63216288000	1691280
Sommatie					140574	244599456	44544813	84555719882	351147282

Zwaartepunten:

z _x	=	ΣA.ex	/A	=	1740 [mm]
zy	=	ΣA.ey	/A	=	317 [mm]

Bepaling bijkomend traagheidsmoment agv afstand tot zwaartepunt

Deel	afst.tov zx	afstand tov zy	$A \cdot e_x^2$	$A \cdot e_y^2$
[-]	[mm]	[mm]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
1	-4,54747E-13	311	0	3212466226
2	1305	297	5449680000	282035302
3	1305	-187	5449680000	112047896
4	1305	55	8129560140	14375695
5	435	297	605520000	282035302
6	435	-187	605520000	112047896
7	435	55	903284460	14375695
8	-435	297	605520000	282035302
9	-435	-187	605520000	112047896
10	-435	55	903284460	14375695
11	-1305	297	5449680000	282035302
12	-1305	-187	5449680000	112047896
13	-1305	55	8129560140	14375695
14	-4,54747E-13	-204	0	2609967321
Sommatie			42286489200	7456269118

Totale traagheidsmomenten

I_x	=	1,268E+11 [mm ⁴]
I_y	=	7,81E+09 [mm ⁴]
Gewicht per meter		
G	=	1104 [kg/m]
Lengte dek	:	25 [m]
Breedte dek	:	3,48 [m]
Totaal gewicht		27588 [kg]
Gelijkmatig verdeelde belasting		317 [kg/m ²]

Weerstandsmomenten

$W_{b,onder}$	=	2,46E+07 [mm ³]
$W_{b,boven}$	=	3,66E+07 [mm ³]

Bijlage 7 Berekening landhoofden en tussensteunpunt brug Cathalijnepad

Fietsbrug Cathalijnepad

1. Toetsing dek ThorcaBridge op eigen frequentie, buigend moment en dwarskracht

Aanname ontwerpberekening ThorcaBridge dekken

Uit beschikbare gegevens blijkt dat voor de toetsing van de Thorcabridge dekken de toetsing op de eigen frequentie en het buigende moment maatgevend zijn.

Verondersteld wordt dat de berekende dekconstructies tijdens de vervolgfase rekenkundig haalbaar zijn voor de overige te toetsen onderdelen van de brug.

Gegevens brug

Breedte brugdek tussen de leuningen	3,50 [m]
Constructiehoogte	0,53 [m]
Overspanning (maximaal)	25 [m]
Minimale eigen frequentie brug	3,00 [Hz]

Belasting / rustende belasting/eigen gewicht BG1

Eigen gewicht brugdek	1104 [kg/m]
Totaal eigen gewicht brugdek	27588 [kg]
Eigen gewicht slijtlaag	12 [kg/m ²]
	42 [kg/m]
Totaal eigen gewicht slijtlaag	1050 [kg]
Eigen gewicht leuning	50 [kg/m] 2 zijden
Totaal eigen gewicht leuning	1250 [kg]

Totaal eigen gewicht	29888 [kg]
----------------------	------------

Gelijkmatig verdeelde belasting agv eigen gewicht	12,0 [kN/m ¹]
Hierin:	
Verdeelde belasting eigen gewicht	11,0 [kN/m ¹]
Verdeelde belasting slijtlaag	0,4 [kN/m ¹]
Verdeelde belasting leuning	0,5 [kN/m ¹]

Krachtenverdeling dek agv BG1

M_{rep}	=	$1/8 \cdot q \cdot L^2$	=	934 [kNm]
V_{rep}	=	$1/2 \cdot q \cdot L$	=	149 [kN]

Belasting / veranderlijke belasting/voetgangers en fietsers BG2

Gelijkmatig verdeelde belasting q_{fk}	5,0 [kN/m ²]
	17,5 [kN/m ¹]

Totaal gelijkmatig verdeelde belasting	43750 [kg]
--	------------

Krachtenverdeling dek agv BG2

M_{rep}	=	$1/8 \cdot q \cdot L^2$	=	1367 [kNm]
V_{rep}	=	$1/2 \cdot q \cdot L$	=	219 [kN]

Belasting / mobiele belasting / voertuig BG3 / pos 1 max buigend moment

Aslast 1	80 [kN]
Positie aslast 1 ten opzichte van steunpunt	12,5 [m]
Aslast 2	40 [kN]
Positie aslast 2 ten opzichte van steunpunt	15,5 [m]

Oplegreacties:

$R_{rep,1}$	=		=	55,2 [kN]
-------------	---	--	---	-----------

$$R_{rep,2} = 64,8 \text{ [kN]}$$

Buigend moment midden van de ligger:

$$M_{rep} = 690 \text{ [kNm]}$$

Belasting / mobiele belasting / voertuig BG4 / pos 2 max dwarskracht

Aslast 1	40 [kN]
Positie aslast 1 ten opzichte van steunpunt	22 [m]
Aslast 2	80 [kN]
Positie aslast 2 ten opzichte van steunpunt	25 [m]

Oplegreacties:

$$R_{rep,1} = 5 \text{ [kN]}$$

$$R_{rep,2} = 115 \text{ [kN]}$$

$$\text{Aslasten met aslast van} = 25 \text{ [kN]}$$

Aslijn van de mobiele belasting geplaatst in het midden van de brug:

$$\text{Asafstand } s = 3,00 \text{ [m]}$$

$$M_{rep} = R_{rep} \cdot 1/2 \cdot L - F_{as} \cdot 0,5 \cdot s = 275 \text{ [kNm]}$$

$$V_{rep} = R_{rep} = 25 \text{ [kN]}$$

Belasting / mobiele belasting / dienstvoertuig BG3 / pos 2 max dwarskracht

Mobiele belasting geplaatst ter plaatse van het einde van de ligger:

$$V_{rep} = R_{rep,max} = 47,0 \text{ [kN]}$$

Belastingscombinaties

Combinatie	BC1	BC2	BC3
[-]	[-]	[-]	[-]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	1,2	1,2
Veranderlijke bel. 5 kN/m ²	1,2		
Mobiele bel. Dienstvoertuig pos 1		1,2	
Mobiele bel. Dienstvoertuig pos 2			1,2

Krachtenverdeling

Maximaal optr. buigende moment en dwarskracht	V_{rep}	V_d	M_{rep}	M_d
[-]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
BC1 Eg + rb + veranderlijke bel. 5 kN/m ²	368	442	2301	2761
BC1 Eg + rb + `dienstvoertuig pos 1	214	257	1624	1949
BC1 Eg + rb + `dienstvoertuig pos 2	265	318		

Dwarskrachtcapaciteit IPE-profielen

Type IPE-ligger:

IPE500

Gegevens toelaatbare dwarskracht en buigend moment (staalkwaliteit S235):

$V_{z,el;d}$	648 [kN]
Aantal profielen in het ThorcabBridge dek:	4 [st]
Dwarskrachtcapaciteit	2592 [kN]

Indien de optredende dwarskracht kleiner is dan 50% van de capaciteit behoeft er geen rekening gehouden te worden met gereduceerde momentencapaciteit agv de dwarskracht. Dit blijkt zo te zijn: geen reductie op de momentcapaciteit benodigd.

Toetsing buigend moment

Maximaal optredend buigend moment	M_d	=	2761 [kNm]
Weerstandsmoment	W_{onder}	=	2,46E+07 [mm ³]
Optredende staalspanning		=	112 [N/mm ²]

Conclusie:

De toetsing op het buigend moment voldoet ruimschoots.

Controle eigen frequentie

Formule eigen frequentie:

$$n_{i,B} = (K^2 / (2 \cdot \pi \cdot L^2) \times (EI/m))^{0.5}$$

voor gewone ondersteuning:

K	=	3,14 [-]
L	=	25,00 [m]
E	=	2,10E+05 [N/mm ²]
I	=	7,81E+09 [mm ⁴]
$n_{i,B}$	=	2,75 [Hz]
Unitycheck		1,09 [-]

Massa's:

$m_{eigen\ gewicht}$	29888 [kg]
$m_{menigte\ 10\%}$	4375 [kg]
m	34263 [kg]
	1371 [kg/m]

Conclusie:

De toetsing op op eigen frequentie voldoet net niet. Gelet op de reeds ontworpen Thorcabruggen met een overspanning van 25 meter zal bij een nadere beschouwing in de vervolgfase deze toetsing wel kunnen volstaan.

2. Tussensteunpunt (maatgevende)

De brug heeft een drietal overspanningen:

Overspanning centrumzijde	25,00 [m]
Overspanning sportparkzijde	25,00 [m]

Opbouw tussensteunpunt

Onderslagbalk onder het dek met een enkele stalen buis.

Constructie gefundeerd op een fundatiebalk op een tweetal voorgespannen prefab betonnen palen.

Onderslagbalk

Breedte	0,70 [m]
Hoogte	0,50 [m]
Lengte	3,02 [m]
Gewicht per meter	8,75 [kN/m]
Gewicht totaal	26,4 [kN]

Stalen buis

Diameter	406,4 [mm]
Wanddikte	12,0 [mm]
Lengte	2,60 [m]
Gewicht per meter	1,17 [kN/m]
Aantal buizen	2 [st]
Gewicht totaal	6,1 [kN]

Funderingsbalk

Breedte	0,70 [m]
Hoogte	0,70 [m]
Lengte	3,40 [m]
Gewicht per meter	12,25 [kN/m]
Gewicht totaal	41,7 [kN]

Belastingen vanuit het dek

Eigen gewicht dek + rustende belasting (slijtlaag en leuning) BG1

Tussensteunpunt neemt de helft van de belasting op de maatgevende overspanning op + de helft van het aansluitende dek.

Helft maatgevende dek	12,50 [m]
Helft aansluitende dek	12,50 [m]
Totale belasting uit dek gebaseerd op lengte van	25,00 [m]
Totale belasting a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting	

Verdeelde belasting eigen gewicht	25,00	x	11,0	=	276 [kN]
Verdeelde belasting slijtlaag	25,00	x	0,4	=	11 [kN]
Verdeelde belasting leuning	25,00	x	0,5	=	13 [kN]
Totaal					299 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	299	/	3,02	=	99,0 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 BG2

Verdeelde belasting 5 kN/m2	25,00	x	17,5	=	438 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	438	/	3,02	=	145,0 [kN/m]

Mobiele belasting dienstvoertuig BG3

Gelet op de spoorbreedte van het dienstvoertuig en de spreiding door het dek en de onderslagbalk is deze belasting gerekend als een lijnbelasting. Aslasten aangenomen bovenop het steunpunt.

Als lijnbelasting op de onderslagbalk: $50 / 3,02 = 16,6 \text{ [kN/m]}$

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend tov de veranderlijke belasting zelfs als zou er enige excentriciteit in rekening gebracht worden.

Berekening tussensteunpunt

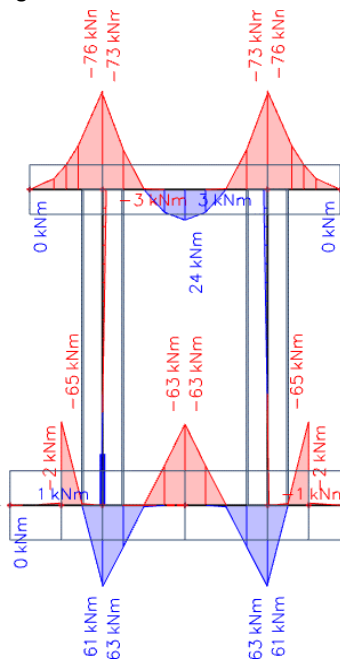
In de software SCIA Engineer is een berekening uitgevoerd van het tussensteunpunt.

Combinatie

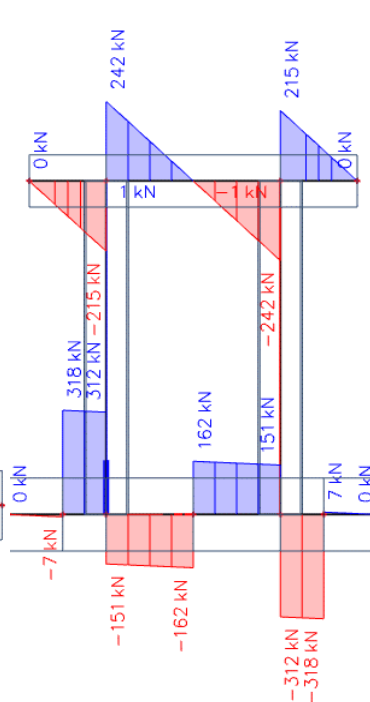
	BC1	F _{rep}	F _d
[-]	[-]	[kN]	[kN]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	299	359
Eigen gewicht onderslagbalk	1,2	26,4	32
Eigen gewicht stalen buis	1,2	6,1	7
Eigen gewicht funderingsbalk	1,2	41,7	50
Veranderlijke bel. 5 kN/m2	1,2	438	525
		811	973

Resultaten SCIA Engineer berekening

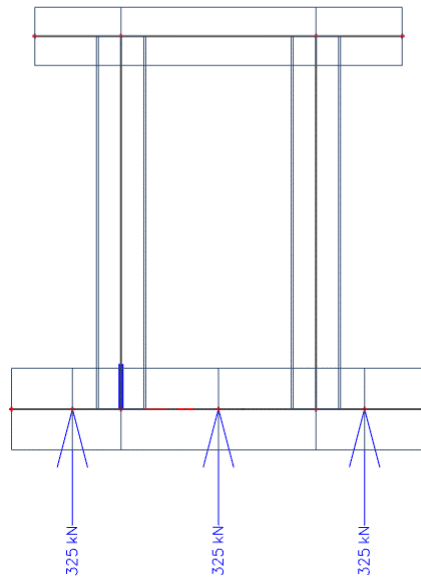
Buigend moment



Dwarskracht



Reactiekrachten



Controle reactiekrachten

Reactiekrachten vanuit SCIA Engineer $3 \times 325 = 975 \text{ [kN]}$

Dit komt exact overeen met de berekende waarde in Excel. Invoer is akkoord.

Controle steunpunts- en veldmoment onderslagbalk

Oversteklengte onderslagbalk tov as stalen paal

0,71 [m]

Hart op hart stalen palen

1,60 [m]

Steunpuntsmoment:

$$M_{d, \text{steunpunt}} = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 = 76 \text{ [kNm]}$$

Veldmoment:

$$M_d = M_{d, \text{steunpunt}} - \frac{1}{8} \cdot q \cdot L^2 = -21 \text{ [kNm]}$$

De uitkomsten vanuit SCIA Engineer komen goed overeen met de berekende waarde in Excel. Invoer is akkoord.

Onderslagbalk

Buigwapening (bovenzijde) ivm optredende buigende moment

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als bovenwapening:

Bovenwapening	6	Φ	16	Getoetst
Onderwapening	6	Φ	16	Praktisch

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als dwarskrachtwapening:

Beugels	Φ	12	
Hart op hart beugels		200	[mm]

Funderingsbalk

Buigwapening (bovenzijde) ivm optredende buigende moment

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als bovenwapening:

Bovenwapening	6	Φ	16	Praktisch
Onderwapening	6	Φ	16	Praktisch

Op basis van een globale toetsing is de benodigd als dwarskrachtwapening:

Beugels	Φ	12	
Hart op hart beugels		200	[mm]

Palen

Optredende paalbelasting bedraagt 325 [kN]

Referentie:

Palen onder de Nebrug. Optredende paalbelasting was 329 kN. Palen vierkant 290 mm met inheinniveau van N.A.P. -1,00 meter volstaat.

Advies:

Aanvullend grondonderzoek uitvoeren en het paal draagvermogen opnieuw toetsen.

Paalkopwapening als gevolg van de horizontale belasting

Horizontale belasting:	10% van	438	=	44 [kN]
Rekenwaarde:				53 [kN]
Momentarm tov paalkop			ca.	3,8 [m]
Moment				200 [kNm]
Per paal			rekenw.	67 [kNm]
			repres.	55 [kNm]

Pas toe als totale kopwapening:

4	Φ	25
---	--------	----

Lengte ca. 4 meter in paal. Kopwapening opnemen in funderingsbalk over 500 mm.

3. Landhoofdbalk Centrumzijde

In de bestaande situatie is er een landhoofd aanwezig bestaande uit een hoge gemetselde wandconstructie. Deze zal in de nieuwe situatie zijn functie verliezen. Er zal een verankerde damwandconstructie aangebracht worden.

Damwandberekening

Reliability Class

Damwandberekening is onderdeel van de waterkering langs de Dommel.

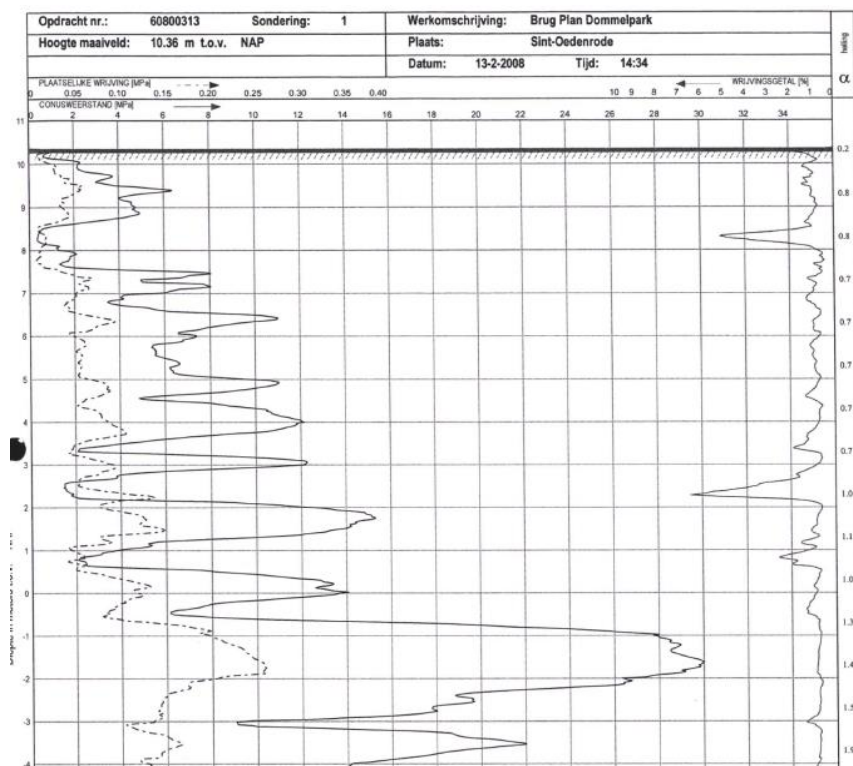
Rekening is gehouden met een Reliability Class:

RC2

Grondonderzoek / relevante sondering

Ter plaatse van de Neulbrug zijn tbv de bouw een tweetal sonderingen uitgevoerd. De sondering aan de Centrumzijde betrof sondering 1. Deze is bij het ontbreken van aanvullend grondonderzoek aangehouden voor deze berekening. Sondering 2 is tevens gunstiger voor wat betreft het sondeerbeeld zodat sondering 1 maatgevend is.

Sondering 1



Vanaf maaiveldniveau tot aan N.A.P. -0,50 meter is er losgepakt zand aangenomen.
Vanaf N.A.P. -0,50 meter tot N.A.P. -3,00 meter is matig vastgepakt zand aangenomen.

Damwand

Indien de damwand gedrukt aangebracht zal worden is er een minimaal benodigde zwaarte nodig van de damwand. Gekozen is tot het toepassen van:

Damwandtype
Staalkwaliteit

AZ14-700
S240GP

Verankering

Gekozen is voor een verankering met groutinjectieankers (De Vries - Titan).

Groutinjectie systeem	eenheid	40/20	53/29	53/23	63/32
Buiten diameter	mm	40	53	53	63
Binnen diameter	mm	20	29	23	32
Kleinste doorsnede	mm ²	739	1321	1616	2016
Gewicht	kg/m	5,8	10,4	12,7	15,8
Toelaatbare ankerkracht F_a of $F_{a,max}$ conform CUR 166	kN	355	634	776	968
Vloeikracht	kN	444	793	970	1210
Staalkwaliteit	-				
Vloeijspanning	N/mm ²	600	600	600	600
Standaard boorkopdiameter	mm	150	175	175	200

Type

Oppervlakte staaf

Hart op hart afstand van de ankers

Oppervlakte per meter

Voorspanning

53/29

1321 [mm²]

2,80 [m]

4,72E-04 [m²/m]

50 [kN/m]

Belastingen

Maaiveldbelasting

10 [kN/m²]

Hoogwatersituatie:

De voor de damwand maatgevende situatie is die van "Val na Hoogwater". Er ontstaat dan een waterstandsverschil over de damwand.

Aangenomen waterstand aan de grondzijde van de damwand (maatgevend HW)

9,88 [m tov NAP]

Aangenomen waterstand aan de "Dommel"-zijde van de damwand (max peil zomer)

7,70 [m tov NAP]

Minimale inbeddingsdiepte damwand

De minimaal benodigde diepte van de damwand blijkt uit de Dsheetberekening en is:

1,00 [m tov NAP]

Bij dit inheinniveau is de damwand nog net stabiel.

Aangehouden inheinniveau

Als inheinniveau is aangehouden een niveau dat 2 meter dieper ligt dan de minimaal benodigde.

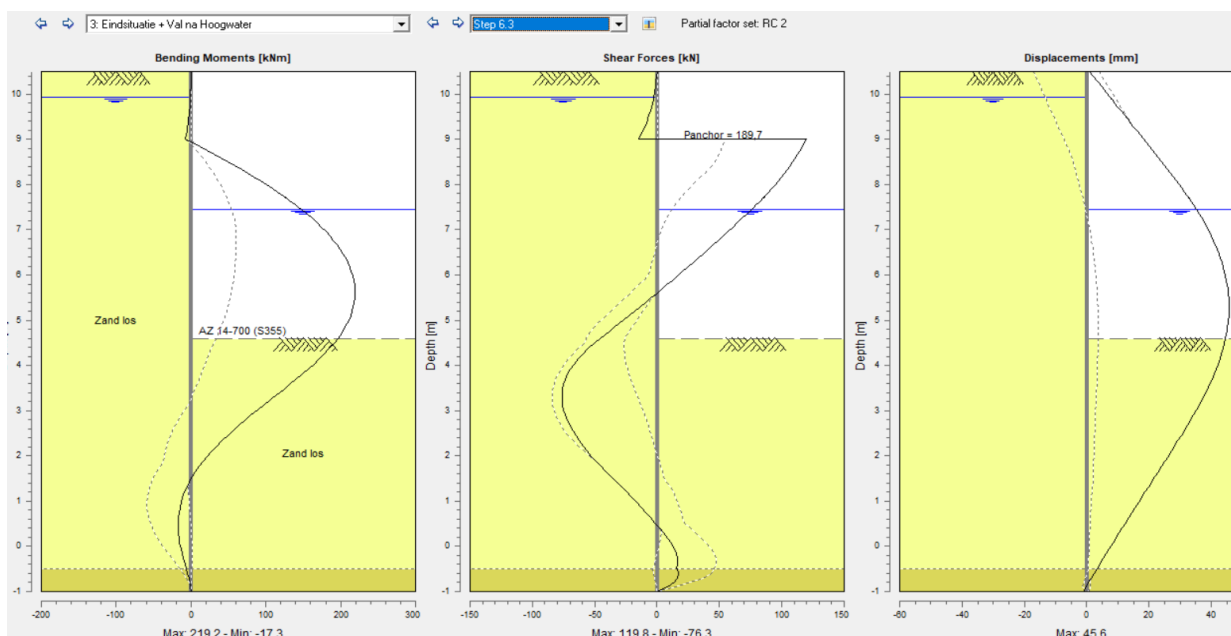
Dit ivm het mobiliseren van het benodigde verticaal draagvermogen verband houdend met de ontbondene van de ankerkracht en de verticale belasting vanuit het landhoofd.

Inheinniveau

-1,00 [m tov NAP]

Berekening in Dsheet

Onderstaande figuur toont de resultaten (rekenwaarde) voor de maatgevende situatie (Val na Hoogwater)



Resultaat:

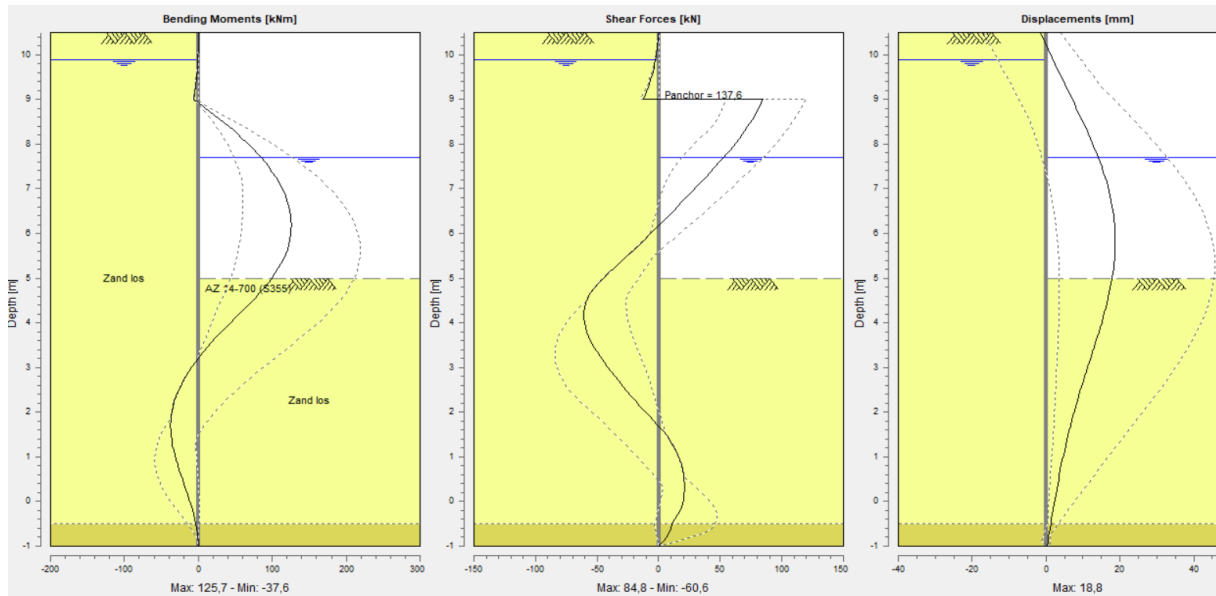
Maximaal buigende moment

219 [kNm/m]

Maximale ankerkracht

190 [kN/m]

Onderstaande figuur toont de resultaten (representatieve waarde) voor de maatgevende situatie (Val na Hoogwater)



Resultaat:

Maximale verplaatsing

19 [mm]

Toetsingen

Optredend moment

Weerstandsmoment damwand

1405 [cm³/m]

Staalspanning

156 N/mm²

Toelaatbare spanning

240 N/mm²

Conclusie:

Damwandprofiel volstaat.

Doorbuiging

De maximale doorbuiging dient kleiner te zijn dan 1/100 van de kerende hoogte van de damwand.

De kerende hoogte bedraagt minimaal:

4,00 [m]

Toelaatbare vervorming bedraagt dan:

40 [mm]

Conclusie:

Vervormingen blijven binnen de toelaatbare vervorming.

Verankering

Totale ankerkracht gegeven de hart op hart ankers:

532 [kN]

Toelaatbare ankerkracht (zie tabel=inclusief vergrotingsfactor cf. CUR166)

634 [kN]

Conclusie:

Zwaarte anker volstaat.

Groutlichaam

Boorkopdiameter		175 [mm]
Vergroting diametergroutlichaam ivm druk		40 [mm]
Omtrek groutlichaam		675 [mm]
Wrijvingsfactor	α_t	1,50%
Veiligheidsfactor	γ_a	1,2 [-]
Conusweerstand gemiddeld	$q_{c, \text{gem}}$	12000 [Mpa]
Lengte groutlichaam	L	6 [m]
Opneembare ankerkracht	$F_{r, \text{gr}, d}$	608 [kN]
Rekenwaarde ankerkracht		
Rekenwaarde ankerkracht uit Dsheet	$F_{a, \text{max}}$	532 [kN]
Vergrotingsfactor CUR166 op grout	γ	1,1 [-]
Optredende ankerkracht ivm toetsing grout	$F_{s, \text{gr}, d}$	585 [kN]

Conclusie:

Groutlichaam van 6 meter volstaat. Groutlichaam aanbrengen in zone vanaf N.A.P. -0,50 meter.

Landhoofdbalk

De dimensies van de landhoofdbalk aan de Centrumzijde zijn praktisch gekozen.

De balk onder de oplegging van het dek heeft een:

hoogte	700 [mm]
breedte	700 [mm]
Aan de achterzijde van het dek is de landhoofdbalk voorzien van een opstorting met:	
hoogte	450 [mm]
breedte	250 [mm]
Eigen gewicht landhoofdbalk per meter	15,1 [kN/m]
Lengte landhoofdbalk	3,90 [m]
Gewicht totaal	59 [kN]

Het landhoofd wordt belast vanuit een enkele overspanning van het dek:

Overspanning centrumzijde	25,00 [m]
---------------------------	-----------

Eigen gewicht dek + rustende belasting (slijtlaag en leuning) BG1

Helft aansluitende dek	12,50 [m]
------------------------	-----------

Totale belasting a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting

Verdeelde belasting eigen gewicht	12,50	x	11,0	=	138 [kN]
Verdeelde belasting slijtlaag	12,50	x	0,4	=	5 [kN]
Verdeelde belasting leuning	12,50	x	0,5	=	6 [kN]
Totaal					149 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	149	/	3,90	=	38,3 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 BG2

Verdeelde belasting 5 kN/m2	12,50	x	17,5	=	219 [kN]
Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	219	/	3,90	=	56,1 [kN/m]

Mobiele belasting dienstvoertuig BG3

Gelet op de spoorbreedte van het dienstvoertuig en de spreiding door het dek en de landhoofdbalk is deze belasting gerekend als een lijnbelasting. Aslasten aangenomen bovenop het steunpunt.

Als lijnbelasting op de onderslagbalk:	120	/	3,90	=	30,8 [kN/m]
--	-----	---	------	---	-------------

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend tov de veranderlijke belasting zelfs als zou er enige excentriciteit in rekening gebracht worden.

Combinatie

	BC1	F _{rep}	F _d	q _{rep}	q _d
[-]	[-]	[kN]	[kN]	[kN/m]	[kN/m]
Eigen gewicht brugdek +r.b. slijtlaag en leuning	1,2	149	179	38,3	46,0
Eigen gewicht landhoofdbalk	1,2	59	70	15,1	18,1
Veranderlijke bel. 5 kN/m ²	1,2	219	263	56,1	67,3
Sommatie		427	512	109,5	131,4

Krachtenverdeling

De landhoofdbalk wordt ondersteund door een doorgaande stalen damwand. Er ontstaan nagenoeg geen buigende momenten en dwarskrachten in de balk.

Landhoofdbalk is eenvoudig te wapenen met staven met diameter 16 mm..

4. Landhoofdbalk Sportparkzijde

De afmetingen van de landhoofdbalk zijn praktisch gekozen.

Het landhoofd is aan de voorzijde voorzien van een drietal palen op een h.o.h. afstand van 1,30 meter.

De buigende momenten en dwarskrachten zijn gering.

Af te wapenen met staafdiameters van 16 mm.

Palen:

Afmeting 290x290 mm en inheinniveau van N.A.P. -1,00 meter.

Pas toe als totale kopwapening:

4

Φ

16

Lengte ca. 4 meter in paal. Kopwapening opnemen in landhoofdbalk over 500 mm.