

Klimaatrobuust Beekdal Sint-Oedenrode – Ontwerp bruggen

Fiets- voetgangersbrug Neulbrug

Definitief

Waterschap De Dommel / Gemeente Meierstad



Greenrivers B.V.
Amersfoort, 29 oktober 2021

Verantwoording

Titel : Klimaatrobuust beekdal Sint-Oedenrode – Ontwerp bruggen
Subtitel : Fiets- voetgangersbrug Neulbrug
Projectnummer : P19-008
Referentienummer : P19-008-02
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	6
3	Uitgangspunten nieuwe brug	10
3.1	Normen en richtlijnen	10
3.2	Project specifieke ontwerpdocumenten	11
3.3	Vormgeving bruggen	11
3.4	Hydraulische randvoorwaarden	11
3.5	Constructieve uitgangspunten	12
3.5.1	Gevolg en betrouwbaarheidsklasse	12
3.5.2	Ontwerplevensduur.....	12
4	Ontwerp nieuwe brug.....	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 brug.....	17
4.3	Belastingen en belastingcombinaties	18
4.3.1	Belastingen	18
4.3.2	Belastingcombinaties	19
4.4	Uitgevoerde berekeningen	20
4.4.1	Dekconstructie brug	20
4.4.2	Tussensteunpunten en landhoofd Sportparkzijde	20

Bijlagen:

- 1 Ontwerptekening fiets- voetgangersbrug Neulbrug
- 2 Ontwerpberekening bestaande dek uit 2008
- 3 Berekening nieuwe dek en fundaties brug Neulbrug

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:

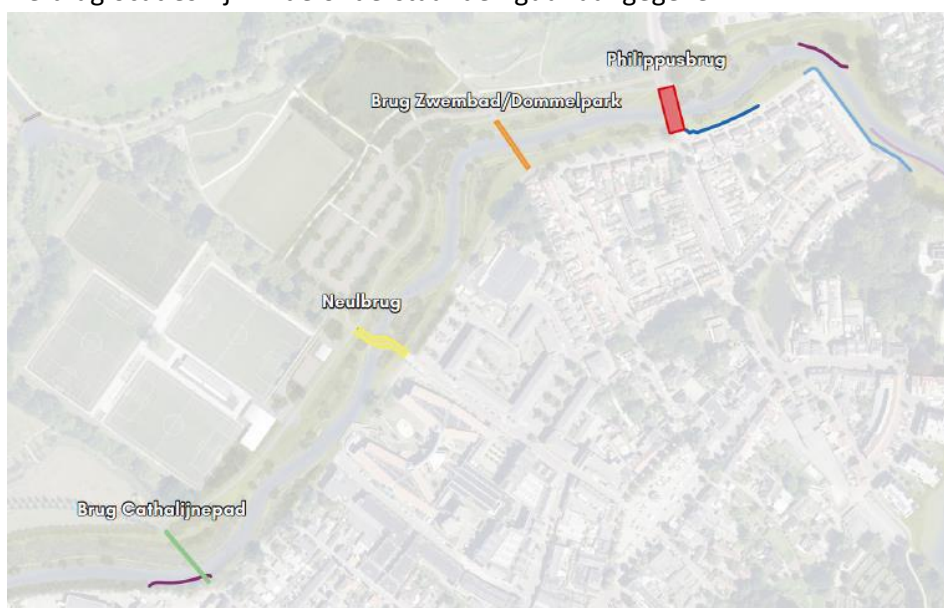
- a) geen overlast bij extreme neerslag;
- b) hogere (grond-)waterstanden bij extreme droogte;
- c) verminderen hittestress;
- d) verbetering waterkwaliteit;
- e) Kaderrichtlijn Water doelstellingen (beekherstel);
- f) aanleg/verbetering ecologische verbindingzone door de bebouwde kom;
- g) bijdrage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

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 brug zijn documenten beschikbaar. Zie onderstaande tabel.

Document	Titel	Relevante inhoud
<u>Berekening</u> GrootLemmer Projectnummer B61714 d.d. 21-10-2008	Berekening van een brug. Dommelpark Sint-Oedenrode. Brug 1 21,0 x 5,0 m Prefazo Type 2 Staal	Ontwerp van de totale dekopbouw.
<u>Tekening</u> ijb geotechniek, opdracht-nummer 60800313, tekeningnummer F-01 en datum document 31-10-2008	Brug, Dommelpark te st. Oedenrode, onderdeel FUNDERING.	Bouwaanvraag tekening van de prefab beton palen. Tevens is op de langsdoorsnede de brug zichtbaar inclusief hoogten dek.
<u>Geotechnisch bodemonderzoek</u> ijb geotechniek, opdracht-nummer 60800313, datum document 18-02-2008	Rapportage Geotechnisch Bodemonderzoek te Sint Oedenrode. Project Sint Oedenrode, Plan Dommelpark Brug	Uitgevoerde grondonderzoek tbv paal draagvermogen (en grondkering?). Twee sonderingen.

2.2 Bestaande brugconstructie

Foto bestaande brug / landhoofd Centrumzijde



Het landhoofd bestaat conform de tekening een rechthoekige landhoofd balk op prefab voor- gespannen betonpalen. Op de foto is te zien dat er aan de Dommelse zijde een houten damwand is geplaatst als grondkering. In principe zal het landhoofd en de grondkering gehandhaafd blijven. Inspectie naar de staat van de houten grondkering is noodzakelijk.

Foto bestaande brug / landhoofd Sportparkzijde

Het landhoofd bestaat conform de tekening ook aan de zijde van het Sportpark uit een recht-hoekige landhoofd balk op prefab voorgespannen betonpalen. Op de foto is te zien dat er aan de Dommelzijde schanskorfconstructies zijn geplaatst als grondkering. In de nieuwe situatie zal het landhoofd vervangen worden door een nieuw te maken tussensteunpunt. Het landhoofd komt dan ook te vervallen evenals de schanskorven.

Onderzocht dient te worden of de schanskorven voor hergebruik in aanmerking komen.

Bij de uitwerking van het nieuwe tussensteunpunt dient rekening gehouden te worden met de bestaande betonpalen.

Foto bestaande brug / dekconstructie

Zoals te zien is bestaat het dek uit een separaat voet- en fietspad met hiertussen een stalen opstand. De breedte van deze opstand verloopt in breedte en in hoogte. De breedte bedraagt 0,30 meter aan de Centrumzijde en 1,20 meter aan de zijde van het Sportpark.

Afmetingen en hoogteligging bestaande brug

Breedte van de brug

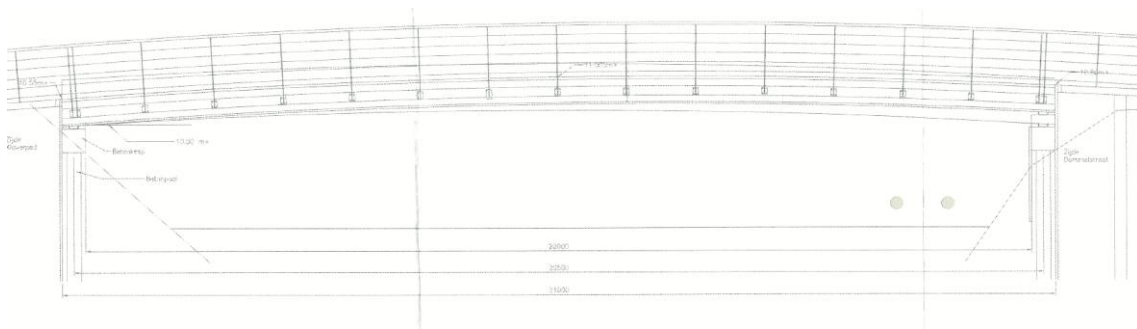
De breedte van de bestaande brug bedraagt, conform tekening: 5,30 meter ter plaatse van het landhoofd aan de Centrumzijde en 6,20 meter aan de zijde van het Sportpark.

Overspanning van de brug

Betreft een fiets- voetgangersbrug bestaande uit een enkele overspanning. De ondersteuning van de brug bestaat uit een tweetal landhoofdbalken. De overspanning overspant het profiel van de Dommel.

Het brugdek heeft een totale lengte van 21 meter. Binnen deze 21 meter zijn de landhoofdbalken geplaatst met een breedte van 0,50 meter. De overspanningslengte van de brugdelen is ca. 20,5 meter.

Zie onderstaande figuur zoals overgenomen van de tekening.



Op de tekening is aangegeven dat de hoogte van het dek aan de Centrumzijde gelijk is aan N.A.P. +10,80 meter en aan de zijde van het Sportpark gelijk aan N.A.P. +10,55 meter.

Hoogteligging van de brug

De hoogten van de bestaande brug zijn ingemeten. Zie onderstaande figuur. Hoogte van de brug aan de Centrumzijde bedraagt ca. N.A.P. +10,81 meter. De hoogte van de aansluitende weg (Klaverpad) bedraagt N.A.P. +10,56 meter.



Geconcludeerd kan worden dat de ingemeten hoogten goed overeen komen met de tekening.

Hergebruik mogelijk?

Opdrachtgever wil gelet op de nog jonge leeftijd van de brug deze handhaven. De huidige hoogteligging van de brug kan niet gehandhaafd blijven. Het landhoofd aan de Sportparkzijde kan niet gehandhaafd blijven vanwege de aanheling van de brug.

Om bovenstaande redenen zal de brug tijdelijk verplaatst moeten worden. Dit geeft tevens de mogelijkheid om de brug te inspecteren en indien nodig te renoveren.

Het landhoofd aan de Centrumzijde zal gehandhaafd blijven. Wellicht dat er vanwege de gewijzigde hoogteligging van het dek enige aanpassing nodig zijn van de aansluitende verharding.

3 Uitgangspunten nieuwe brug

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 KlimaatrobustBeekdal Sint- Oedenrode.

Conditionerende onderzoeken

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

3.3 Vormgeving bruggen

Vormgeving algemeen

- De bruggen dienen zo slank als mogelijk uitgevoerd te worden. Vanwege het handhaven van de bestaande brug is de slankheid een vast gegeven.
- 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 centrumzijde.* Het landhoofd aan de centrumzijde blijft gehandhaafd.
- *Tussensteunpunten.* Voorkeur gaat uit naar slanke stalen buispalen als ondersteuning.
- De leuning van de brug is transparant uitgevoerd. Als leuning zal het type leuning zoals toegepast op de bestaande brug worden toegepast.

Zie de onderstaande foto voor het leuningtype zoals toegepast op het bestaande dek.



3.4 Hydraulische randvoorwaarden

Normale afvoersituatie / voorjaarsituatie

In onderstaande tabel is de hydraulische randvoorwaarde weergegeven voor de voorjaarssituatie 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]
Neulbrug	+7,80	+7,80	6,3	0,60

De normale waterstand in de Dommel is van belang voor de bepaling van de vrije ruimte onder de brug tijdens normale omstandigheden.

Extreme afvoersituatie / gegevens maatgevende afvoersituatie T100WH

In onderstaande tabel is de hydraulische randvoorwaarde 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]
Neulbrug	+9,99	+9,99	64,0	0,64

3.5 Constructieve uitgangspunten

3.5.1 Gevolg en betrouwbaarheidsklasse

De gevolklassen 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
Fiets- voetgangersbrug Neulbrug	CC2 (RC2)

De reden om deze brug in te delen in CC2 heeft te maken met de klasse van de bestaande brug. Sterkte technisch is het bestaande dek uitgerekend als een verkeersbrug met een voertuig van 20 ton. Het is niet gewenst om de nieuwe brug minder sterk te maken dan de bestaande brug. Overigens resulteert deze keuze niet in een wezenlijk andere constructiehoogte van het dek. De nieuwe dekconstructies zullen dezelfde constructiehoogte bezitten als ook eenzelfde opbouw. Dit om esthetische reden.

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.

NB:

De ontwerplevensduur van het bestaande dek is niet vermeld in de ontwerpberekening. Aangenomen wordt dat de hoofddraagstructuur, mits goed onderhouden, een levensduur van 100 – (2022-2008) is 86 jaar bezit.

Het brugdek is voorzien van houten dekdelen. Hout heeft geen levensduur van 100 jaar en zal dan ook meerdere keren vervangen moeten worden. Optioneel kan besloten worden om de dekdelen te vervangen door kunststof dekdelen.

4 **Ontwerp nieuwe brug**

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

Breedte brug / voetpadgedeelte

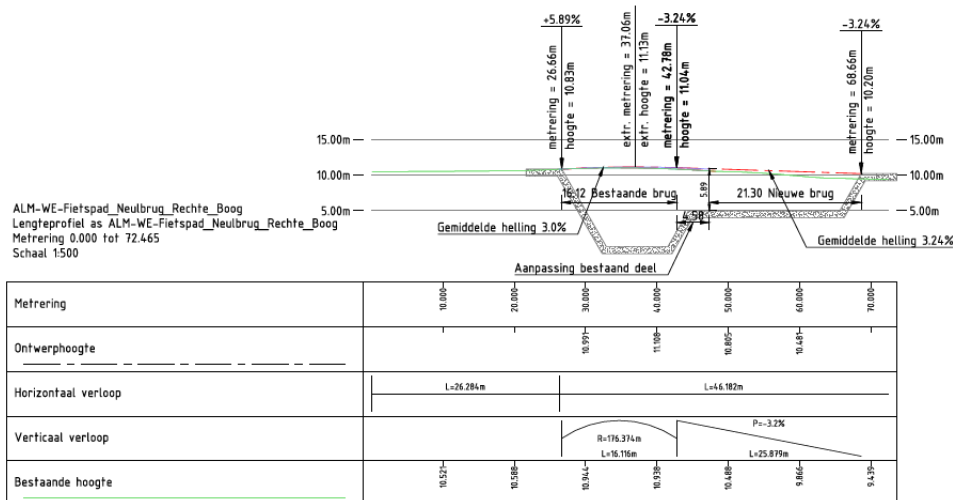
Maatgevend voor de breedte van de brug is de benodigde breedte van een rolstoelgebruiker. Deze bedraagt 0,90 meter. Om tweerichtingsverkeer mogelijk te maken is de minimale breedte gelijk aan 1,80 meter. De breedte van het bestaande voetpad op het dek is gelijk aan 2,0 meter. Dit is voldoende.

Breedte brug / fietspadgedeelte

Gehanteerde uitgangspunt voor de breedte van het fietspad is een 2-strooks fietspad. 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 leuningen van 2,40 meter.

Helling brug

Door Arcadis is een verkeerskundige beoordeling van de Neulbrug uitgevoerd. Deze beoordeling is gerapporteerd in een memo met onderwerp “Verkeerskundige beoordeling Neulbrug in Sint-Oedenrode”, datum 11 mei 2021 en referentienummer D10028079:26. In dit memo zijn een aantal varianten uitgewerkt. Opdrachtgever heeft gekozen voor de variant “Variant rechte boog”. Zie onderstaande uitwerking.



Uitgangspunten bij deze variant:

- De hoogteligging aan de Centrumzijde blijft gelijk aan de bestaande situatie.
- Het bestaande dek komt ter plaatse van het tussensteunpunt hoger te liggen.
- In het verlengde van het bestaande dek wordt een rechtstand aangehouden.
- De hoogteligging aan de Sportparkzijde wordt aangebracht op N.A.P. +10,20 meter.
- Bij deze variant dient het bestaande dek aangepast te worden.

Er zijn een aantal wijziging aangebracht ten opzichte van deze variant:

- Het bestaande dek bepaald de kromming en dus de hoogte ter plaatse van het tussensteunpunt. Hieraan gekoppeld is de te hanteren rechtstand (doorgaande lijn na kromming). Uit een nadere uitwerking blijkt dat indien het bestaande dek ter plaatse van het tussensteunpunt aangebracht wordt op een hoogte van N.A.P. +11,45 meter er een rechtstand toegepast kan worden die resulteert in een hoogte ter plaatse van de aansluitende weg Sportparkzijde van N.A.P. +10,29 meter.
- Voordeel hiervan is dat een aanpassing van het bestaande dek niet benodigd is. Daarnaast sluit de hoogte van N.A.P. +10,29 meter ter plaatse van het Sportpark beter aan op de aansluitende fiets- en voetpad.
- Naast genoemde voordeel komt het brugdek ook iets hoger te liggen. Hierdoor is de kans op stromingsdruk op de zijkant van de brug tijdens een hoogwater vrijwel niet aanwezig. Ook is de beschikbare ruimte onder de brug groter.

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 : N.A.P. +9,99 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.

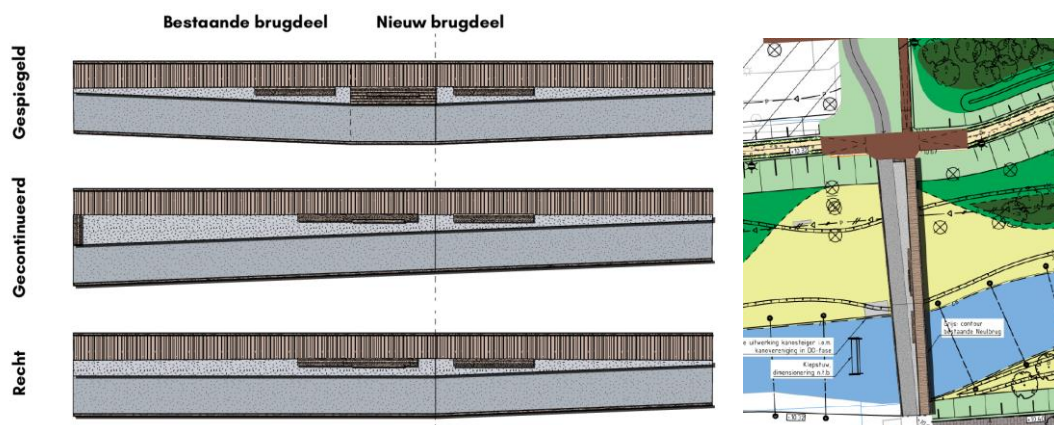
4.1.3 Inpassing

Locatie (tussen-)steunpunten in relatie tot ligging Dommel

Ter plaatse van de brug ligt de Dommel in de nieuwe situatie min of meer op dezelfde plek als in de huidige situatie. Uitgangspunt is dat er geen tussensteunpunten in het zomerbed geplaatst mogen worden. De voor ogende staande verbreding van het winterbed bedraagt ca. 28 meter. Deze overspanning is te groot om zonder tussensteunpunten uit te voeren indien dezelfde constructiehoogte gewenst is. Om die reden zal er ook een (tweede) tussensteunpunt aangebracht worden in het winterbed.

Architectonische inpassing

Door het ontwerp bureau Burobol is de nieuwe situatie van de Neulbrug beoordeeld. Een aantal varianten zijn hierbij de revue gepasseerd. Opdrachtgever heeft gekozen voor de variant "Gecontinueerd". Hierbij wordt de schuine vorm van het bestaande dek doorgezet in het nieuwe gedeelte van de brug. Zie onderstaande bovenaanzichten. In het rechter bovenaanzicht is te zien dat deze keuze de locatie van, met name, het fietspad aan de zijde van het Sportpark bepaald.



4.2 Opbouw brug

Dekconstructies

Het bestaande brugdek bepaald de constructiehoogte van de brug. Binnen deze minimale hoogte zal het nieuwe dek moeten passen. Constructiehoogte van de huidige brug bedraagt 524 mm zijnde de hoogte van de stalen HEM randligger. Profiel betreft een HEM500. Boven de bovenkant deze ligger liggen de houten dekdelen met een hoogte van 55 mm. Totale hoogte aan zicht bedraagt dan 579 mm.

In het midden van de brug is een hoofdligger HEA900 aanwezig. Deze loopt schuin door het dek en maakt tevens onderdeel uit van de opstaande rand tussen het fiets- en voetpad.

Nieuwe dek

Het zijaanzicht van de brug zal deze minimale hoogte van 579 mm (HEM500 + dekdeel) ook dienen te bezitten om een doorgaande lijn te verkrijgen. In principe zou vanwege de kleinere overspanning van 14 meter de profielen lichter uitgevoerd kunnen worden. Dit is ook op deze manier ontworpen. Wijziging naar een ligger HEB500 is mogelijk. De hoofdligger kan ook lichter uitgevoerd worden: HEA800.

Tussensteunpunten

De steunpunten zullen uitgevoerd worden middels een onderslagbalk ondersteund door drie-tal stalen buizen. Als fundatie zal er een fundatiebalk toegepast worden op prefab voorgespannen betonpalen.

Ter plaatse van het tussensteunpunt welke op ongeveer dezelfde locatie aangebracht moet worden als het bestaande landhoofdbalk aan de Sportparkzijde dient rekening gehouden te worden met de aanwezigheid van de bestaande prefab voorgespannen betonpalen. Deze bestaande palen kunnen verwijderd worden tot op onderzijde nieuwe funderingsbalk zodat deze geen verstoring geven. Wel dient rekening gehouden te worden met de plaatsing van de nieuwe palen ten opzichte van de oude palen.

Landhoofden

Sportparkzijde

Het landhoofd aan de zijde van het Sportpark zal iets uit het talud naar voren komen en voorzien worden van schanskorven. Dit is het algemene beeld van alle bruggen over de Dommel. Deze schanskorven worden tevens omgezet richting het talud. De landhoofden worden om die reden voorzien van korte vleugelwanden. Deze vleugelwanden zijn uiteraard ook benodigd als grondkering. Landhoofd bestaat uit een landhoofdbalk gefundeerd op prefab voorgespannen betonpalen.

Centrumzijde

Het bestaande landhoofd zal gehandhaafd blijven. Om het nieuwe tussensteunpunt te kunnen aanbrengen zal het bestaande dek tijdelijk verwijderd moeten worden. Dit geeft de mogelijkheid om het bestaande landhoofd te inspecteren en eventueel aanpassingen door te voeren.

4.3 Belastingen en belastingcombinaties

4.3.1 Belastingen

Blijvende belastingen BG1

- Eigen gewicht staalconstructie brugdek.
- Eigen gewicht houten brugdekdelen.
- 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

1. Geconcentreerde belasting (BG3.1). Indien er een dienstvoertuig in rekening wordt gebracht behoeft de invloed van de geconcentreerde belasting niet te zijn beschouwd.
2. 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.
3. 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.
4. Specifiek gedefinieerd voertuig bestaande brug (BG3.4). Mobiele belasting $Q_{serv} = 200$ kN. Voertuig voorzien van 2 assen met een last van $Q_{sv1} = 100$ kN en $Q_{sv2} = 100$ kN. Wielbasis bedraagt 4,2 meter en een spoorbreedte van 1,75 meter. Wielprent van 250x250 mm.

Belastinggeval 3.4 is maatgevend boven de overige belastinggevallen BG3.1 t/m BG3.3 en is derhalve meegenomen in de berekeningen van het nieuwe bruggedeelte.

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 behoeft 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.

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	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Frequent	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quasi-blijvend	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Overeenkomstig NEN-EN1990 / NB art. A.2.4.1 moeten voor de g-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)	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Vgl. 6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$ waarbij $\xi = 0,80$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

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

Voor gevolgklasse CC2 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_s 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

Uitgangspunt is een dekconstructie met een constructiehoogte van ca. 530 mm. Dit is de constructiehoogte van het bestaande brugdek. Overspanningslengten: 2 x 14 meter.

Voor de uitwerking van het brugdek zie bijlage 1.

Conclusie:

Dek met constructiehoogte van 530 mm volstaat. In plaats van randliggers HEM500 zoals toegepast in het bestaande dek volstaan liggers HBE500. Dit vanwege de geringere overspanningslengte van het dek. Dit geldt tevens voor de hoofdligger. Profiel van de hoofdligger kan wijzigen van een HEA900 profiel in een HEA800 profiel.

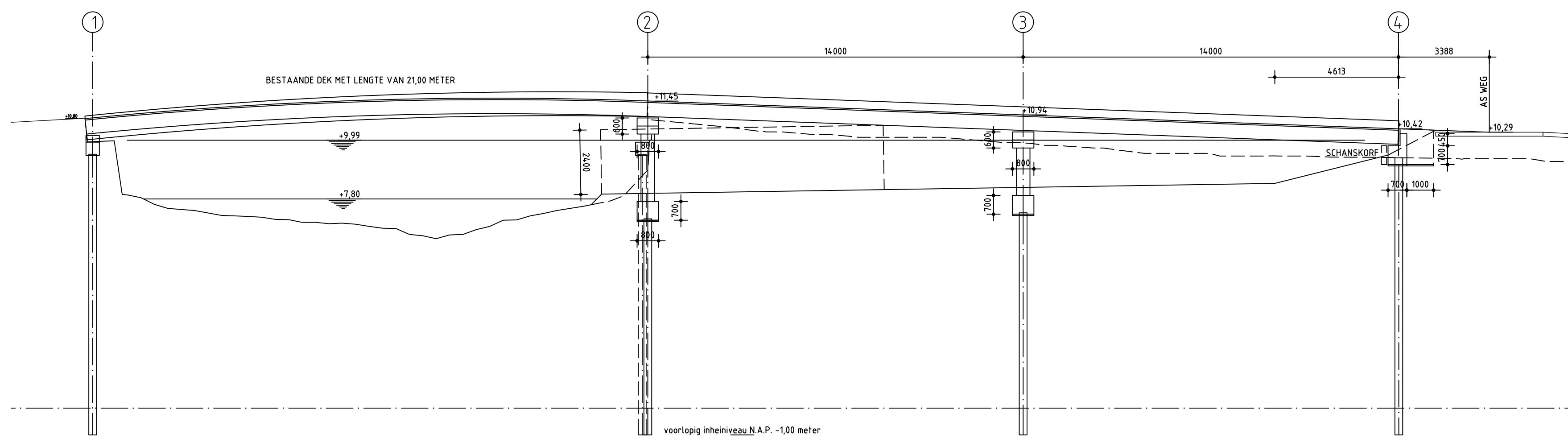
4.4.2 Tussensteunpunten en landhoofd Sportparkzijde

De berekeningen zijn uitgevoerd en te zien in bijlage 3. Voor de afmetingen van de diverse onderdelen zie de tekening zoals opgenomen in bijlage 1.

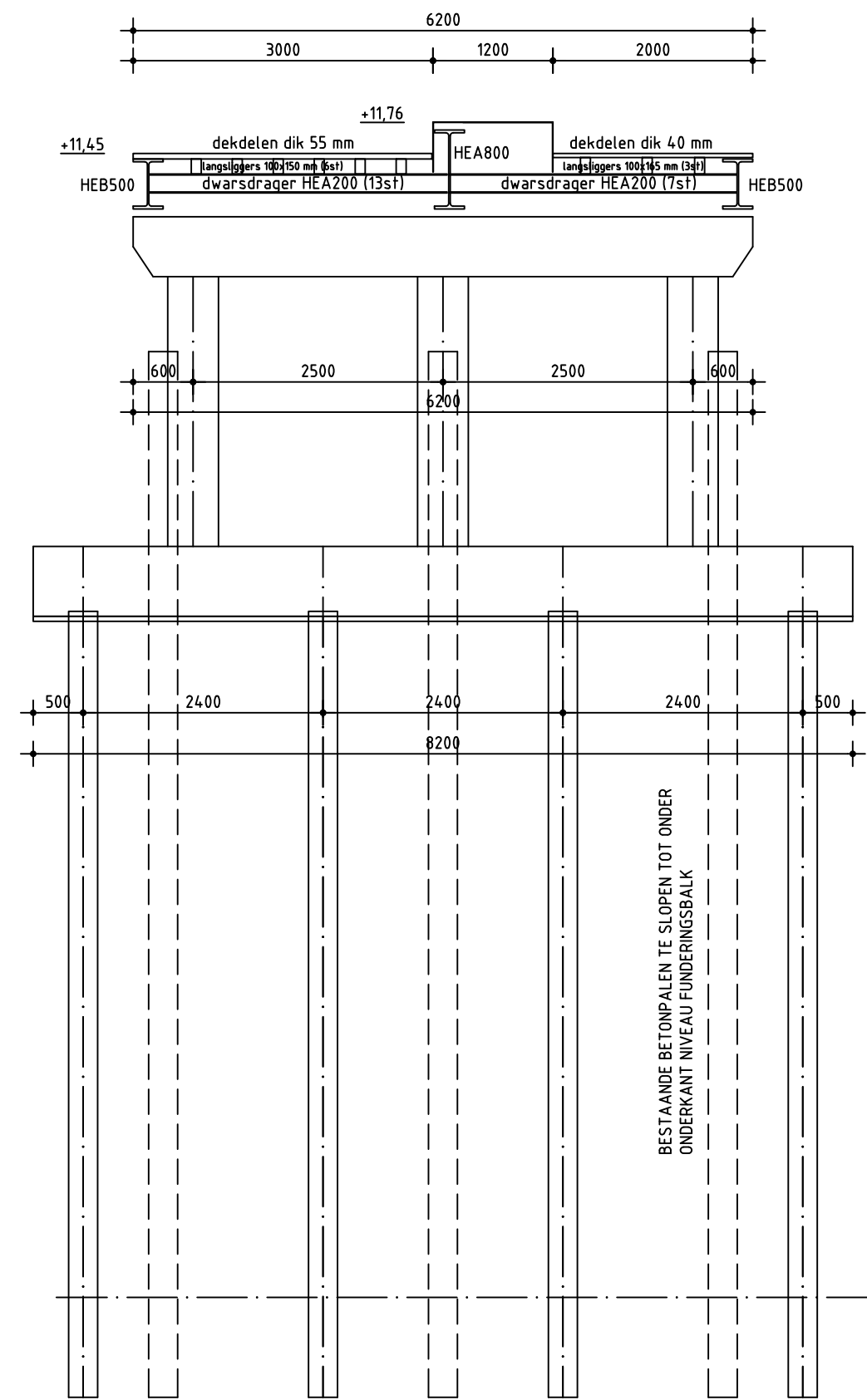
Bijlage 1 Ontwerptekening fiets- voetgangersbrug Neulbrug



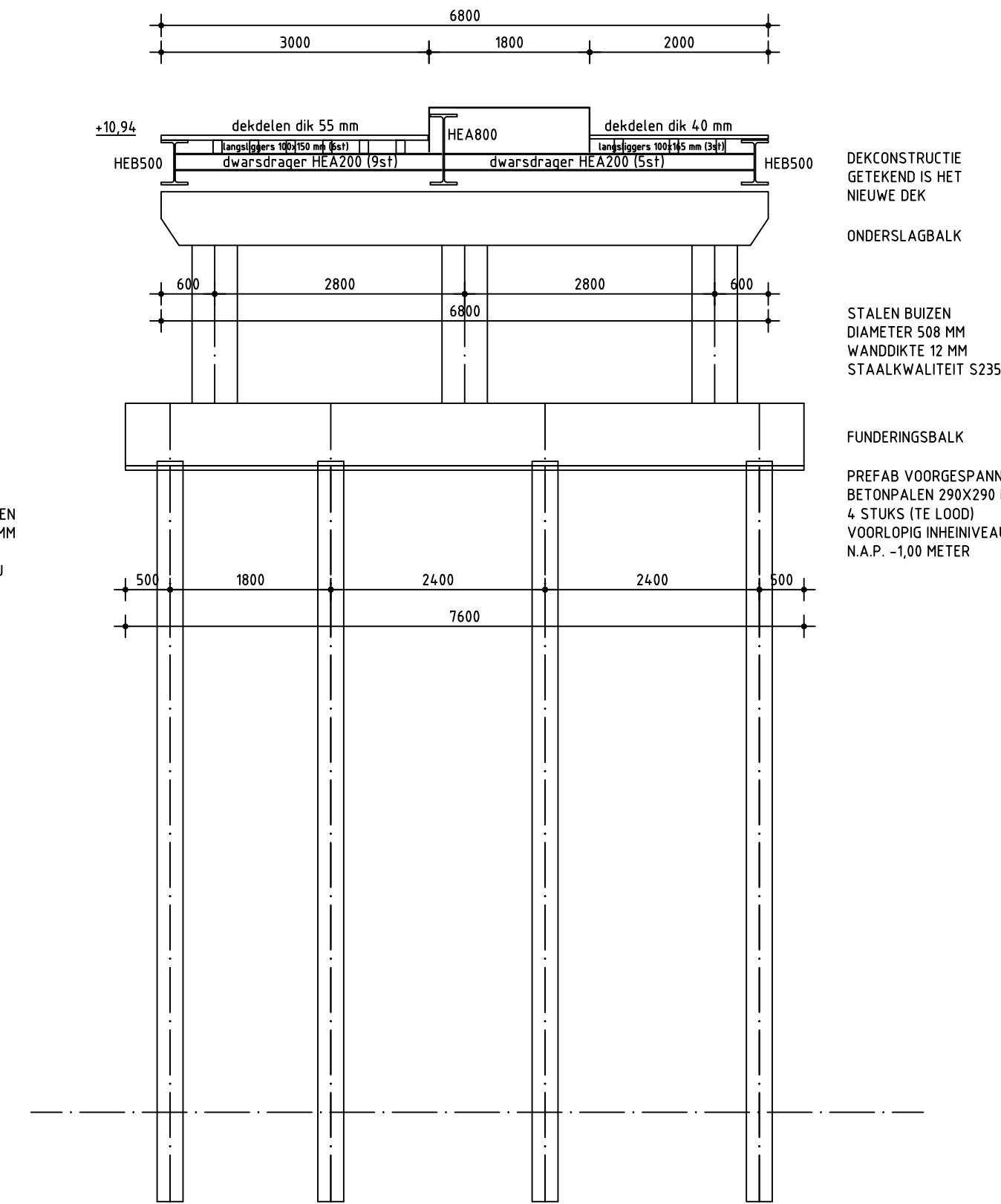
BOVENAANZICHT FIETS- VOETGANGERSBRUG NEULBRUG
SCHAAL 1:100



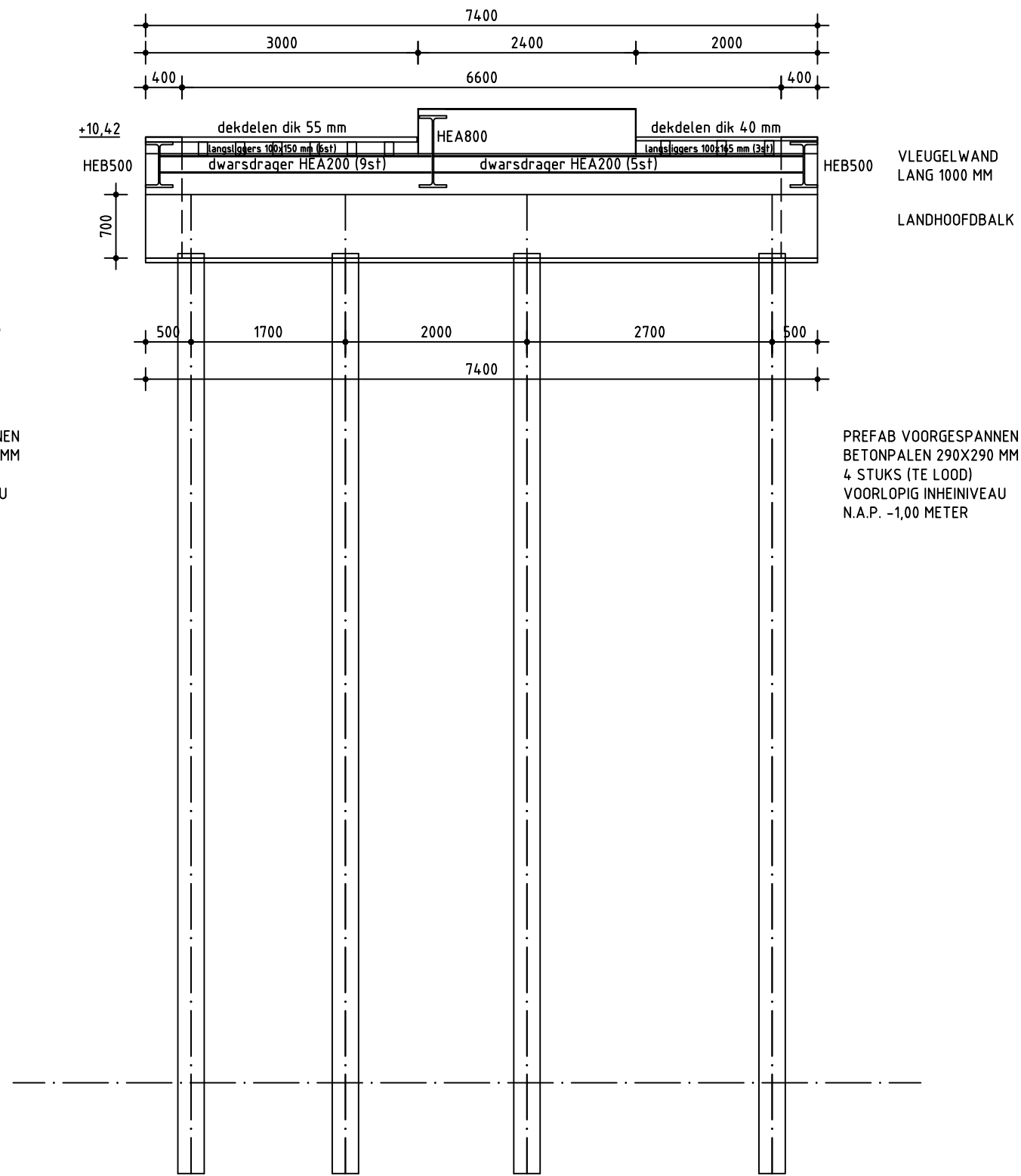
LANGSDOORSNEDEN FIETS- VOETGANGERSBRUG NEULBRUG
SCHAAL 1:100



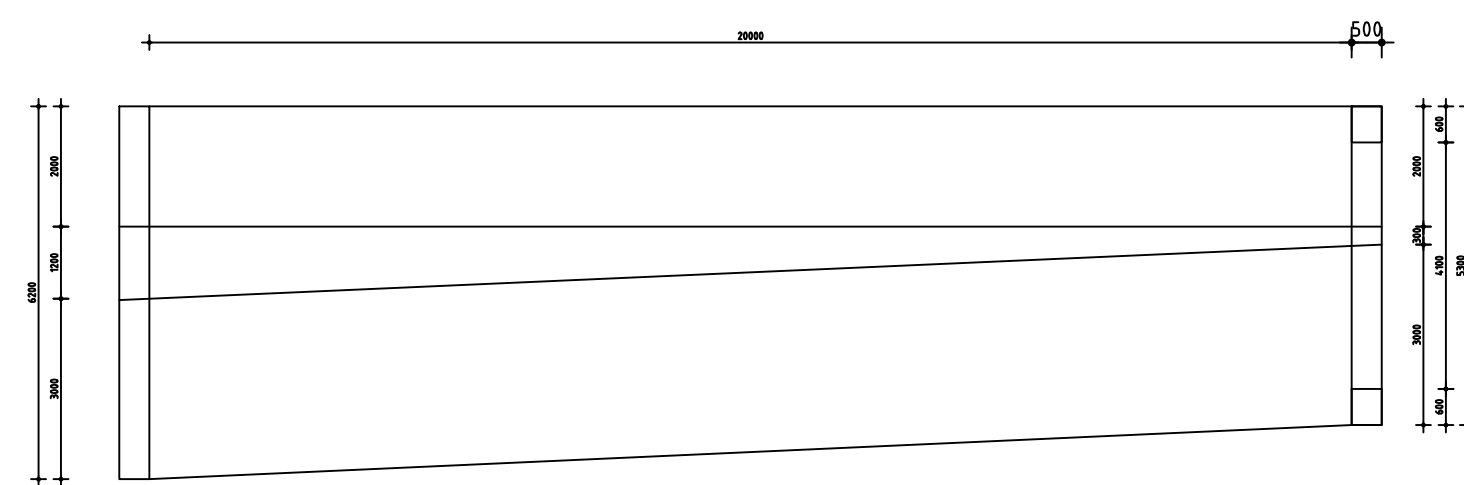
PRINCIPE TUSSENSTEUNPUNT AS 2
SCHAAL 1:50



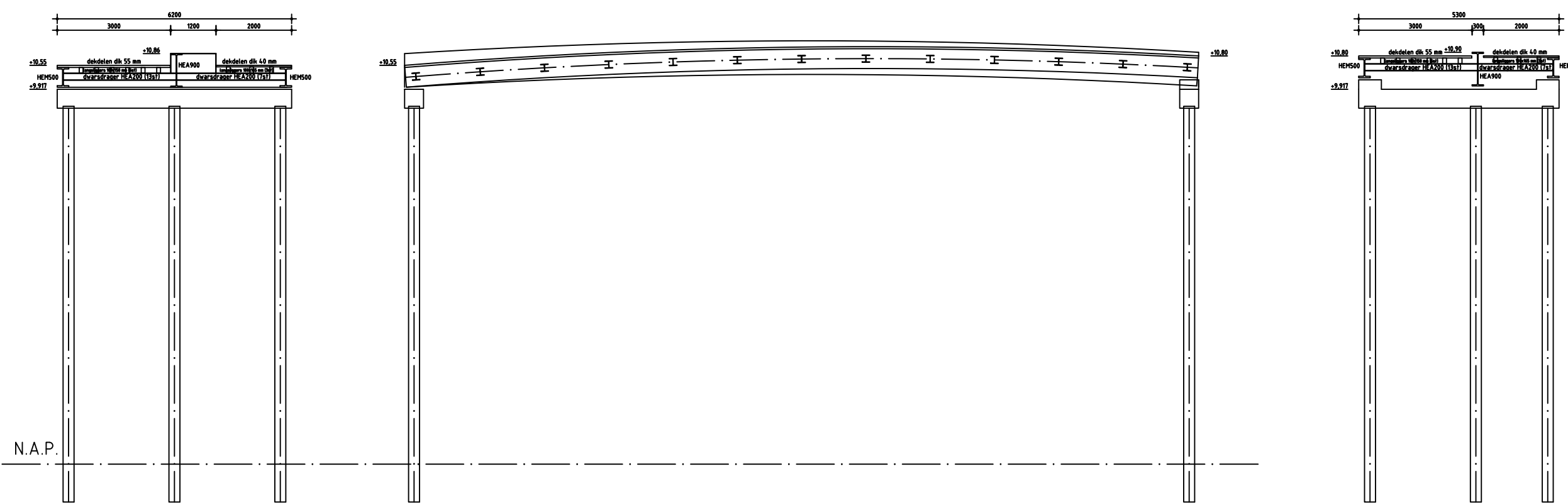
PRINCIPE TUSSENSTEUNPUNT AS 3
SCHAAL 1:50



PRINCIPE LANDHOOFD AS 4
SCHAAL 1:50



BOVENAANZICHT BESTAAND DEK
SCHAAL 1:100



LANGS- EN DWARSDOORSNEDEN BESTAAND DEK
SCHAAL 1:100

Bijlage 2 Ontwerpberekening bestaande dek uit 2008



but 1% logs show some head dot showing
a bit brown for 1st growth stage
the saplings are 1%, 1% 1st growth stage (1998)

Inhoud:

Specificatie:	2
Windbelasting:	3
Hoofdligger: HeA900	3
Hoofdligger: HeM500	8
Hoofdligger : HeB500	12
Dek:	14
Langsligger:	16
Dwarsdrager:	17
Windverband:	19
Verbinding dwarsdrager - hoofdligger:	20
Leuning:	21
Oplegging:	22
Oplegkrachten:	22

Tekening : B6714

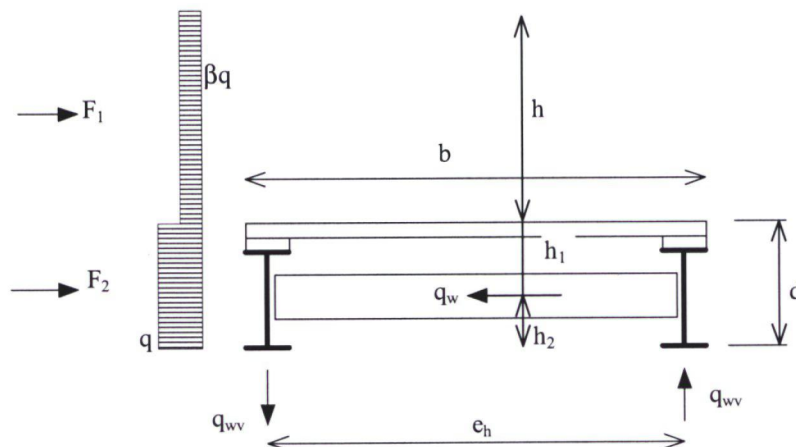
Specificatie:

Totale lengte:	$L_T = 21,00$	m	
Steunpuntsafstand:	$L_S = 21 - 0,5 = 20,5$	m	
Breedte t.d.l.:	$B = 3,00 + 2,00$	m	
Dek	Voetgangersgedeelte : hout geprofileerd, incl. safegrip		
	Fietzers/voertuig : hout vzw epoxy slijtlaag		
Leuning:	stalen leuning met rvs kabels $\varnothing 8$.		
Leuninghoogte:	$h = 1,15$	m	
Belastingen:	(VOSB 1995 / NEN 6788)		
- Eigen gewicht:	DL	$\rho = (D\rho_{rep,g})$	KN/m ³ (incl. staaldelen.)
- Nuttige belasting:	LL	$q_{rep} = 5$	KN/m ² (VOSB 1995 / NEN 6788)
- Windbelasting:	WL	$w_{rep} = 1,50$ $w_{rep} = 0,75$	KN/m ² onbelaste brug. KN/m ² belaste brug.
- Leuningbelasting:	PL	$q_p = 1$	KN/m ¹
- Voertuig:	VL	200	KN
	$F_{max} = 50$	KN	max. wiellast.
	$p = 250$	mm	wielbreedte.
	$c = 4,20$	m	wielbasis.
	$s = 1,75$	m	spoorbreedte.
Materialen:			
liggers	He900A, He500M,		Fe360
dek	K50	$D\rho_{rep,g} = 11,5$	KN/m ³
langsliggers	K50	$D\rho_{rep,g} = 11,5$	KN/m ³
dwarsdragers	He200A		Fe360
windverband	stalen trekstangen		
leuning	staal		

Staaldelen: Fe 360 verzinkt.
(tenzij anders vermeld.)

Berekening: TGB 1990

Windbelasting:



Onbelaste brug:

$$\begin{aligned}
 h &= 0,75 & \text{m} & & d &= 0,9 & \text{m} \\
 h_1 &= 0,7 & \text{m} & & e_h &= 3 & \text{m} \\
 h_2 &= 0,2 & \text{m} & & & & \\
 w_{\text{rep}} &= 1,50 & \text{KN/m}^2 & & & & \\
 \beta &= 0,3 & \text{(netto / bruto oppervl.)} & & & & \\
 F_{1;\text{rep}} &= 0,56 & \text{KN/m}^1 & \text{(} = \beta * w_{\text{rep}} * h * (1 + \frac{2}{3}) \text{)} & & & \\
 F_{2;\text{rep}} &= 2,25 & \text{KN/m}^1 & \text{(} = w_{\text{rep}} * d * (1 + \frac{2}{3}) \text{)} & & & \\
 q_{w1;\text{rep}} &= 2,81 & \text{KN/m}^1 & & & & \\
 q_{wv1;\text{rep}} &= (F_1 * (0,5h + h_1) + F_2 * (0,5d - h_2)) / e_h & & & & & \\
 q_{wv1;\text{rep}} &= 0,39 & \text{KN/m}^1 & & & &
 \end{aligned}$$

Belaste brug:

$$\begin{aligned}
 w_{\text{rep}} &= 0,75 & \text{KN/m}^2 & & & & \\
 h &= 1,8 & \text{m} & \text{voetgangers} & & & \\
 F_{1;\text{rep}} &= 1,35 & \text{KN/m}^1 & \text{(} = w_{\text{rep}} * h \text{)} & & & \\
 F_{2;\text{rep}} &= 1,13 & \text{KN/m}^1 & \text{(} = w_{\text{rep}} * d * (1 + \frac{2}{3}) \text{)} & & & \\
 q_{w2;\text{rep}} &= 2,48 & \text{KN/m}^1 & & & & \\
 q_{wv2;\text{rep}} &= (F_1 * (0,5h + h_1) + F_2 * (0,5d - h_2)) / e_h & & & & & \\
 q_{wv2;\text{rep}} &= 0,81 & \text{KN/m}^1 & & & &
 \end{aligned}$$

Hoofdligger:

He900A in het midden van de brug

Eigen gewicht:

Lengte L_T =	21,00	m						
	b [m]	h [m]	L [m]	aantal	ρ [KN/m ³]	[KN]		
Ligger	2,520	KN/m ¹	x 21,00	x 1	(HE900A)	=	52,92	
Dek	1,500	0,22kN/m ²	x 21,00	x 1		=	6,93	fietspad
Dek	1,000	x 0,040	x 21,00	x 1	x 11,5	=	9,66	voetpad
slijtlaag	0,05	KN/m ²	x 21,00	x 2,5		=	2,65	
Langsligger	0,100	x 0,150	x 21,00	x 3	x 11,5	=	10,86	fietspad
Langsligger	0,100	x 0,165	x 21,00	x 3/2	x 11,5	=	5,98	voetpad
Dwarsdrager	0,423	KN/m ¹	x 3,00	x 13	(HE200A)	=	16,50	fietspad
Dwarsdrager	0,423	KN/m ¹	x 3,00	x 7	(HE200A)	=	8,90	voetpad
Stalen middengedeelte	gem breed 1,80m dik 4 mm					=	12,00	
							-----+	
							159,32	
per m ¹ ligger:	g_{rep} =	159,32	/ 21 =	7,58	KN/m ¹			

Nuttige belasting:

	q_{rep} =	5	KN/m ²		
per m ¹ ligger:	q_{rep} =	0,5*5*1,5 =	7,5	KN/m ¹	(uit fietspad)
	=	0,5*5*(2+0,75) =	6,9	KN/m ¹	(uit voetpad)
	q_{rep} =		-----		
			14,4	KN/m ¹	

tgv. gelijkmatig verdeelde belasting.

belasting: $g_{rep} = 7,58 \text{ KN/m}^1$
 $q_{rep} = 14,4 \text{ KN/m}^1$

uiterste grenstoestand: **HE900A** Afm:

$b = 300 \text{ mm}$
 $h = 890 \text{ mm}$
 $L = 20,50 \text{ m}$
 $\gamma_{f,g} = 1,5$
 $\gamma_{f,q} = 1,5$

Buiging: $M_{g;rep} = g_{rep} * L^2 / 8 = 398,19 \text{ KNm}$
 $M_{q;rep} = q_{rep} * L^2 / 8 = 756,45 \text{ KNm}$
 $M_d = M_{g;rep} * \gamma_{f,g} + M_{q;rep} * \gamma_{f,q} = 1731,96 \text{ KNm}$
 $W = \text{HE900A} \quad 9480000 \text{ mm}^3$

$\sigma_{y;d} = M_d / W = 182,70 \text{ N/mm}^2$
 $f_{y;rep} = 235 \text{ N/mm}^2$
 $f_{y;d} = f_{y;rep} / \gamma_m = 235 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_m = 1$
 $> \sigma_{y;d}$

Schuif: $V_{g;rep} = g_{rep} L / 2 = 77,7 \text{ KN}$
 $V_{q;rep} = q_{rep} L / 2 = 147,6 \text{ KN}$
 $V_d = V_{g;rep} * \gamma_{f,g} + V_{q;rep} * \gamma_{f,q} = 337,95 \text{ KN}$
 $A_{lijf} = \text{HE900A} \quad 14240 \text{ mm}^2$

$\sigma_{v;d} = V_d / A = 23,73 \text{ N/mm}^2$
 $f_{v;rep} = 235 \text{ N/mm}^2$
 $0,58 f_{v;d} = 0,58 f_{v;rep} / \gamma_m = 136,3 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_m = 1$
 $> \sigma_{v;d}$

bruikbaarheids grenstoestand:

HE900A Afm: $b = 300 \text{ mm}$
 $h = 890 \text{ mm}$
 $L = 20,50 \text{ m}$

Doorbuiging: $E_{0;ser;rep} = 210000 \text{ N/mm}^2$
 $E_{0;ser;d} = E_{0;ser;rep} / \gamma_m = 210000 \text{ N/mm}^2$
 $I = \text{HE900A} \quad 4,221E+09 \text{ mm}^4$
 $\gamma_m = 1$

-eigen gew. $g_{rep} = 7,58 \text{ KN/m}^1$
 $u_{el,g} = 5g_{rep} * \gamma_{f,g} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I$
 $u_{el,g} = 19,66 \text{ mm} = L / 1043$
 $\gamma_{f,g} = 1,0$

-nuttige bel. $q_{rep} = 14,40 \text{ KN/m}^1$
 $u_{el,q} = 5q_{rep} * \gamma_{f,q} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I$
 $u_{el,q} = 37,36 \text{ mm} = L / 549$
 $\gamma_{f,q} = 1,0$
 $< L / 300$

-totale bel. $u_{eind} = u_{el,g} + u_{el,q} =$
 $u_{eind} = 57,02 \text{ mm} = L / 360$
 $< L / 200$

tg.v. laststelsel 200 KN:

Laststelsel:

$$\begin{aligned}\text{stootfactor } S &= 1 + (40 / (100 + L)) = 1,33 \\ \text{belastingsfactor } B &= 0,6 + (40 / (100 + L)) = 0,93 \\ C &= S * B = 1,24\end{aligned}$$

Liggerberekening.

Beide liggers van het bruggedeelte waar laststelsel op staat dragen elk ca 50% van het laststelsel
Grootte puntlast = $1,24 * 100\text{kN} * 50\% = 62 \text{ kN}$

Aantal Puntlasten 2
Overspanning L = 20,5 m

Puntlasten:
P1 = 62 KN
P2 = 62 KN
Tussenafstand: c1 = 4,2 m

max. veldmoment:
 $M_{\text{max}} = 505 \text{ KNm}$
tpv. P2
afstand tot linker steunpunt:
P1 8,15 m

max. dwarskracht:
(t.p.v. linker steunpunt)
 $V_{\text{max}} = 108 \text{ KN}$

belasting:	$g_{rep} = 7,58$	KN/m ¹	
	$M_{rep} = 505$	KNm	voertuig (op fietspad)
	$V_{rep} = 108$	KN	
	$M_{rep} = 362,50$	KNm	voetpad
	$V_{rep} = 72,45$	KN	

uiterste grenstoestand:

HE900A Afm:	$b = 300$	mm	$\gamma_{f,g} = 1,5$
	$h = 890$	mm	$\gamma_{f,q} = 1,5$
	$L = 20,50$	m	

Buiging:	$M_{g,rep} = g_{rep} * L^2 / 8 = 398,19$	KNm	
	$M_{rep} = 867$	KNm	
	$M_d = M_{g,rep} * \gamma_{f,g} + M_{rep} * \gamma_{f,q} = 1898$	KNm	
	$W = HE900A \quad 9480000$	mm ³	

$\sigma_{y,d} = M_d / W = 200$	N/mm ²		
$f_{y,rep} = 235$	N/mm ²	$\gamma_m = 1$	
$f_{y,d} = f_{y,rep} / \gamma_m = 235$	N/mm ²	$> \sigma_{y,d}$	

Schuif:	$V_{g,rep} = g_{rep} L / 2 = 77,7$	KN	
	$V_{rep} = 180,45$	KN	
	$V_d = V_{g,rep} * \gamma_{f,g} + V_{rep} * \gamma_{f,q} = 387$	KN	
	$A_{lijf} = HE900A \quad 14240$	mm ²	
	$\sigma_{v,d} = V_d / A = 27,2$	N/mm ²	
	$f_{y,rep} = 235$	N/mm ²	$\gamma_m = 1$
	$0,58 f_{y,d} = 0,58 f_{y,rep} / \gamma_m = 136,3$	N/mm ²	$> \sigma_{v,d}$

bruikbaarheids grenstoestand:

HE900A Afm:	$b = 300$	mm
	$h = 890$	mm
	$L = 20,50$	m

Doorbuiging:	$E_{0,ser,rep} = 210000$	N/mm ²	$\gamma_m = 1$
	$E_{0,ser,d} = E_{0,ser,rep} / \gamma_m = 210000$	N/mm ²	
	$I = HE900A \quad 4,221E+09$	mm ⁴	

-eigen gew.	$g_{rep} = 7,58$	KN/m ¹	$\gamma_{f,g} = 1,0$
	$u_{el,g} = 5g_{rep} * \gamma_{f,g} * L^4 / 384 E_{0,ser,d} I$		
	$u_{el,g} = 19,66$	mm = L / 1043	

-nuttige bel. voertuig	$M_{rep} = 505$	KNm	$\gamma_{f,g} = 1,0$
	$u_{el,q} = 5M_{rep} * \gamma_{f,q} * L^2 / 48 E_{0,ser,d} I$		
	$u_{el,q} = 25$	mm = L / 820	$< L / 300$

-nuttige bel. voetpad	$g_{rep} = 6,90$	KN/m ¹	$\gamma_{f,g} = 1,0$
	$u_{el,g} = 5g_{rep} * \gamma_{f,g} * L^4 / 384 E_{0,ser,d} I$		
	$u_{el,g} = 17,9$	mm = L / 1098	

-totale bel.	$u_{eind} = u_{el,g} + u_{el,q} =$		
	$u_{eind} = 63$	mm = L / 325	$< L / 200$

Hoofdligger Fietspad He500M

Eigen gewicht:

Lengte $L_T =$	21,00	m				
	b [m]	h [m]	L [m]	aantal	ρ [KN/m ³]	[KN]
Ligger	2,700	KN/m ¹	x 21,00	x 1	(He500M)	= 56,70
Dek	1,500	x 0,11kN/m ²	x 21			= 3,47
slijtlaag	0,05	KN/m ²	x 21,00	x 1,5		= 1,58
Langsligger	0,100	x 0,150	x 21,00	x 3	x 11,5	= 10,86
Dwarsdrager	0,423	KN/m ¹	x 1,50	x 13	(HE200A)	= 8,25
console	0,36	KN/m ¹	x 21,00			= 7,6
Leuning	0,35	KN/m ¹	x 21,00			= 7,4
						-----+
						112,31
per m ¹ ligger:	$g_{rep} =$	112,31	/ L =	5,35	KN/m ¹	

Nuttige belasting: $q_{rep} = 5$ KN/m²

per m¹ ligger: $q_{rep} = 0,5 \cdot q \cdot B = 7,5$ KN/m¹

uiterste grenstoestand:

HE500M Afm:	b =	306	mm	$\gamma_{f,g} =$	1,5
	h =	524	mm	$\gamma_{f,q} =$	1,5
	L =	20,50	m		
Buiging:	$M_{g,rep} =$	$g_{rep} \cdot L^2 / 8 =$	281,04	KNm	
	$M_{q,rep} =$	$q_{rep} \cdot L^2 / 8 =$	393,98	KNm	
	$M_d =$	$M_{g,rep} \cdot \gamma_{f,g} + M_{q,rep} \cdot \gamma_{f,q} =$	1012,53	KNm	
	$W =$	HE500M	6181000	mm ³	
	$\sigma_{y,d} =$	$M_d / W =$	163,81	N/mm ²	
	$f_{y,rep} =$	235	N/mm ²	$\gamma_m =$	1
	$f_{y,d} =$	$f_{y,rep} / \gamma_m =$	235	N/mm ²	$> \sigma_{y,d}$
Schuif:	$V_{g,rep} =$	$g_{rep} \cdot L / 2 =$	54,84	KN	
	$V_{q,rep} =$	$q_{rep} \cdot L / 2 =$	76,88	KN	
	$V_d =$	$V_{g,rep} \cdot \gamma_{f,g} + V_{q,rep} \cdot \gamma_{f,q} =$	197,58	KN	
	$A_{ijf} =$	HE500M	11004	mm ²	
	$\sigma_{v,d} =$	$V_d / A =$	17,96	N/mm ²	
	$f_{y,rep} =$	235	N/mm ²	$\gamma_m =$	1
	$0,58f_{y,d} =$	$0,58 f_{y,rep} / \gamma_m =$	136,3	N/mm ²	$> \sigma_{v,d}$

bruikbaarheids grenstoestand:

HE500M Afm:

b = 306 mm
h = 524 mm
L = 20,50 m

Doorbuiging: $E_{0;ser;rep} = 210000 \text{ N/mm}^2$ $\gamma_m = 1$
 $E_{0;ser;d} = E_{0;ser;rep} / \gamma_m = 210000 \text{ N/mm}^2$
 $I = \text{HE500M} \quad 1,62E+09 \text{ mm}^4$

-eigen gew. $g_{rep} = 5,35 \text{ KN/m}^1$ $\gamma_{f,g} = 1,0$
 $u_{el,g} = 5g_{rep} * \gamma_{f,g} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I$
 $u_{el,g} = 36,16 \text{ mm} = L / 567$

-nuttige bel. $q_{rep} = 7,50 \text{ KN/m}^1$ $\gamma_{f,g} = 1,0$
 $u_{el,q} = 5q_{rep} * \gamma_{f,q} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I$
 $u_{el,q} = 50,7 \text{ mm} = L / 404 < L / 300$

-totale bel. $u_{eind} = u_{el,g} + u_{el,q} =$
 $u_{eind} = 86,86 \text{ mm} = L / 236 < L / 200$

tg.v. laststelsel 200 KN:

Laststelsel:

$$\begin{aligned} \text{stootfactor } S &= 1 + (40 / (100 + L)) = 1,33 \\ \text{belastingsfactor } B &= 0,6 + (40 / (100 + L)) = 0,93 \\ C &= S * B = 1,24 \end{aligned}$$

Liggerberekening.

Aantal Puntlasten	2	
Overspanning	L =	20,5 m
Puntlasten:		Tussenafstand:
P1 = 62 KN	c1 =	4,2 m
P2 = 62 KN		
max. veldmoment:		afstand tot linker steunpunt:
M _{max} = 505 KNm		P1 8,15 m
tpv. P1		
max. dwarskracht:		
(t.p.v. linker steunpunt)		
V _{max} = 108 KN		

belasting:

$$\begin{aligned} g_{\text{rep}} &= 5,35 \text{ KN/m}^1 \\ M_{\text{rep}} &= 505 \text{ KNm} \\ V_{\text{rep}} &= 111,74 \text{ KN} \end{aligned}$$

uiterste grenstoestand:

HE500M Afm:

$$\begin{aligned} b &= 306 \text{ mm} & \gamma_{f,g} &= 1,5 \\ h &= 524 \text{ mm} & \gamma_{f,q} &= 1,5 \\ L &= 20,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Buiging:

$$\begin{aligned} M_{g,\text{rep}} &= g_{\text{rep}} * L^2 / 8 = 281,04 \text{ KNm} \\ M_{\text{rep}} &= 505 \text{ KNm} \\ M_d &= M_{g,\text{rep}} * \gamma_{f,g} + M_{\text{rep}} * \gamma_{f,q} = 1179 \text{ KNm} \\ W &= \text{HE500M} \quad 6181000 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{y,d} &= M_d / W = 191 \text{ N/mm}^2 \\ f_{y,\text{rep}} &= 235 \text{ N/mm}^2 & \gamma_m &= 1 \\ f_{y,d} &= f_{y,\text{rep}} / \gamma_m = 235 \text{ N/mm}^2 & &> \sigma_{y,d} \end{aligned}$$

Schuif:

$$\begin{aligned} V_{g,\text{rep}} &= g_{\text{rep}} L / 2 = 54,84 \text{ KN} \\ V_{\text{rep}} &= 108 \text{ KN} \\ V_d &= V_{g,\text{rep}} * \gamma_{f,g} + V_{\text{rep}} * \gamma_{f,q} = 245 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{lijf} &= \text{HE500M} & 11004 & \text{mm}^2 \\
 \sigma_{v;d} &= V_d / A = & 22,21 & \text{N/mm}^2 \\
 f_{y;rep} &= 235 & \text{N/mm}^2 & \\
 0,58f_{y;d} &= 0,58 f_{y;rep} / \gamma_m = & 136,3 & \text{N/mm}^2 > \sigma_{v;d}
 \end{aligned}$$

bruikbaarheids grenstoestand:

HE500M Afm:

$$\begin{aligned}
 b &= 306 & \text{mm} \\
 h &= 524 & \text{mm} \\
 L &= 20,50 & \text{m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Doorbuiging: } E_{0;ser;rep} &= 210000 & \text{N/mm}^2 & \gamma_m = 1 \\
 E_{0;ser;d} &= E_{0;ser;rep} / \gamma_m = 210000 & \text{N/mm}^2 & \\
 I &= \text{HE500M} & 1,62E+09 & \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-eigen gew. } g_{rep} &= 5,35 & \text{KN/m} & \gamma_{f;g} = 1,0 \\
 u_{el;g} &= 5g_{rep} * \gamma_{f;g} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I \\
 u_{el;g} &= 36,16 & \text{mm} = L / 567
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-nuttige bel. } M_{rep} &= 505 & \text{KNm} & \gamma_{f;g} = 1,0 \\
 u_{el;q} &= 5M_{rep} * \gamma_{f;q} * L^2 / 48 E_{0;ser;d} I \\
 u_{el;q} &= 65 & \text{mm} = L / 315 & < L / 300
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-totale bel. } u_{eind} &= u_{el;g} + u_{el;q} = \\
 u_{eind} &= 101 & \text{mm} = L / 203 & < L / 200
 \end{aligned}$$

Hoofdligger Voetpad He500M

Eigen gewicht:

Lengte $L_T = 21,00$ m
Breedte $B = 2,75$ m

	b [m]	h [m]	L [m]	aantal	ρ [KN/m ³]	[KN]
Ligger	1,870	KN/m ¹	x 21,00	x 1	(HE500M)	= 39,27
Dek	1,37	x 0,040	x 21,00	x 1	x 12,0	= 13,80
slijtlaag	0,05	KN/m ²	x 21,00	x 1,37		= 1,44
Langsligger	0,100	x 0,165	x 21,00	x 2	x 12	= 8,3
Dwarsdrager	0,423	KN/m ¹	x 1,37	x 7	(HE200A)	= 4,05
console	0,36	KN/m ¹	x 21,00	x 1		= 7,56
Leuning	0,35	KN/m ¹	x 21,00	x 1		= 7,35
						-----+
						81,77
per m ¹ ligger:	$g_{rep} =$	81,77	/ L =	3,89	KN/m ¹	

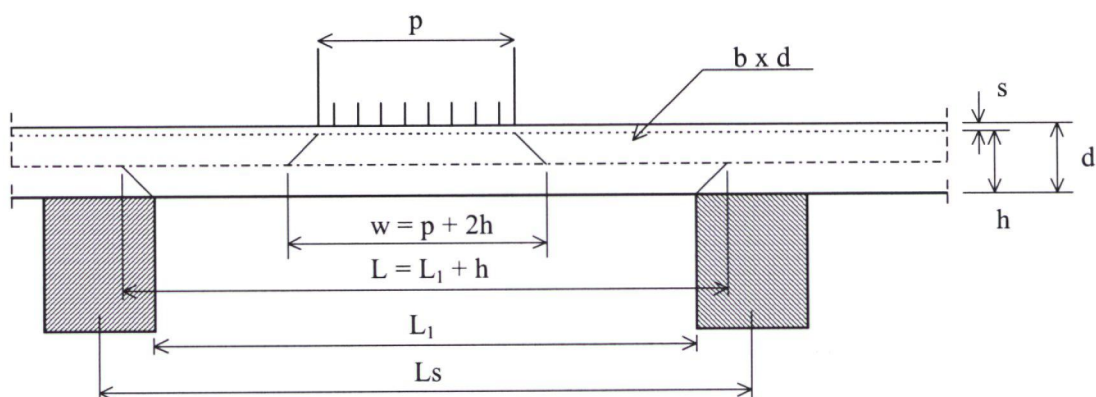
Nuttige belasting: $q_{rep} = 5$ KN/m²

per m¹ ligger: $q_{rep} = 0,5 \cdot q \cdot B = 6,25$ KN/m¹

Belastingen kleiner dan van fietspad en eenzelfde ligger toegepast dus akkoord

Dek:

Fietspadgedeelte



Dek:

$L_s =$	410	mm	$b =$	197	mm	(minimum)
$L_1 =$	250	mm	$d =$	55	mm	
$L =$	300	mm	$s =$	5	mm	slijtlaag / groeven
$p =$	250	mm	$h =$	50	mm	netto dikte
			$w =$	350	mm	

belasting:	$F_{rep} =$	50,00	KN	$\gamma_{f,F} =$	1,5
sterkteklasse:	K50			$\gamma_m =$	1,20
klimaatklasse:	2				
bel.duurkl.:	3	ST		$k_{mod} =$	0,85

Uiterstegrenstoestand (ULS)

buiging:	$M_d =$	$F_{rep} * \gamma_{f,F} * (2L - w) / 8$	
	$M_d =$	2,3438	KNm
	$W =$	$bh^2 / 6 =$	82083 mm ³
	$\sigma_{m;0;d} =$	$M_d / W =$	28,55 N/mm ²
	$f_{m;0;rep} =$	50	N/mm ²
	$f_{m;0;u;d} =$	$f_{m;0;rep} * k_{mod} / \gamma_m =$	35,42 N/mm ² > $\sigma_{m;0;d}$

schuif:	$V_d =$	$F_{rep} * \gamma_{f,F} * (L_1 - 0,5 w) / L_1$	
	$V_d =$	22,50	KN
	$A =$	$b * h =$	9850 mm ²
	$\sigma_{v;d} =$	$1,5V_d / A =$	3,43 N/mm ²
	$f_{v;0;rep} =$	5	N/mm ²
	$f_{v;0;u;d} =$	$f_{v;0;rep} * k_{mod} / \gamma_m =$	3,54 N/mm ² > $\sigma_{v;d}$

Bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS)

doorbuiging:	$E_{0;ser;rep} =$	16000	N/mm ²	$\gamma_m =$	1,00
	$k_{mod} =$	0,90		$\gamma_{f,F} =$	1,0

$$\begin{aligned} E_{0;ser;d} &= E_{0;ser;rep} * k_{mod} / \gamma_m = 14400 \text{ N/mm}^2 \\ I &= bh^3 / 12 = 2052083 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} u_{el} &= F_{rep} * \gamma_{f,F} * (2 * L^3 - L * w^2 + 0,25 * w^3) / 96 E_{0;ser;d} I \\ u_{el} &= 0,49 \text{ mm} = L / 612 < L / 300 \end{aligned}$$

Langsligger:

tg. puntlast.

Langsl.:	Bel. Breedte	0,41	m			
	Dek	0,055	x0,41x11,5	=	0,26	
	slijtlaag	0,05	KN/m ²	x 0,57	=	0,03
	Langsligger	0,18	x 0,150	x 11,5	=	0,31
				$g_{rep} =$	0,60	
	Puntlast:	(kortdurend)		$F_{rep} =$	50	
Langsl.:	Afm:	b =	180	mm	L =	1,7 m
		h =	150	mm		
		$g_{rep} =$	0,32	KN/m ¹	$\gamma_{f,g} =$	1,5
		$F_{rep} =$	50,00	KN	$\gamma_{f,q} =$	1,5
	sterkteklasse:	K70		$\gamma_m =$	1,20	
	klimaatklasse:	2				
	bel.duurkl.:	3	ST	$k_{mod} =$	0,85	

Uiterstegrenstoestand (ULS)

Buiging:	$M_{g,rep} = g_{rep} * L^2 / 8 = 0,22$	KNm	
	$M_{F,rep} = F_{rep} * L / 4 = 21,25$	KNm	
	$M_d = M_{g,rep} * \gamma_{f,g} + M_{F,rep} * \gamma_{f,F} = 32,2$	KNm	
	$W = bh^2 / 6 = 675000$	mm ³	
	$\sigma_{m;0;d} = M_d / W = 47,5$	N/mm ²	
	$f_{m;0;rep} = 70$	N/mm ²	
	$f_{m;0;u;d} = f_{m;0;rep} * k_{mod} / \gamma_m = 49,5$	N/mm ²	$> \sigma_{m;0;d}$
Schuif:	$V_{g,rep} = g_{rep} L / 2 = 0,51$	KN	
	$V_{F,rep} = F_{rep} = 50,00$	KN	
	$V_d = V_{g,rep} * \gamma_{f,g} + V_{F,rep} * \gamma_{f,F} = 75,8$	KN	
	$A = b * h = 27000$	mm ²	
	$\sigma_{v;d} = 1,5V_d / A = 4,2$	N/mm ²	
	$f_{v;0;rep} = 5$	N/mm ²	
	$f_{v;0;u;d} = f_{v;0;rep} * k_{mod} / \gamma_m = 4,95$	N/mm ²	$> \sigma_{v;d}$

Bruikbaarheidsgrenst. (SLS)

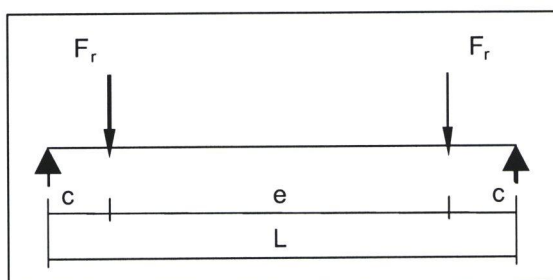
Doorbuiging:	$E_{0;ser;rep} = 20000$	N/mm ²	$k_{mod} = 0,90$	$\gamma_m = 1,00$
	$E_{0;ser;d} = E_{0;ser;rep} * k_{mod} / \gamma_m = 18000$	N/mm ²		
	$I = bh^3 / 12 = 50625000$	mm ⁴		
-eigen gew.	$g_{rep} = 0,60$	KN/m ¹	$\gamma_{f,g} = 1,0$	
	$u_{el,g} = 5g_{rep} * \gamma_{f,g} * L^4 / 384 E_{0;ser;d} I$			
	$u_{el,g} = 0,09$	mm = L / 18889		
-nuttige bel.	$F_{rep} = 50$	KN	$\gamma_{f,F} = 1,0$	
	$u_{el,F} = F_{rep} * \gamma_{f,F} * L^3 / 48 E_{0;ser;d} I$			

$$u_{el;F} = 5,6 \quad \text{mm} = L / 303$$

$$\text{-totale bel.} \quad u_{el} = 5,6 \quad \text{mm} = L / 303 \quad < L / 300$$

Dwarsdrager:

tg. laststelsel 200 KN.



Dek					1,6
Ligger	2x0,180	x 0,150	x 11,5	=	0,62
				$g_{rep} =$	2,22

Langslig.

$L =$	1,7	m	hoh dwarsdragers
$F_{g;rep;r} =$	2,22	KN	
$F_{q;rep;r} =$	50	KN	

uiterste grenstoestand: **HE200A** Afm:

$b =$	200	mm	$\gamma_{f;g} =$	1,5
$h =$	190	mm	$\gamma_{f;q} =$	1,5
$L =$	2,90	m		

Buiging:	$M_{g;rep} =$	1,33	KNm	
	$M_{q;rep} =$	30	KNm	
	$M_d =$	$M_{g;rep} * \gamma_{f;g} + M_{q;rep} * \gamma_{f;q}$	$= 47$	KNm
	$W =$	HE200A	389000	mm ³
	$\sigma_{y;d} =$	$M_d / W =$	121	N/mm ²

$$\begin{aligned}
 f_{y;rep} &= 235 & \text{N/mm}^2 & & \gamma_m &= 1 \\
 f_{y;d} &= f_{y;rep} / \gamma_m = 235 & \text{N/mm}^2 & > \sigma_{y;d} \\
 \text{Schuif:} & & & & & \\
 V_{g;rep} &= 2,22 & \text{KN} & & & \\
 V_{q;rep} &= 50 & \text{KN} & & & \\
 V_d &= V_{g;rep} * \gamma_{f;g} + V_{q;rep} * \gamma_{f;q} = 78,3 & \text{KN} & & & \\
 A_{lijf} &= \text{HE200A} & 1235 & \text{mm}^2 & & \\
 \sigma_{v;d} &= V_d / A = 63,4 & \text{N/mm}^2 & & & \\
 f_{y;rep} &= 235 & \text{N/mm}^2 & & \gamma_m &= 1 \\
 0,58f_{y;d} &= 0,58 f_{y;rep} / \gamma_m = 136,3 & \text{N/mm}^2 & > \sigma_{v;d}
 \end{aligned}$$

bruikbaarheids grenstoestand:

HE200A

Afm:

$$\begin{aligned}
 b &= 200 & \text{mm} \\
 h &= 190 & \text{mm} \\
 L &= 2,90 & \text{m}
 \end{aligned}$$

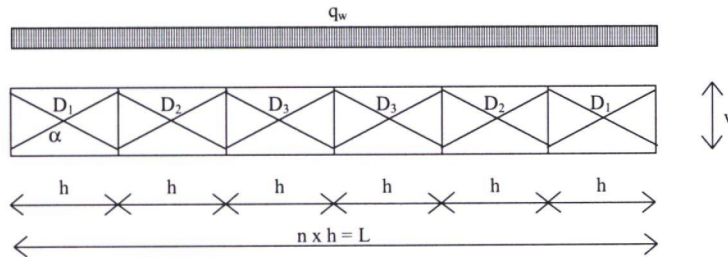
$$\begin{aligned}
 \text{Doorbuiging:} & E_{0;ser;rep} = 210000 & \text{N/mm}^2 & & \gamma_m &= 1 \\
 & E_{0;ser;d} = E_{0;ser;rep} / \gamma_m = 210000 & \text{N/mm}^2 & & & \\
 & I = \text{HE200A} & 36900000 & \text{mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-eigen gew.} & M_{g;rep} = 1,56 & \text{KN/m} & & \gamma_{f;g} &= 1,0 \\
 & u_{el;g} = 5M_{g;rep} * \gamma_{f;g} * L^2 / 48 E_{0;ser;d} I \\
 & u_{el;g} = 0,18 & \text{mm} & = L / 16111
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-nuttige bel.} & M_{q;rep} = 30 & \text{KNm} & & \gamma_{f;q} &= 1,0 \\
 & u_{el;q} = 5M_{q;rep} * \gamma_{f;q} * L^2 / 48 E_{0;ser;d} I \\
 & u_{el;q} = 3,4 & \text{mm} & = L / 852 < L / 300
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-totale bel.} & u_{eind} = u_{el;g} + u_{el;q} = \\
 & u_{eind} = 3,58 & \text{mm} & = L / 810 < L / 200
 \end{aligned}$$

Windverband:



Windbel.: $q_w = 2,81$ KN/m¹ (onbelaste brug)
 $q_w = 0$ KN/m¹ (belaste brug)

$L = 20,50$ m
 $h = 3,4$ m $\alpha = 35$
 $v = 2,42$ m $n = 6$

Diagonaal krachten:

$$S_i = \frac{1}{2} (n - 2i + 1) * h * q_w$$

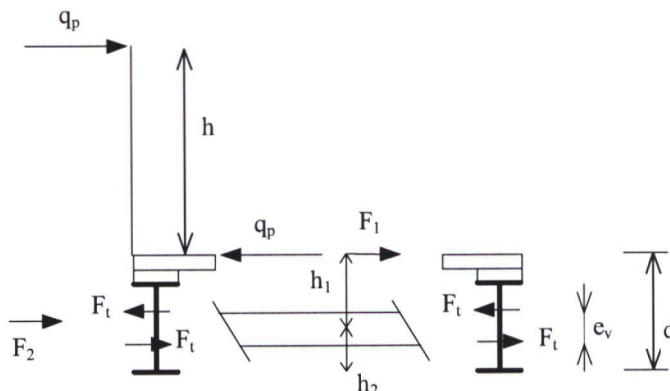
$$D_i = S_i / \sin \alpha \quad N_i = S_i * h / v$$

i	onbelaste brug:			belaste brug:		
	S_i [KN]	D_i [KN]	N_i [KN]	S_i [KN]	D_i [KN]	N_i [KN]
1	23,89	41,65	33,56	0,00	0,00	0
2	14,33	24,98	20,13	0,00	0,00	0
3	4,78	8,33	6,72	0,00	0,00	0

Diagonaal:

Willems anker $\varnothing 16$, toelaatbare belasting 57 KN > 41,65 KN (zie bijlage 1.)

Verbinding dwarsdrager - hoofdligger:



Belaste brug maatgevend:

$q_p =$	1	KN/m ¹		
$F_1 =$	1,35	KN/m ¹	(windbel.)	
$F_2 =$	1,13	KN/m ¹	(windbel.)	
$h =$	0,75	m	$d =$	0,9 m
$h_1 =$	0,7	m	$e_v =$	0,19 m
$h_2 =$	0,2	m	$L =$	3,4 m

hoh. dwarsdragers.

$M_{p;rep} =$	$0,5(q_p * h) =$	0,375	KNm/m ¹	
$F_{s;p;rep} =$	$L * M_{p;rep} / e_v =$	6,71	KN	
$M_{F;rep} =$	$0,5(F_1 * h_1 + F_2 * (0,5d - h_2))$	0,614	KNm/m ¹	
$F_{s;F;rep} =$	$L * M_{F;rep} / e_v =$	10,99	KN	

boutverbinding:	M16	$n =$	4	aantal
		$f_{t;b;d} =$	400	N/mm ²
		$A_{b;s} =$	157	mm ²

trekkracht:	$F_{t;rep} =$	$F_{s;p;rep} + F_{s;F;rep} =$	17,7	KN	$\gamma_{f;g} =$	1,2
per bout	$F_{t;d} =$	$F_{t;u;rep} * \gamma_{f;g} / (0,5 n) =$	10,62	KN		

Grenstrekkkracht:

$F_{t;u;d} =$	$0,72 \alpha_{red;2} f_{t;b;d} A_{b;s} =$	45,22	KN	$> F_{t;d}$
$\alpha_{red;2} =$	1			

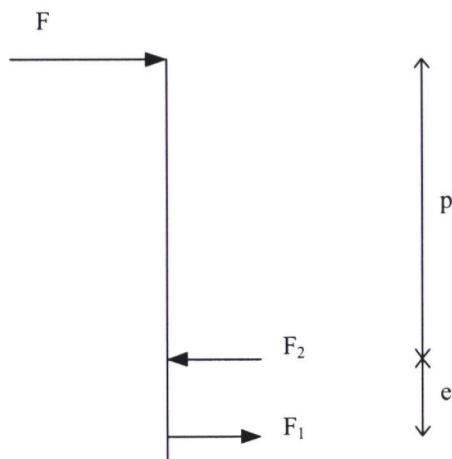
schuifkracht:

oplegkracht:	$F_{s;d} =$	$V_d =$	78,3	KN	(zie dwarsdrager)	
uit het windverb.:	$F_{s;Ni;rep} =$	$0,5 N_i =$	0	KN	$\gamma_{f;g} =$	1,2
per bout	$F_{v;d} =$	$((F_{s;d}^2 + (F_{s;Ni;rep} * \gamma_{f;g})^2)^{0,5}) / n =$			23,1	KN

afschuiving door draad:

$F_{v;u;d} =$	$0,48 \alpha_{red;2} f_{t;b;d} A_{b;s} =$	30,14	KN	$> F_{v;d}$
$\alpha_{red;2} =$	1			

Leuning:



belasting:

$q_{p,rep} =$	1	KN/m ¹	$\gamma_{f,p} =$	1,5
$a =$	1,45	m	hoh. stijlen	
$p =$	1	m		
$e =$	0,08	m		

$F_d =$	$\gamma_{f,p} * q_{p,rep} * a =$	2,18	KN
$F_1 =$	$F_d * p / e =$	27,2	KN
$F_2 =$	$F_1 + F_d =$	29,4	KN

Bout:

diam. $d =$	12	mm	(2x)
$A_s =$	84,3	mm ²	

$\sigma_{t,d} =$	$F_2 / 2A_s =$	174,4	N/mm ²	$< f_{t,d}$
------------------	----------------	-------	-------------------	-------------

Stijl:

afm.: $b =$	12	mm
$h =$	90	mm

sterkteklasse:	K70	$\gamma_m =$	1,20
klimaatklasse:	2		
bel.duurkl.:	3	ST	$k_{mod} =$ 0,85

buiging:

$M_d =$	$F_d * p =$	2,18	KNm
$W =$	$bh^2 / 6 =$	16200	mm ³

$\sigma_{m,0,d} =$	$M_d / W =$	134,6	N/mm ²
--------------------	-------------	-------	-------------------

schuif:

$V_d =$	$F_1 =$	27,2	KN
$A =$	$b * h =$	1080	mm ²

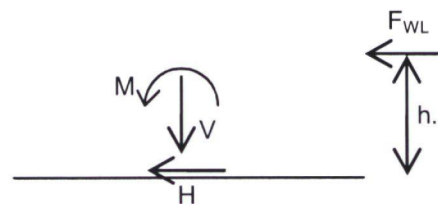
$\sigma_{v,d} =$	$1,5V_d / A =$	37,8	N/mm ²
------------------	----------------	------	-------------------

Oplegging:

Oplegkrachten:

Belasting per m¹ Brug:

DL -eigen gew.	$g_{rep} =$	16,82	KN/m ¹	
LL -mobiele bel.	$q_{rep} =$	28,75	KN/m ¹	
W1 -windbel. onbel	$w_{1,rep} =$	2,81	KN/m ¹	$h = 0,75$
W2 -windbel. belast	$w_{2,rep} =$	2,48	KN/m ¹	$h = 1,36$



VL -voertuig:

eindfundament:	$V =$	182	KN	
	$M =$	0	KNm	$(= V * e)$

eindfundament:

belaste lengte: $L = 10,5 \text{ m}$

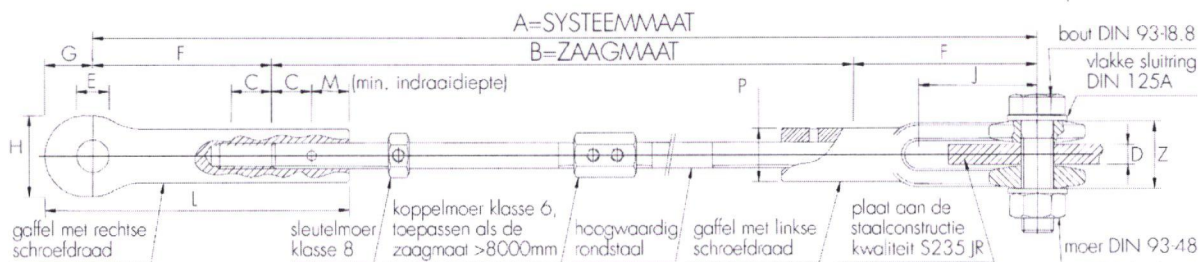
Oplegkrachten

Belasting	V_{rep} [KN]	H_{rep} [KN]	M_{rep} [KNm]
DL -eigen gew.	176,61	-	-
LL -mobiele bel.	301,9	-	-
VL -voertuig.	182	-	0
W1 -windbel. onbel	-	29,5	22,13
W2 -windbel. belast	-	26,04	35,41

combinatie		V_d [KN]	H_d [KN]	M_d [KNm]
1	1,5 * DL	264,9	-	-
2	1,5 * (DL + LL)	717,65	-	-
3	1,5 * (DL + VL)	537,91	-	0
4	1,5 * (DL + W1)	264,92	44,25	33,20
5	DL + 1,5 * W1	176,61	44,25	33,20
6	1,2 * (DL + LL + W2)	574,21	31,25	42,49
7	1,2 * (DL + VL + W2)	430,33	31,25	42,49
8	DL + LL + 1,5 * W2	478,51	39,06	53,11
9	DL + VL + 1,5 * W2	358,61	38,06	53,11

Remkracht 40% x 200 kN

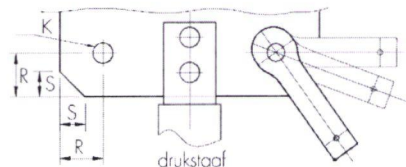
SPECIFICATIES WILLEMS ANKER 2000



Rondstaal in mm.	Rekenwaarde van bezwijkkracht (zie opmerking)	Benodigde bouten tbv. aansluitplaat	Alle maten zijn vermeld in mm.														
			B (zaagmaat)	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	P	R	S	Z
ø 16	57 kN	M 20*70	A +/- 230	25	12	ø 20.5	115	30	50	77	ø 23	194	24	ø 34	55	30	42.5
ø 20	117 kN	M 20*70	A +/- 230	25	12	ø 20.5	115	30	50	77	ø 23	194	24	ø 34	55	30	42.5
ø 24	168 kN	M 24*90	A +/- 238	25	20	ø 24.5	119	40	71	63	ø 27	210	26	ø 44	50	25	58.3
ø 30	254 kN	M 27*110	A +/- 322	25	25	ø 28.0	161	49	80	100	ø 30	271	36	ø 56	70	40	67
ø 36	370 kN	M 30*130	A +/- 322	25	25	ø 31.0	161	55	97.5	97	ø 33	279	38	ø 66	80	45	79
ø 42	508 kN	M 42*150	A +/- 444	25	30	ø 44.0	222	72	112	152	ø 45	373	54	ø 79	100	55	90
ø 48	667 kN	M 42*150	A +/- 444	25	30	ø 44.0	222	72	112	150	ø 45	371	52	ø 79	115	65	90
ø 60	1012 kN	M 52*200	A +/- 720	25	40	ø 54.0	360	95	142	200	ø 55	550	70	ø 110	130	75	130
ø 80	1500 kN	M 64*280	A +/- 810	25	50	ø 66.0	405	112	176	237	ø 66	622	80	ø 125	200	115	157

OPMERKING:

Deze rekenwaarde moet groter zijn dan de optredende ankerbelasting, vermenigvuldigd met de bij uw toepassing behorende belastingfactoren (rekenwaarde van de belasting). De waarden van de respectievelijke belastingen moeten worden bepaald d.m.v. een statische berekening.



Bijlage 3 Berekening nieuwe dek en fundaties brug Neulbrug

1. Ontwerp nieuw dek / randligger fietspad

In het bestaande brugdek is de randligger uitgevoerd als HEM500 profiel met staalkwaliteit S235.

Dit is een forse ligger ingegeven door de grote overspanningslengte.

Het nieuwe dek heeft een kortere overspanningslengte van ca. 14 meter. Een lichter profiel is dan mogelijk.

Wel zal rekening gehouden worden met de doorgaande lijn, dus een constructiehoogte van ca. 524 mm als ligger-hoogte.

Overspanningslengte 14 [m]

Gegevens nieuwe randligger:

Gekozen profiel:

HEB500

Staalkwaliteit

S235

Gewicht

1,87 [kN/m]

Hoogte profiel

500 [mm]

Breedte profiel

300 [mm]

Doorsnedeklasse

1 [-]

Elasticiteitsmodulus

2,10E+05 [N/mm²]

Traagheidsmoment

107176 [10⁴ mm⁴]

Opneembaar buigend moment elastisch

1007 [kNm]

Opneembare dwarskracht

876 [kN]

Belastingen

Eigen gewicht ligger

1,87 [kN/m]

Rustende belasting (zie blad 8 originele berek.: 5,35-2,70)

2,65 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m²

7,50 [kN/m]

Aslast

62 [kN]

Afstand tussen de aslasten

4,20 [m]

NB:

Aslast bedraagt 50 kN. Binnen de oude normen werd rekening gehouden met een stootcoëfficiënt die in de Eurocode niet meer wordt toegepast.

Belastingcombinaties Eurocode

Belastingsfactor eigen gewicht en rustende belasting

1,35 [-]

Belastingsfactor veranderlijke belasting

1,50 [-]

Krachtenverdeling en doorbuiging / Combinatie 1

Combinatie 1: eigen gewicht + rustende belasting + veranderlijke bel. 5 kN/m²

Representatieve belasting

12,0 [kN/m]

Rekenwaarde belasting

17,4 [kN/m]

Optredend buigend moment rekenwaarde

425 [kNm]

Unitycheck buigend moment

0,42 [-]

Optredend dwarskracht rekenwaarde

121 [kN]

Unitycheck buigend moment

0,14 [-]

Doorbuiging totaal

26,7 [mm]

Met hierin:

A.g.v. eigen gewicht

4,2 [mm]

A.g.v. rustende belasting

5,9 [mm]

A.g.v. veranderlijke bel.

16,7 [mm]

Doorbuiging a.g.v. veranderlijke belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 300

De berekende doorbuiging a.g.v. de veranderlijke belasting is:

L/ 840

Doorbuiging a.g.v. totale belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 200

De berekende doorbuiging a.g.v. de totale belasting is:

L/ 524

Conclusie:

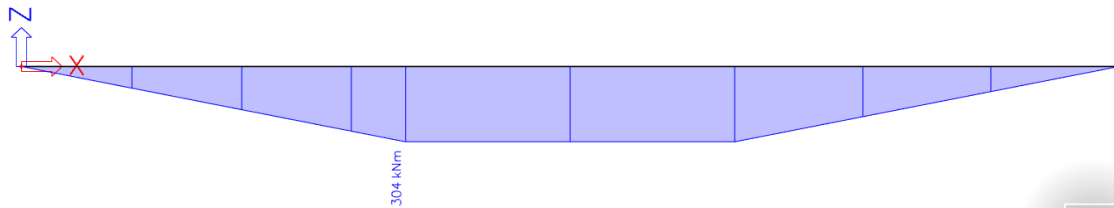
Doorbuigingen blijven binnen de toelaatbare doorbuigingen.

Krachtsverdeling en doorbuiging / Combinatie 2

Combinatie 2: eigen gewicht + rustende belasting + veranderlijke bel. aslasten

Buigend moment ligger a.g.v. aslasten in het midden van de ligger (represent. waarde):

304 [kNm]



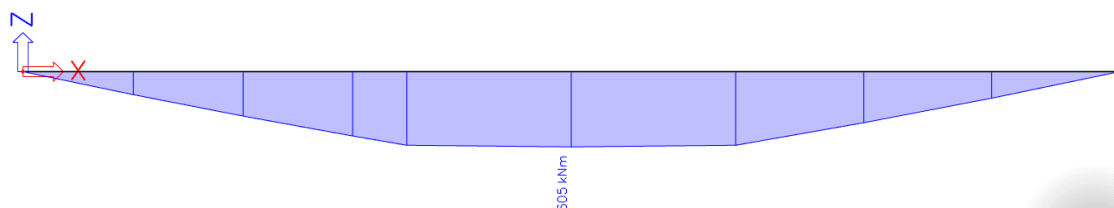
Buigend moment ligger a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting (represent. waarde):

111 [kNm]

Optredend buigend moment rekenwaarde

605 [kNm]

Zie ook onderstaand resultaat.



Unitycheck buigend moment

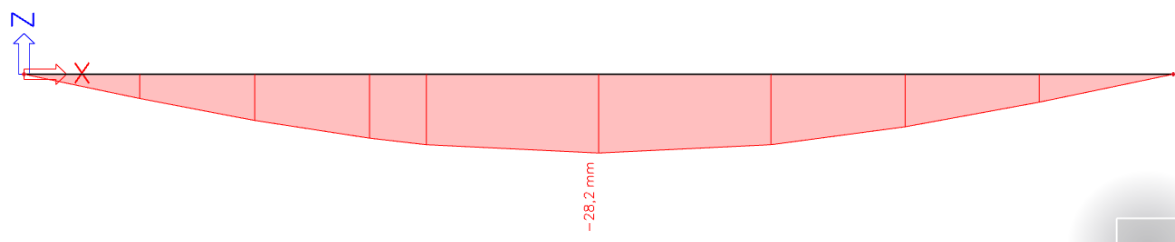
0,60 [-]

Dwarskracht

Niet maatgevend.

Doorbuiging a.g.v. aslasten midden van de ligger

28,2 [mm]



Doorbuiging totaal

38,2 [mm]

Met hierin:

A.g.v. eigen gewicht

4,2 [mm]

A.g.v. rustende belasting

5,9 [mm]

A.g.v. veranderlijke bel.

28,2 [mm]

Doorbuiging a.g.v. veranderlijke belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 300

De berekende doorbuiging a.g.v. de veranderlijke belasting is:

L/ 496

Doorbuiging a.g.v. totale belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 200

De berekende doorbuiging a.g.v. de totale belasting is:

L/ 366

Conclusie:

Doorbuigingen blijven binnen de toelaatbare doorbuigingen.

Overall conclusie:

HEB500 profiel is toepasbaar als ligger gegeven de kortere overspanning.

2. Ontwerp nieuw dek / hoofdligger

In het bestaande brugdek is de hoofdligger uitgevoerd als HEA900 profiel met staalkwaliteit S235.

Dit is een forse ligger ingegeven door de grote overspanningslengte.

Het nieuwe dek heeft een kortere overspanningslengte van ca. 14 meter. Een lichter profiel is dan mogelijk.

Wel zal rekening gehouden worden met de doorgaande lijn van de opstand.

Overspanningslengte 14 [m]

Gegevens nieuwe hoofdligger:

Gekozen profiel:	HEA800
Staalkwaliteit	S235
Gewicht	2,24 [kN/m]
Hoogte profiel	790 [mm]
Breedte profiel	300 [mm]
Doorsnedeklasse	1 [-]
Elasticiteitsmodulus	2,10E+05 [N/mm ²]
Traagheidsmoment	303443 [10 ⁴ mm ⁴]
Opneembaar buigend moment elastisch	1805 [kNm]
Opneembare dwarskracht	1494 [kN]

Belastingen

Eigen gewicht ligger 2,24 [kN/m]

Rustende belasting (zie blad 5 originele berek. 7,58-2,52) 5,06 [kN/m]

Bijkomende rustende belastingen als gevolg van grotere breedte van het brugdek:

Plaat (t=4mm) van het middengedeelte

breedte		Dikte		G	
[m]		[m]		[kN/m ³]	
1,300	x	0,004	x	78,5	= 0,41 [kN/m]

Extra liggerlengte HEA200

n		Lengte		G	
[st]		[m]		[kN/m ¹]	
5	x	1,2	x	0,423	= 2,54 [kN]

Per meter ligger: 0,18 [kN/m]

Rustende belasting aangepast aan grotere breedte dek: 5,65 [kN/m]

Veranderlijke belasting 5 kN/m² 14,40 [kN/m]

Aslast 62 [kN]

Afstand tussen de aslasten 4,20 [m]

NB:

Aslast bedraagt 50 kN. Binnen de oude normen werd rekening gehouden met een stootcoëfficiënt die in de Eurocode niet meer wordt toegepast.

Belastingcombinaties Eurocode

Belastingsfactor eigen gewicht en rustende belasting 1,35 [-]

Belastingsfactor veranderlijke belasting 1,50 [-]

Krachtenverdeling en doorbuiging / Combinatie 1

Combinatie 1: eigen gewicht + rustende belasting + veranderlijke bel. 5 kN/m²

Representatieve belasting 22,3 [kN/m]

Rekenwaarde belasting 32,3 [kN/m]

Optredend buigend moment rekenwaarde 790 [kNm]

Unitycheck buigend moment 0,44 [-]

Optredend dwarskracht rekenwaarde 226 [kN]

Unitycheck buigend moment 0,15 [-]

Doorbuiging totaal 17,5 [mm]

Met hierin:

A.g.v. eigen gewicht 1,8 [mm]

A.g.v. rustende belasting 4,4 [mm]

A.g.v. veranderlijke bel. 11,3 [mm]

Doorbuiging a.g.v. veranderlijke belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 300

De berekende doorbuiging a.g.v. de veranderlijke belasting is:

L/ 1239

Doorbuiging a.g.v. totale belasting dient kleiner te zijn dan:

L/ 200

De berekende doorbuiging a.g.v. de totale belasting is:

L/ 800

Conclusie:

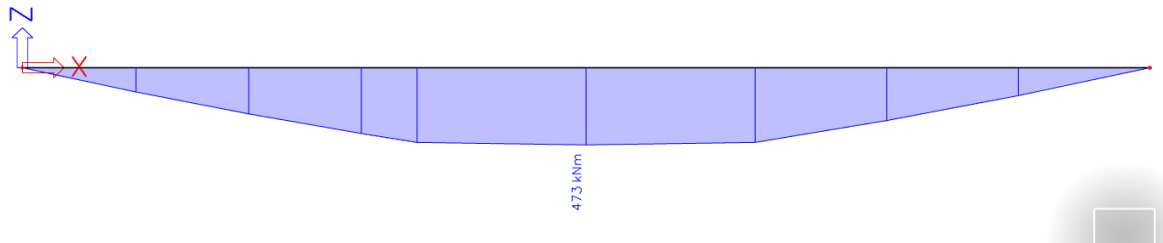
Doorbuigingen blijven binnen de toelaatbare doorbuigingen.

Krachtenverdeling en doorbuiging / Combinatie 2

Combinatie 2: eigen gewicht + rustende belasting + veranderlijke bel. aslasten

Buigend moment ligger a.g.v. aslasten in het midden van de ligger (represent. waarde):

473 [kNm]



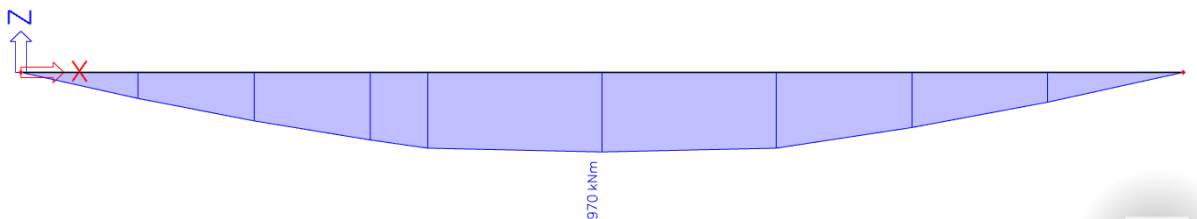
Buigend moment ligger a.g.v. eigen gewicht en rustende belasting (represent. waarde):

193 [kNm]

Optredend buigend moment rekenwaarde

970 [kNm]

Zie ook onderstaand resultaat.



Unitycheck buigend moment

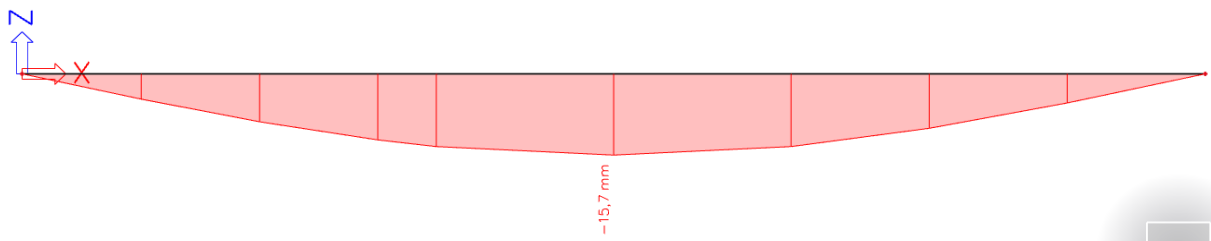
0,54 [-]

Dwarskracht

Niet maatgevend.

Doorbuiging a.g.v. aslasten midden van de ligger

15,7 [mm]



Doorbuiging totaal	21,9 [mm]
Met hierin:	
A.g.v. eigen gewicht	1,8 [mm]
A.g.v. rustende belasting	4,4 [mm]
A.g.v. veranderlijke bel.	15,7 [mm]

Doorbuiging a.g.v. veranderlijke belasting dient kleiner te zijn dan:	L/	300
De berekende doorbuiging a.g.v. de veranderlijke belasting is:	L/	892
Doorbuiging a.g.v. totale belasting dient kleiner te zijn dan:	L/	200
De berekende doorbuiging a.g.v. de totale belasting is:	L/	639
Conclusie:		
Doorbuigingen blijven binnen de toelaatbare doorbuigingen.		

Overall conclusie:

HEA800 profiel is toepasbaar als ligger gegeven de kortere overspanning.

3. Tussensteunpunt (tussen bestaande dek en eerste uitbreiding)

De brug heeft een drietal overspanningen:

Overspanning centrumzijde	21,00 [m]
Overspanning eerste uitbreiding	14,00 [m]

Opbouw tussensteunpunt

Onderslagbalk onder het dek met een drietal stalen buizen.

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

Onderslagbalk

Breedte	0,80 [m]
Hoogte	0,60 [m]
Lengte	6,20 [m]
Gewicht per meter	12,00 [kN/m]
Gewicht totaal	74,4 [kN]

Stalen buizen

Diameter	508,0 [mm]
Wanddikte	12,0 [mm]
Lengte	2,50 [m]
Gewicht per meter	1,47 [kN/m]
Aantal buizen	3 [st]
Gewicht totaal	11,0 [kN]

Funderingsbalk

Breedte	0,80 [m]
Hoogte	0,70 [m]
Lengte	8,20 [m]
Gewicht per meter	14,00 [kN/m]
Gewicht totaal	114,8 [kN]

Belastingen vanuit het dek

Helft bestaande dek	10,50 [m]
Helft nieuwe aansluitende dek	7,00 [m]

Belastingen vanuit het dek worden afgedragen naar de randliggers en de hoofdligger. Deze liggerd geven hun belasting af als geconcentreerde lasten op de onderslagbalk.

Belastingen vanuit het bestaande dek

Randligger fietspad bestaande dek

Eigen gewicht ligger HEM500	2,70 [kN/m]
Rustende belasting	2,65 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	5,35 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	56 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m ² als lijnbelasting	7,50 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m ² puntlast op onderslagbalk	79 [kN]

Hoofdligger bestaande dek

Eigen gewicht ligger HEA900	2,52 [kN/m]
Rustende belasting	5,06 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	7,58 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	80 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m ² als lijnbelasting	14,40 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m ² puntlast op onderslagbalk	151 [kN]

Randligger voetpad bestaande dek

Eigen gewicht ligger HEM500	2,70 [kN/m]
Rustende belasting (zie blad ontwerpberekening 3,89-1,87)	2,02 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	4,72 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	50 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	6,25 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	66 [kN]

Belastingen vanuit het nieuwe aansluitende dek

Randligger fietspad nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEB500	1,87 [kN/m]
Rustende belasting	2,65 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	4,52 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	32 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	7,50 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	53 [kN]

Hoofdligger nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEA800	2,24 [kN/m]
Rustende belasting	5,65 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	7,89 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	55 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	14,40 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	101 [kN]

Randligger voetpad nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEB500	1,87 [kN/m]
Rustende belasting	2,02 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	3,89 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	27 [kN]

Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	6,25 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	44 [kN]

Sommatie belastingen op het tussensteunpunt

Ter plaatse van de randligger fietspad

Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 56 + 32$	= 88 [kN]

Veranderlijke belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 79 + 53$	= 131 [kN]

Ter plaatse van de hoofdligger

Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 80 + 55$	= 135 [kN]

Veranderlijke belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 151 + 101$	= 252 [kN]

Ter plaatse van de randligger voetpad

Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 50 + 27$	= 77 [kN]

Veranderlijke belasting puntlast op onderslagbalk	
$F_{rep} = 66 + 44$	= 109 [kN]

Belasting als gevolg van de aslast / mobiele belasting

Mobiele belasting is aanwezig op het fietspad. Deze mobiele belasting wordt gecombineerd met de veranderlijke belasting op het voetpad.

Gerekend is op de situatie dat het voertuig gecentreerd boven het steunpunt staat en er geen spreiding optreedt via het dek. Dit is derhalve een conservatief uitgangspunt.

Per oplegpunt van de randligger fietspad en hoofdligger

$$F_{\text{rep}} = 62 \times 2 = 124 \text{ [kN]}$$

Extra belasting vanwege de veranderlijke belasting op het voetpad:

Uit hoofdligger (zie ontwerpberkening blad 4):

F_{rep}	=	6,9 x	10,50	=	72 [kN]
		6,9 x	7,00	=	48 [kN]
					121 [kN]

Uit randligger voetpad

F_{rep}	=	6,25 x	10,50	=	66 [kN]
		6,25 x	7,00	=	44 [kN]
					109 [kN]

Conclusie:

Deze belasting is niet maatgevend ten opzichte van situatie van een vollast veranderlijke belasting op de brug.

Berekening tussensteunpunt

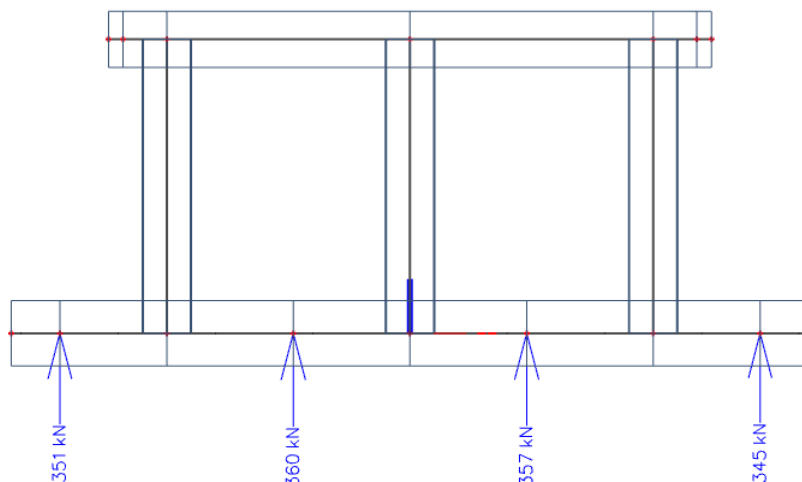
In de software SCIA Engineer is een berekening uitgevoerd van het tussensteunpunt.

Combinatie

	BC1	F_{rep}	F_d
		[kN]	[kN]
Eigen gewicht brugdek +rustende bel.	1,35	299	404
Eigen gewicht onderslagbalk	1,35	74,4	100
Eigen gewicht stalen buis	1,35	11,0	15
Eigen gewicht funderingsbalk	1,35	114,8	155
Veranderlijke bel. 5 kN/m2	1,50	493	739
		992	1413

Resultaten SCIA Engineer berekening

Reactiekrachten rekenwaarde



Scia model: Maximaal optredende paalbelasting (zie figuur) 360 [kN]

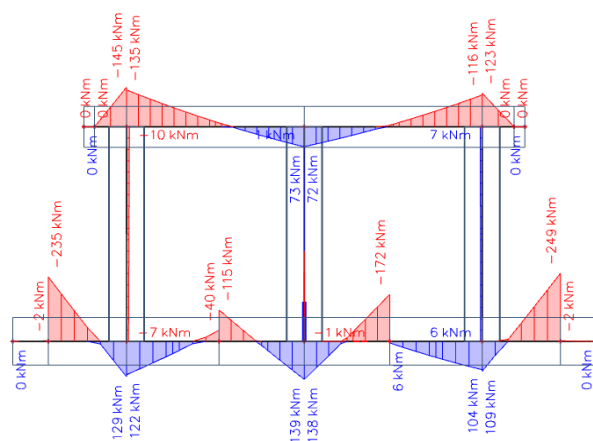
Excel berekening:

$$F_{\text{paal}} = 1413 / 4 = 353 \text{ [kN]}$$

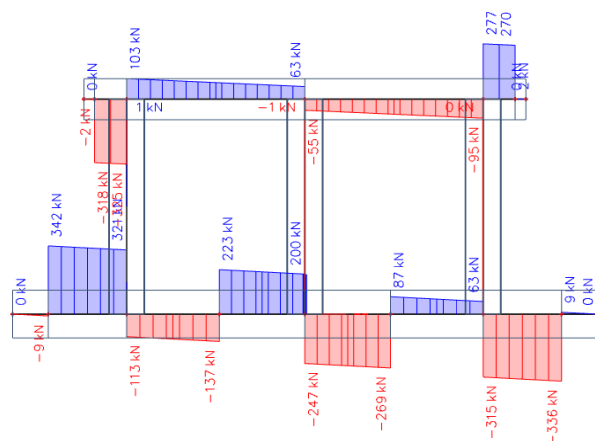
Conclusie:

Berekende waarde SCIA komt overeen met Excel. Invoer is akkoord.

Buigende momenten rekenwaarde



Dwarskracht rekenwaarde



Onderslagbalk:

M_d	=	145 [kNm]
M_{rep}	=	98 [kNm]
V_d	=	325 [kN]

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

Bovenwapening	8	Φ	16	Getoetst
Onderwapening	8	Φ	16	Praktisch

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

Beugels	Φ	12
Hart op hart beugels		300 [mm]

Funderingsbalk:

M_d	=	249 [kNm]
M_{rep}	=	170 [kNm]
V_d	=	336 [kN]

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

Bovenwapening	8	Φ	20	Getoetst
Onderwapening	8	Φ	16	Praktisch

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

Beugels	Φ	12
Hart op hart beugels		300 [mm]

Palen

Optredende paalbelasting bedraagt 360 [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	493	=	49 [kN]
Rekenwaarde:				74 [kN]
Momentarm tov paalkop			ca.	3,8 [m]
Moment				281 [kNm]
Aantal palen				4 [st]
Per paal			rekenw.	70 [kNm]
			repres.	47 [kNm]

Pas toe als totale kopwapening:

4	Φ	20
---	--------	----

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

4. Tussensteunpunt (tussen de nieuwe dekken)

De optredende belastingen op dit tussensteunpunt zullen kleiner zijn gelet op het verschil in overspanningslengten van de dekken.

Om deze reden zijn voor dit steunpunt geen berekeningen uitgevoerd.

5. Landhoofdbalk Sportparkzijde

De dimensies van de landhoofdbalk aan de Sportparkzijde 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	7,40 [m]
----------------------	----------

Gewicht totaal excl. vleugelwanden	111 [kN]
------------------------------------	----------

Vleugelwanden:

length 1000 [mm]

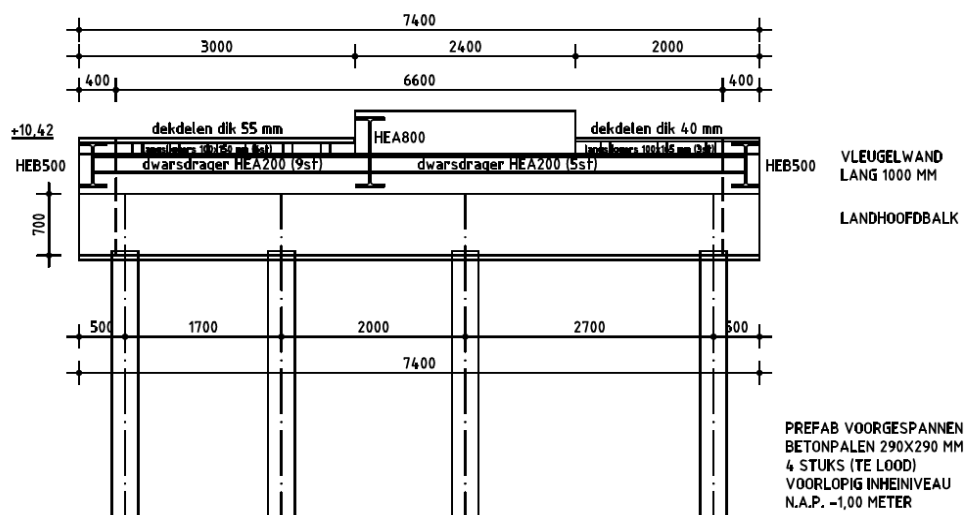
Lengte	1800 [mm]
Hooogte	1300 [mm]

Dicke	400 [mm]
-------	----------

Dates	188	[min]
Aantal	2	[st]

Gewicht totaal excl. vleugelwanden	137 [kN]
------------------------------------	----------

Aanzicht landhoofd



Helpt nieuwe aansluitende dek

7,00 [m]

Belastingen vanuit het nieuwe aansluitende dek

Randligger fietspad nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEB500	1,87 [kN/m]
Rustende belasting	2,65 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	4,52 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	32 [kN]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	7,50 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	53 [kN]

Hoofdligger nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEA800	2,24 [kN/m]
Rustende belasting	5,65 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	7,89 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	55 [kN]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	14,40 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	101 [kN]

Randligger voetpad nieuwe dek

Eigen gewicht ligger HEB500	1,87 [kN/m]
Rustende belasting	2,02 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting lijnbelasting	3,89 [kN/m]
Eigen gewicht en rustende belasting puntlast op onderslagbalk	27 [kN]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 als lijnbelasting	6,25 [kN/m]
Veranderlijke belasting 5 kN/m2 puntlast op onderslagbalk	44 [kN]

Sommatie belastingen op het landhoofd

Rustende belasting uit dek totaal

$$F_{rep} = 114 \text{ [kN]}$$

Veranderlijke belasting 5 kN/m2

$$F_{rep} = 197 \text{ [kN]}$$

Belasting als gevolg van de aslast / mobiele belasting

Mobiele belasting is aanwezig op het fietspad. Deze mobiele belasting wordt gecombineerd met de veranderlijke belasting op het voetpad.

Gerekend is op de situatie dat het voertuig gecentreerd boven het landhoofd staat en er geen spreiding optreedt via het dek. Dit is derhalve een conservatief uitgangspunt.

Per oplegpunt van de randligger fietspad en hoofdligger

$$F_{rep} = 62 \times 2 = 124 \text{ [kN]}$$

Extra belasting vanwege de veranderlijke belasting op het voetpad:

Uit hoofdligger (zie ontwerpberekening blad 4):

$$F_{rep} = 6,9 \times 7,00 = 48 \text{ [kN]}$$

Uit randligger voetpad

$$F_{rep} = 6,25 \times 7,00 = 44 \text{ [kN]}$$

Totale belasting op het landhoofd:

$$F_{rep} = 340 \text{ [kN]}$$

Belastingcombinaties op het landhoofd

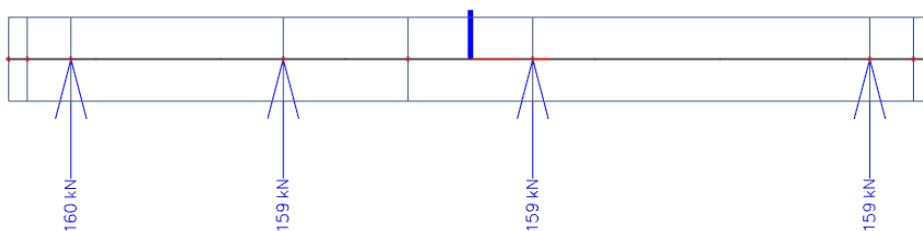
Combinatie 1 / eigen gewicht en rustende belasting + vollast veranderlijke belasting:

	F_{rep}	γ	F_d
	[kN]	[-]	[kN]
Eigen gewicht	137	1,35	186
Rustende belasting dek	114	1,35	154
Veranderlijke belasting	197	1,50	296
Sommatie	449		635

Indien de totale belasting gelijkmatig verdeeld over de palen:

Aantal palen 4 [st]
Rekenwaarde paalbelasting 159 [kN]

SCIA model:



Paalreactie zijn correct.

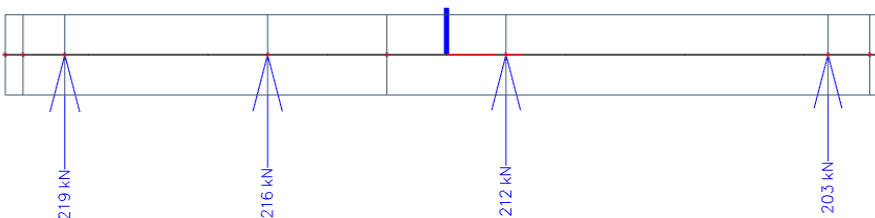
Combinatie 2 / eigen gewicht en rustende belasting + mobiele last fietspad en veranderlijke belasting voetpad:

	F_{rep}	γ	F_d
	[kN]	[-]	[kN]
Eigen gewicht	137	1,35	186
Rustende belasting dek	114	1,35	154
Veranderlijke belasting	340	1,50	510
Sommatie	592		850

Indien de totale belasting gelijkmatig verdeeld over de palen:

Aantal palen 4 [st]
Rekenwaarde paalbelasting 212 [kN]

SCIA model:



Paalreactie zijn min of meer correct. Het is logisch dat er ter plaatse van het fietspad (rechterzijde figuur) een hogere paalbelasting te zien is vanwege de aanwezigheid van de mobiele last.

Rekenwaarde paalbelasting SCIA 219 [kN]

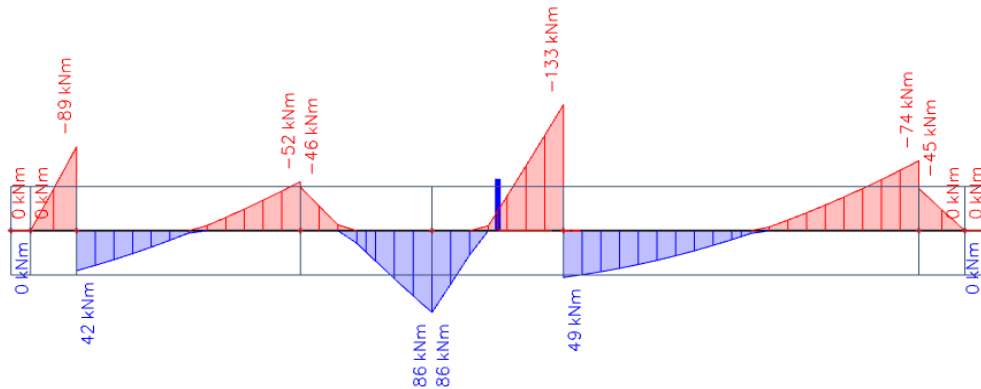
Krachtenverdeling landhoofdbalk

De belastingen vanuit het dek worden middels de randliggers en hoofdliggers redelijk geconcentreerd afgedragen naar de palen waardoor er nagenoeg geen buigende momenten optreden in de balk.

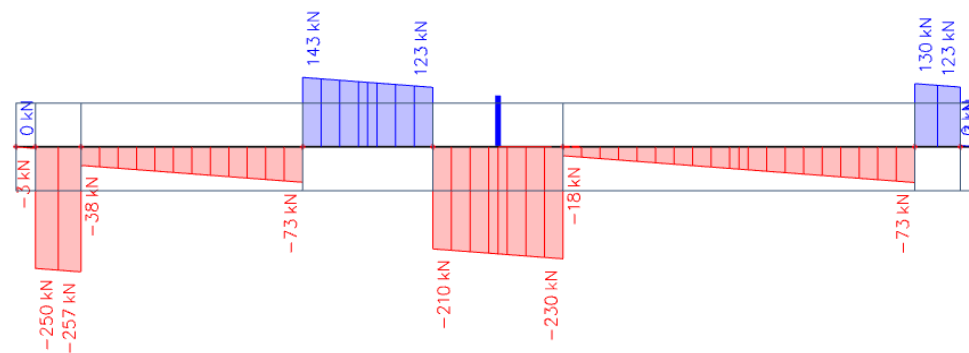
Alleen ter plaatse van de oplegging van de hoofdligger zal de belasting verdeeld worden richting de palen. Tussen deze palen treden er grotere buigende momenten en dwarskrachten op.

Maatgevend is de situatie waarbij de mobiele aslasten op de constructie werken.

Buigende momenten rekenwaarde



Dwarskracht rekenwaarde



Landhoofdbalk:

M_d	=	133 [kNm]
M_{rep}	=	90 [kNm]
V_d	=	257 [kN]

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

Bovenwapening	6	Φ	20
Onderwapening	6	Φ	16

Getoetst
Praktisch

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

Beugels	Φ	12
Hart op hart beugels		300 [mm]

Palen

Optredende paalbelasting bedraagt 219 [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	340	=	34 [kN]
Rekenwaarde:				51 [kN]
Momentarm tov paalkop			ca.	0,7 [m]
Moment				36 [kNm]
Aantal palen				4 [st]
Per paal			rekenw.	9 [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.