

KRW Maatregelen Paterswoldsemeer

**DO-berekening voetgangersbrug Halve Manen
Waterschap Noorderzijlvest**

28 september 2022

Contactpersoon

ERIK HOOIJSCHUUR
Constructeur

M 06-50645327

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 173
1620 AD Hoorn
Nederland

Inhoudsopgave

Samenvatting	6
Resultaten	6
Aandachtspunten en risico's	6
Nog uit te voeren	6
1 Inleiding	7
1.1 Leeswijzer	7
1.2 Versiebeheer	8
2 Uitgangspunten	9
2.1 Normen, richtlijnen en literatuur	9
2.1.1 Algemene normen	9
2.1.2 Richtlijnen	9
2.1.3 Literatuur	10
2.2 Betrouwbaarheid en ontwerplevensduur	10
2.2.1 Betrouwbaarheid	10
2.2.2 Ontwerplevensduur	10
2.3 Geometrie	10
2.4 Geotechnische gegevens	12
2.4.1 Bodemopbouw	12
2.4.2 Waterstanden	13
2.5 Materialen	13
2.6 Milieuklasse	14
2.7 Dekking	14
2.8 Eisen scheurwijdte	15
2.9 Verankeringslengte	15
2.10 Eisen vervormingen	15
2.10.1 Dek	15
2.10.2 Leuning	16

3	Belastingen, -combinaties en -factoren	17
3.1	Belastingen	17
3.1.1	Eigen gewicht stalen liggers	17
3.1.2	Gewicht houten dek	17
3.1.3	Veranderlijke belasting brugdek	17
3.1.4	Onderhouds- / dienstvoertuig	17
3.1.5	Onbedoeld voertuig	17
3.1.6	Horizontale mobiele belasting brugdek	18
3.1.7	Windbelasting	18
3.1.8	Veranderlijke leuningbelasting	19
3.2	Belastingcombinaties	19
3.3	Belastingfactoren	19
4	Opzet van de berekening	21
5	Resultaten en toetsing	22
5.1	Houten brugdek	22
5.2	Stalen liggers	22
5.3	Paalreacties	22

Bijlagen

Bijlage A – Tekeningen en schetsen	23
Bijlage B – Geotechnische onderzoek	24
Bijlage C – Berekening brug	25
Bijlage D – Berekening leuning	26
Bijlage E – Berekening buispaal en paalkopwapening	28
Bijlage F – Single Pile berekening buispaal	29
Bijlage G – IDEA berekening kopwapening	30
Bijlage H – Berekening ankerverbinding liggers - landhoofd	31
Bijlage I – Berekening ankerverbinding Design B+BTEC DesignFiX	32

Samenvatting

In het kader van het project “KRW maatregelen Paterswoldsemeer” (*KRW = Kaderrichtlijn Water*) is een herinrichting voorzien van het bestaande baggerdepot bij de Halve Manen aan het Paterswoldsemeer. Onderdeel van dit project is de aanleg van een voetgangersbrug tussen de twee eilanden van de “Halve Manen”.

Onderstaand zijn de belangrijkste resultaten weergegeven.

Resultaten

Geotechnisch onderzoek

De sondeerlengte van het beschikbare geotechnische onderzoek is onvoldoende om een paalfundering te ontwerpen. Voor de bepaling van het inheinniveau van de paalfundering dient aanvullend gesondeerd te worden.

Fietsbrug - bovenbouw

- Stalen langsliggers HEA 240, kwaliteit S355, lang circa 10,0m.
- Azobé dekplanken, sterkteklasse D70, bxxh = 195x45mm, h.o.h. 200mm, lang 2,5m.

Fietsbrug - onderbouw

- Betonnen landhoofden bxxh = 600x500mm, lang 2,5m, C30/37.
- Paalfundatie, buispalen Ø273x8mm met voetplaat Ø290mm, paalpuntniveau nader te bepalen. Buispalen gevuld met beton C30/37 en kopwapening 6 Ø12, lang 4,0m;
- Azobé damwand dik 60mm, lang 2,0m.

Leuning

- Houten leuningstijl bxxh=95x95mm, sterkteklasse D50, h.o.h. 1,50m.

Stootplaten

- 2 opgeklapte hardhouten schotten, lang 2,0m, breed 2,0m, duurzaamheidsklasse I.

Aandachtspunten en risico's

- Het bestaande pad langs de Halve Manen is erg smal en ongeschikt voor zwaar materieel. Uitgangspunt is dat de paalfundatie met licht materieel aangebracht moet kunnen worden;
- Voor het dek is toepassen van een andere houtsoort dan azobé niet toegestaan. Om de belasting door een aslast van een onbedoeld voertuig op te kunnen nemen is sterkteklasse D70 vereist;
- De sondeerlengte van het beschikbare geotechnische onderzoek is onvoldoende om een paalfundering te ontwerpen. Voor de bepaling van het inheinniveau van de paalfundering dient aanvullend gesondeerd te worden.

Nog uit te voeren

- Twee sonderingen met kleef ter plaatse van de landhoofden. Lang minimaal 15,0m.
- Engineering van de wapening van de landhoofden door de aannemer.
- Bepaling van het paal draagvermogen en inheinniveau van de paalfundatie door de aannemer.
Hierbij dient rekening gehouden te worden met de volgende paalbelastingen:
 - $R_{ULS} = 100\text{kN/paal}$
 - $R_{SLS} = 80\text{kN/paal}$
- Detailengineering van de bevestiging van de dekplanken aan de stalen liggers.
- Engineering van (tijdelijke) hulpconstructies door de aannemer.

1 Inleiding

In het kader van het project “KRW maatregelen Paterswoldsemeer” (*KRW = Kaderrichtlijn Water*) is een herinrichting voorzien van het bestaande baggerdepot bij de Halve Manen, zie Figuur 1. Het depot is afgesloten en krijgt een open verbinding met het Paterswoldsemeer. Hierdoor wordt een ondiepe zone met natuurvriendelijke oevers verkregen. De verbinding tussen de eilanden en de vaste wal bestaat uit twee duikers. De verbinding tussen de twee eilanden bestaat uit een brug waar een maaiboot onderdoor kan voor onderhoud.

In dit rapport is het ontwerp van de voetgangersbrug tussen de twee eilanden van de Halve Manen uitgewerkt.



Figuur 1: Situatie Halve Manen, Paterswoldsemeer (Google Earth)

1.1 Leeswijzer

Het document is als volgt opgebouwd:

- Hoofdstuk 1 Inleiding
- Hoofdstuk 2 Uitgangspunten
- Hoofdstuk 3 Belastingen, -combinaties en -factoren
- Hoofdstuk 4 Opzet van de berekening
- Hoofdstuk 5 Resultaten en toetsing

In dit document zijn de volgende bijlagen opgenomen:

- Bijlage A – Tekeningen en schetsen
- Bijlage B – Geotechnische onderzoek
- Bijlage C – Berekening brug
- Bijlage D – Berekening leuning
- Bijlage E – Berekening

- Bijlage F – Single Pile berekening buispaal
- Bijlage G – IDEA berekening kopwapening
- Bijlage H – Berekening ankerverbinding liggers - landhoofd
- Bijlage I – Berekening ankerverbinding B+BTEC DesignFiX

1.2 Versiebeheer

Versie 28 september 2022

- 1^e conceptversie

2 Uitgangspunten

2.1 Normen, richtlijnen en literatuur

2.1.1 Algemene normen

Algemene belastingen

- NEN-EN-1990 “Grondslagen van het constructief Ontwerp”, 2019;
- NEN-EN-1991-1-1 “Belastingen op constructies – Deel 1-1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen”, 2019;
- NEN-EN 1991-1-4 “Belastingen op constructies – Deel 1-4: Algemene belastingen - Windbelastingen”, 2019;
- NEN-EN 1991-1-7 “Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen”, 2019;
- NEN-EN 1991-2 “Belastingen op constructies – Deel 2: Verkeersbelastingen op bruggen”, 2019;

Staalconstructies

- NEN-EN-1993-1-1 “Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen”, 2016;
- NEN-EN-1993-1-5 “Ontwerp en berekening van staalconstructies – Deel 1-5: Constructieve plaatvelden”, 2019;
- NEN-EN 1993-5 “Ontwerpen en berekenen van staalconstructies – Deel 5: Palen en damwanden”, 2012;

Betonconstructies

- NEN-EN-1992-1-1 “Ontwerp en berekening van betonconstructies – Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen”, 2016;

Aluminiumconstructies

- NEN-EN-1999-1-1 “Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-1: Algemene regels”, 2019;

Houtconstructies

- NEN-EN-1995-1-1 “Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemene regels”, 2013;

Geotechniek

- NEN 9997-1 “Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels”, 2017;

2.1.2 Richtlijnen

- CUR 166 “Damwandconstructies”, 6e herziene druk, juli 2012;

2.1.3 Literatuur

Geotechnische onderzoek

- [1] Rapport geotechnisch onderzoek "Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde", Wiertsema & Partners, kenmerk VN-81361-1, d.d. 20-06-2022;

Tekeningen

- [2] Tekening "Brug Prefazo Type 1A", Groot Lemmer, tekeningnummer B7686-B, d.d. 13-08-2013;
- [3] Tekening "Ontwerp Halve Manen - Situatie", Arcadis, tekeningnummer PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO-1006, d.d. 11-08-2022;
- [4] Tekening "Ontwerp Halve Manen – Dwarsprofielen 1 t/m 8", Arcadis, tekeningnummer PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO-1006, 11-08-2022;
- [5] VO-Tekening "Ontwerp Halve Manen - Varianten", Arcadis, tekeningnummer PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-VO, d.d. 25-04-2022;

2.2 Betrouwbaarheid en ontwerplevensduur

2.2.1 Betrouwbaarheid

De brug is overeenkomstig NEN-EN 1990, tabel NB.24 ingedeeld in gevolgklasse:

- Gevolgklasse: CC1b

2.2.2 Ontwerplevensduur

Onderbouw en stalen liggers

De ontwerplevensduur van de brug is overeenkomstig NEN-EN 1990, tabel NB.11:

- Ontwerplevensduur: 50 jaar

Houten onderdelen

Het brugdek en de leuningregels worden uitgevoerd in hout. De levensduur van deze onderdelen is afhankelijk van de duurzaamheidsklasse van de houtsoort en de specifieke toepassing maar is altijd minder dan 50 jaar.

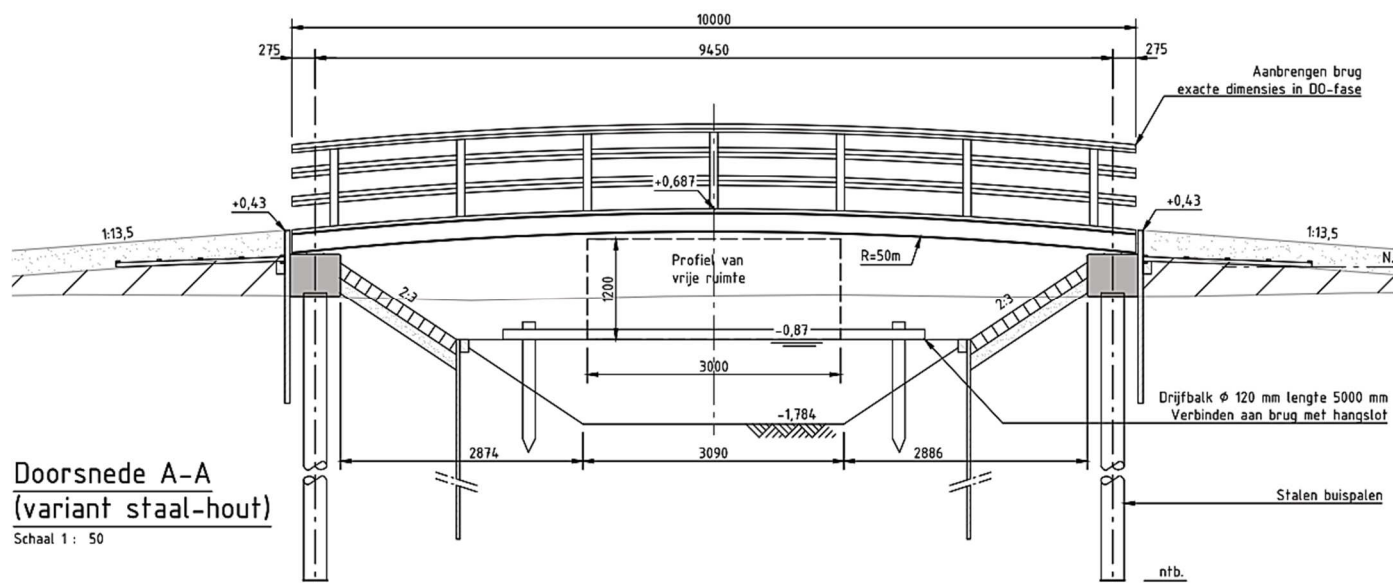
- Verwachtingswaarde levensduur: 25 jaar

2.3 Geometrie

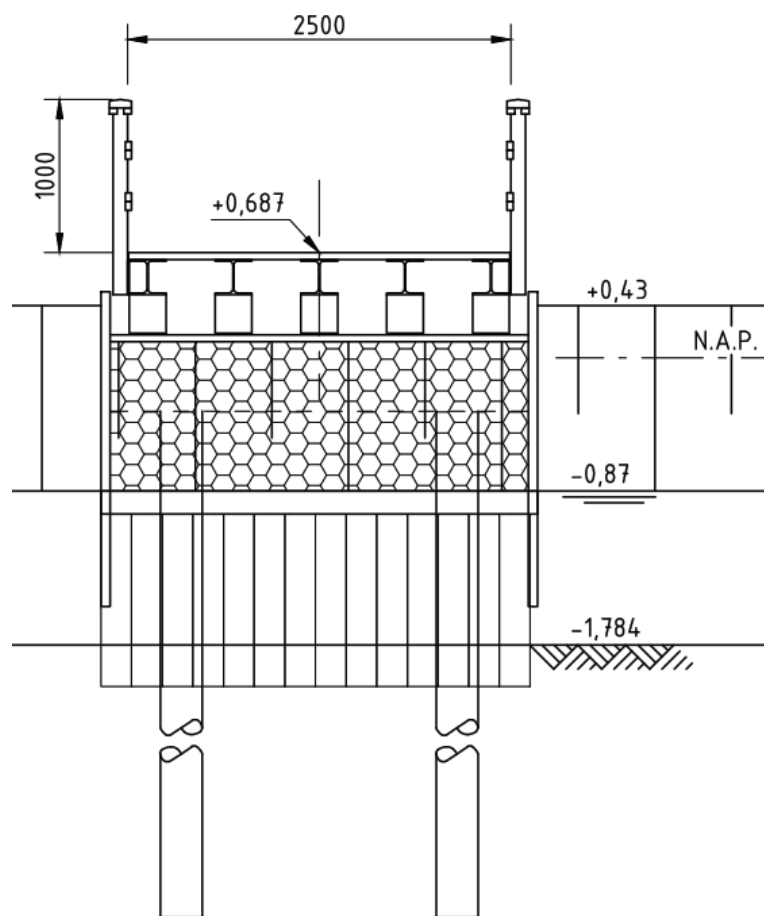
Uitgangspunten met betrekking tot de geometrie van het brugdek komen voort uit de VO-tekening welke ter acceptatie aan de opdrachtgever is verstuurd, zie Figuur 2 en Figuur 3.

Brugdek

- Lengte 10,0m (zie Figuur 2)
- Breedte 2,5m (zie Figuur 3)
- Aansluitende hoogte NAP +0,43m (zie Figuur 2)



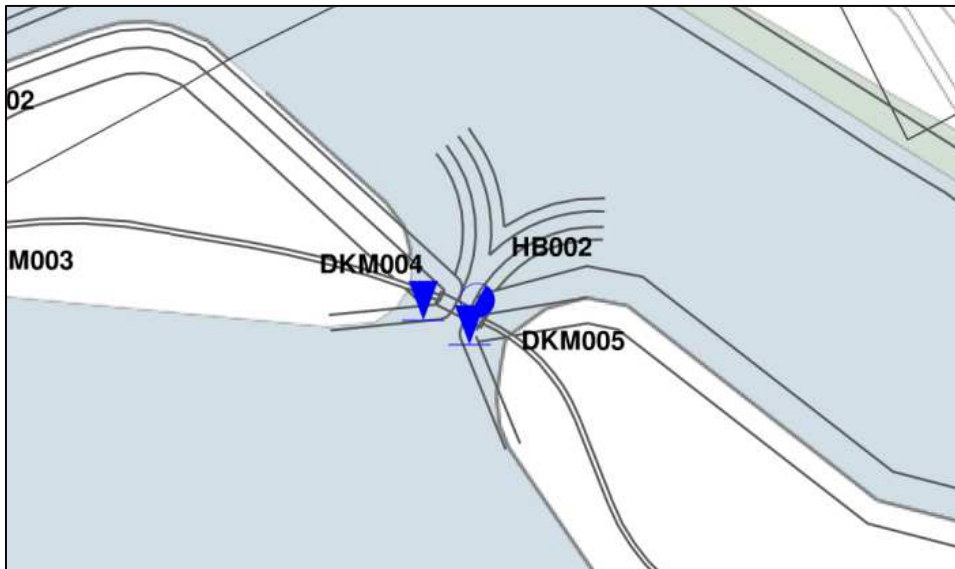
Figuur 2: VO-tekening - Langsdoorsnede [5]



Figuur 3: VO-tekening - Dwarsdoorsnede [5]

2.4 Geotechnische gegevens

Geotechnische gegevens zijn afkomstig van het geotechnische onderzoeksrapport van Wiertsema [1]. Een overzicht van de sonderingen is weergegeven in *Figuur 4*.



Figuur 4: Overzicht sonderingen en boring [1]

2.4.1 Bodemopbouw

De volgende sonderingen zijn van toepassing:

- Sondering 4 en 5 (zie *Figuur 4*)
- Boring HB002 (zie *Figuur 4*)

De bodemopbouw op locatie bestaat uit een zandige toplaag met hieronder een veenlaag en zandige en siltige lagen.

De geschematiseerde bodemopbouw is weergegeven in Tabel 1. De grondparameters zijn bepaald op basis van tabel 2.b uit NEN 9997-1 en tabel 3.3 uit CUR 166, deel 1.

Opmerking

Vanwege de beperkte toegankelijkheid van het gebied kon alleen worden gesondeerd met licht materieel. Hierdoor is de verkende diepte beperkt tot 5,0m á 6,5m onder maaiveld. Deze sondeerlengte is onvoldoende om een paalfundering op te ontwerpen.

b.k. laag [NAP]	Omschrijving [-]	γ_d / γ_{nat} [kN/m ³]	q_c [MPa]	c' [kPa]	ϕ' [°]	δ [°]	k_{h1} [kN/m ³]	k_{h2} [kN/m ³]	k_{h3} [kN/m ³]
-0,30	Toplaag zand	18/20	2,5	-	30,0	20,0	5000	2500	1250
-1,00	Veen	10,5/10,5	0,2	-	15,0	-	2000	800	500
-2,00	Zand, los gepakt	18/20	5,0	-	30,0	20,0	12000	6000	3000
-5,50	Silt, zandig	19/19	2,0	-	27,5	18,3	5000	2500	1250
-6,00	Zand, vast gepakt	19/21	20,0	-	32,0	21,3	30000	15000	7500

Tabel 1: Geschematiseerde bodemopbouw en representatieve grondparameters

In de tabel zijn de navolgende symbolen gehanteerd:

- Soortelijk gewicht: γ_d / γ_{nat}
- Conusweerstand: q_c

- Hoek van inwendige wrijving: ϕ'
- Effectieve wandwrijvingshoek: δ
- Effectieve cohesie: c'
- Horizontale beddingconstante: $k_{h1} / k_{h2} / k_{h3}$
(spanning afhankelijke beddingconstanten zie figuur 3-30 van CUR166)
- Elasticiteitsmodulus van Menard: E_m
($E_m = \beta_{gem} \times q_c$, waarbij $\beta_{zand} = 0,85$, $\beta_{silt} = 1,5$, $\beta_{klei} = 2,5$ en $\beta_{veen} = 3,5$)

Aanvul- / ophoogmateriaal, woudzand

Voor het ophoogzand gelden de volgende geotechnische parameters:

- γ_d / γ_{nat} = 18/20 kN/m³
- ϕ' = 30°
- δ = 20°
- $k_{h1} / k_{h2} / k_{h3}$ = 5000/2500/1250 kN/m³

2.4.2 Waterstanden

Waterstand

De freatische waterstand volgt van tekening, zie Figuur 2.

- Streefpeil Paterswoldsemeer NAP -0,87m

2.5 Materialen

Azobé dekplanken

- Sterkteklasse: D70
- Duurzaamheidsklasse: 1*
- Elasticiteitsmodulus: $E_{mean} = 20000 \text{ N/mm}^2$
- Soortelijk gewicht: $\rho = 1100 \text{ kg/m}^3$

Hardhouten leuning

- Sterkteklasse: D50
- Duurzaamheidsklasse: 1*
- Elasticiteitsmodulus: $E_{mean} = 14000 \text{ N/mm}^2$
- Soortelijk gewicht: $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$

Opmerking

*Bij toepassing van hout in een buitenmilieu zonder permanent contact met water en grond met een permanent vochtpercentage >20% geldt risicoklasse 3. Voor een verwachtingswaarde van de levensduur van 25 jaar geldt een minimale duurzaamheidsklasse van 3.

Benodigde duurzaamheidsklasse per risicoklasse, levensduur 25 jaar		
Risicoklasse	Houtvochtgehalte	Duurzaamheidsklasse
2	Incidenteel, kortdurend > 20%	4
3	Regelmatig, kortdurend > 20%	3
4a	Permanent > 20%	2
4b	Permanent > 20% + grondcontact	1
5	Permanent > 20% (zout water)	1

Tabel 2: Benodigde duurzaamheidsklasse per risicoklasse (houtblad juni 2004)

In het werk gestort beton

- Sterkteklasse: C30/37
- Cement: hoogovencement CEM III/B (slakgehalte $\geq 65\%$)
sterkteklasse CEM 42,5 HS LH (hoge beginsterkte, lage hydratatiewarmte)
- Milieuklasse: zie paragraaf 2.6
- Dekking: zie paragraaf 2.7

Constructiestaal

- Kwaliteit: S355 $f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$

2.6 Milieuklasse

Landhoofden

Uitgangspunt voor de milieuklasse is: XC4 / XD3 / XF4 / XA2

2.7 Dekking

Er wordt gekozen om op alle betonvlakken één dekking toe te passen, om het risico van eventuele uitvoeringsfouten te beperken.

De constructieclassificatie is bepaald volgens art. 4.4.1.2 (5) van NEN-EN 1992-1-1. Deze classificatie is volgens tabel 4.3N van NEN-EN 1992-1-1 verhoogd of verlaagd volgens een aantal criteria.

In het werk gestort beton – C30/37

Constructie classificatie	S4	(art. 4.4.1.2 (5), NEN-EN 1992-1-1)
Ontwerplevensduur 50 jaar	+0 klassen	(tabel 4.3N, NEN-EN 1992-1-1)
Betonsterkteklasse C30/37	+0 klassen	
Plaatgeometrie	+0 klassen	+
Totaal	S4	

Volgens art 4.4.1 van NEN-EN 1992-1-1 geldt de volgende minimale dekking:

$$\begin{aligned}
 c_{nom} &= c_{min} + \Delta c_{dev} \\
 &= 40\text{mm} + 5\text{mm} \\
 &= 45\text{ mm}
 \end{aligned}$$

Waarbij:

c_{min}	=	$\max \{c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm}\}$
$c_{min,b}$	=	32mm (= $\emptyset_{k,max}$, voor beton met een standaard grindsamenstelling van $d_{nom} = 31,5\text{mm}$)
$c_{min,dur}$	=	40mm (= klasse S4, milieuklasse XC4 / XD3 / XF4 / XA2)
Δc_{dur}	=	0mm (= $\Delta c_{dur,y}$, $\Delta c_{dur,st}$ en $\Delta c_{dur,add}$)
Δc_{dev}	=	5mm (= algemene uitvoeringstolerantie)

Toegepast wordt

- $c = 45\text{mm}$

2.8 Eisen scheurwijdte

Overeenkomstig NEN-EN 1992-1-1 artikel 7.3.1 tabel 7.1N is voor de scheurwijdte de frequente belastingcombinatie van toepassing.

Milieuklasse	Elementen met betonstaal (frequente belastingcombinatie)	Elementen met betonstaal en voorspanstaal met aanhechting
X0, XC1	$w_{max} \leq 0,4 \text{ mm}$	$w_{max} \leq 0,3 \text{ mm}$
XC2, XC3, XC4	$w_{max} \leq 0,3 \text{ mm}$	$w_{max} \leq 0,2 \text{ mm}$
XD1, XD2, XD3, XS1, XS1, XS3	$w_{max} \leq 0,2 \text{ mm}$	$w_{max} \leq 0,1 \text{ mm}$

Tabel 3: Aanbevolen waarde w_{max}

Van toepassing is milieuklasse XD3 met:

- $w_{max} = 0,2 \text{ mm}$

2.9 Verankeringslengte

De basis verankeringslengtes voor beton C30/37 volgens NEN-EN 1992-1-1 zijn in Tabel 4 weergegeven.

Basis verankeringslengte $l_{b,reqd}$					
Beton C30/37	$\emptyset 12$	$\emptyset 16$	$\emptyset 20$	$\emptyset 25$	$\emptyset 32$
Goede aanhechting	429 $\approx$ 450	572 $\approx$ 600	715 $\approx$ 750	894 $\approx$ 900	1144 $\approx$ 1150
Slechte aanhechting	613 $\approx$ 600	817 $\approx$ 850	1022 $\approx$ 1000	1277 $\approx$ 1300	1635 $\approx$ 1650

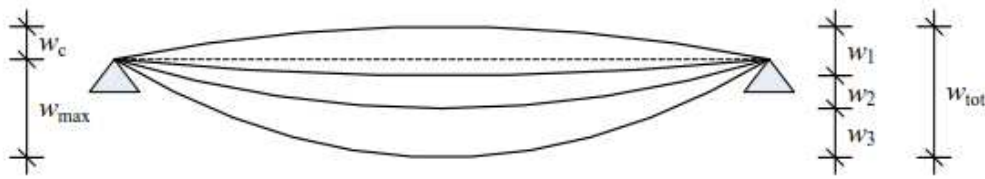
Tabel 4: Basis verankeringslengte (bron: GTB 2013)

2.10 Eisen vervormingen

2.10.1 Dek

Voor het brugdek is in de voorschriften geen vervormingseis gedefinieerd specifiek voor de toepassing van bruggen. Er is uitgegaan van de algemene vervormingseis volgens NEN-EN 1990 A1.4.3 (3):

- Maximale doorbuiging, w_{max} = $l/250$ $\rightarrow 10000\text{mm}/250 = 40\text{mm}$
- Bijkomende doorbuiging, $w_2 + w_3$ = $l/333$ $\rightarrow 10000\text{mm}/333 = 30\text{mm}$



- w_c = zeeg
- w_1 = doorbuiging onder blijvende belastingen bij de korte-duur eigenschappen
- w_2 = bijkomend deel van de doorbuiging bij de quasi blijvende belastingcombinatie bij de lange duur eigenschappen
- w_3 = bijkomend deel van de doorbuiging bij de frequente belastingcombinatie bij de korte-duur eigenschappen
- w_{tot} = totale doorbuiging ($w_{tot} = w_1 + w_2 + w_3$)
- w_{max} = maximale doorbuiging ($w_{max} = w_{tot} - w_c$)

2.10.2 Leuning

Overeenkomstig NEN-EN 1990+A1/NB A.1.4.3 (7) geldt:

Bij afscheidingen ter plaatse van een hoogteverschil mag de horizontale doorbuiging van de bovenrand en de baluster tezamen bij de karakteristieke belastingcombinatie (uitdrukking 6.14b) niet groter zijn dan:

- δ_{max} = 20mm

3 Belastingen, -combinaties en -factoren

3.1 Belastingen

Het dek is berekend op basis van de volgende belastingen:

- Eigen gewicht stalen liggers
- Gewicht houten dek
- Veranderlijke belasting brugdek
- Onderhouds- / dienstvoertuig
- Onbedoeld voertuig
- Horizontale belasting brugdek

3.1.1 Eigen gewicht stalen liggers

Het eigen gewicht van de stalen liggers volgt uit de berekening in Bijlage C.

3.1.2 Gewicht houten dek

Azobé dekplanken, $h = 45\text{mm}$, $\rho = 11\text{kN/m}^3$

- $q_{\text{azobé dek}} = h \times \rho$
 $= 0,045\text{m} \times 11\text{kN/m}^3$
 $= 0,50\text{kN/m}^2$

3.1.3 Veranderlijke belasting brugdek

Overeenkomstig NEN-EN 1991-2 art 5.3.2.1 dient rekening gehouden te worden met een veranderlijke gelijkmatig verdeelde belasting van:

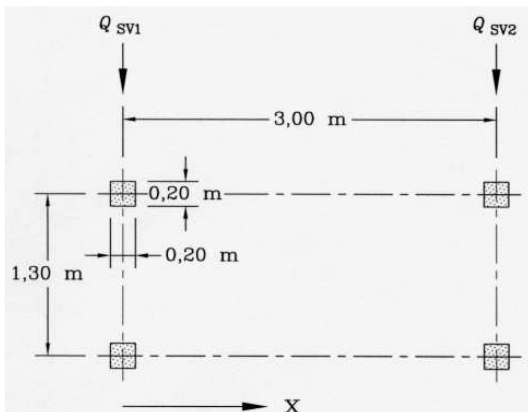
- $q_{\text{fk}} = 2,0 + 120 / (L + 30)$
 $= 2,0 + 120 / (10,0 + 30)$
 $= 5,0\text{kN/m}^2 \leq 5,0\text{kN/m}^2 \rightarrow \text{er is gerekend met:}$
- $q_{\text{var}} = 5,0\text{kN/m}^2$

3.1.4 Onderhouds- / dienstvoertuig

Overeenkomstig NEN-EN 1991-2 art 5.3.2.3 dient rekening gehouden te worden met belasting door een dienstvoertuig. In de norm is een 2-assig voertuig gedefinieerd met aslasten van 25kN, een spoorbreedte van 1,75m en een wielbasis van 3,0m.

3.1.5 Onbedoeld voertuig

Overeenkomstig NEN-EN 1991-2 art 5.6.3 dient rekening gehouden te worden met belasting door de buitengewone aanwezigheid van een voertuig. In de norm is een 2-assig voertuig gedefinieerd met aslasten van 80kN en 40kN, een spoorbreedte van 1,30m en een wielbasis van 3,0m.



Figuur 5: Onbedoeld voertuig (NEN-EN 1991-2)

3.1.6 Horizontale mobiele belasting brugdek

Overeenkomstig NEN-EN 1991-2 art 5.4 wordt een horizontale belasting Q_{flk} in rekening gebracht van de grootste waarde van:

- Q_{flk} = 30% van het gewicht van het dienstvoertuig
 $= 0,3 \times 50\text{kN}$
 $= \mathbf{15,0\text{kN}}$ → maatgevend
- Q_{flk} = 10% van de totale gelijkmatig verdeelde belasting
 $= 0,1 \times (b \times l \times q_{var})$
 $= 0,1 \times (2,5\text{m} \times 10,0\text{m} \times 5,0\text{kN/m}^2)$
 $= 12,5\text{kN}$

De horizontale belasting is in rekening gebracht in lengterichting van de brug gelijktijdig aangrijpend met de overeenkomstige verticale belasting.

3.1.7 Windbelasting

De windbelasting is bepaald volgens NEN-EN 1991-1-4.

De windkracht F_w op de gehele constructie wordt gegeven door:

- F_w = $\frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \times C \times A_{ref} \times L$ (art 8.3.2)
 $= \frac{1}{2} \times 1,25 \times 27,0^2 \times 2,47 \times 1,25 \times 10\text{m}$
 $= 14,1\text{kN}$
- q_{wind} = F_w / l
 $= 14,1\text{kN} / 10\text{m}$
 $= \mathbf{1,41\text{kN/m}}$

Voor de bepaling van de windbelasting worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- $v_{b,0}$ = basis windsnelheid, windgebied II = 27,0m/s (tabel NB.1/figuur NB.1)
- ρ = luchtdichtheid = 1,25kg/m³ (art 4.5)
- C = windbelastingfactor, $C_e \times C_{f,x} = 1,30 \times 1,90$ = 2,47 (art 8.3.2)
- C_e = blootstellingsfactor, $q_{p(z)} / q_b = 0,60 / 0,46$ = 1,30 (art 4.5)
- q_b = basisstuwdruk, $\frac{1}{2} \rho v_b^2$ = 0,46kN/m² (art 4.5)
- $q_{p(z)}$ = extreme stuwdruk, $z_e = 2\text{m}$, onbebouwd = 0,60kN/m² (tabel NB.5)
- windgebied II, figuur NB.1
- $C_{f,x} (=C_l)$ = windvormfactor, $b/d = 2,5\text{m}/1,25\text{m} = 2,00$ = 1,90 (figuur 8.3)
- A_{ref} = referentieoppervlakte, $h_{ligger} + h_{leuning}$ = 1,25m²/m (art 8.3.1, tabel 8.1)

3.1.8 Veranderlijke leuningbelasting

Overeenkomstig NEN-EN 1991-2 art. 4.8 (1) bedraagt de leuningbelasting:

- $q_{var} = 0,8 \text{ kN/m}$ (fietsbrug, geen gebruik door grote mensenmassa's)

Overeenkomstig NEN-EN 1991-1-1 NB.A.1 (2) dient bovendien rekening gehouden te worden met een geconcentreerde belasting van:

- $F_{var} = 1,0 \text{ kN}$

3.2 Belastingcombinaties

De belastingcombinaties komen voort uit NEN-EN 1990 art. 6.4.3 en 6.5.3.

Uiterste grenstoestanden

Belastingcombinaties		
Fundamentele combinatie	Vgl 6.10a	$\Sigma \gamma G_k + \gamma \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
	Vgl 6.10b	$\Sigma \xi \gamma G_k + \gamma \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

Tabel 5: Belastingcombinaties uiterste grenstoestand

Bruikbaarheidsgrenstoestanden

Belastingcombinaties		
Karakteristieke combinatie	Vgl 6.14b	$\Sigma G_k + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$
Frequente combinatie	Vgl 6.15b	$\Sigma G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$
Quasi-blijvende combinatie	Vgl 6.16b	$\Sigma G_k + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

Tabel 6: Belastingcombinaties bruikbaarheidsgrenstoestand

De rekenwaarde van belastingen voor gebruik in belastingcombinaties wordt bepaald met ψ -factoren uit NEN-EN 1990 tabel NB.13 – A2.2 – voetgangers- en fietsbruggen:

- $\psi_{0;\text{verkeer}} = 0,4 [-]$
- $\psi_{0;\text{onbedoeld voertuig}} = 0,0 [-]$
- $\psi_{1;\text{verkeer}} = 0,8 [-]$
- $\psi_{2;\text{verkeer}} = 0,4 [-]$
- $\psi_{2;\text{dienst-/onbedoeld voertuig}} = 0,0 [-]$

3.3 Belastingfactoren

Conform tabel NB.16 van NEN-EN 1990 zijn de volgende belastingfactoren in rekening gebracht:

- $\gamma_{G;\text{vgl 6.10a}} = 1,20/0,9$
- $\gamma_{G;\text{vgl 6.10b}} = 1,10/0,9$

- Verkeer = 1,20
- Overig = 1,35

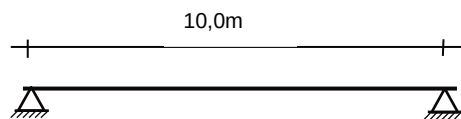
4 Opzet van de berekening

De fietsbrug wordt uitgevoerd met stalen liggers en houten dek. De stalen liggers worden opgelegd op twee betonnen landhoofden welke zijn gefundeerd op palen.

Het gebied van de Halve Manen is ongeschikt voor zwaar materieel. Hierom is voor de funderingspalen uitgegaan van stalen buispalen, bijvoorbeeld inwendig geheid. Deze palen kunnen met relatief licht materieel worden geïnstalleerd.

De brug draagt af als ligger op twee steunpunten en is statisch bepaald, zie Figuur 6. De landhoofden zijn beschouwd als zelfstandige elementen, welke zorgdragen voor de stabiliteit van het dek. De stalen buispalen in combinatie met de damwand voorzien in de afdracht van zowel de verticale als horizontale belastingen.

Voor het houten dek is de belasting door een onbedoeld voertuig (zie paragraaf 3.1.5) maatgevend. De aslasten van dit voertuig kunnen precies op een enkele plank terecht komen. Er zijn relatief veel stalen liggers nodig, zodat de overspanning van de houten dekplanken voldoende klein is.



Figuur 6: Statisch systeem brug

5 Resultaten en toetsing

5.1 Houten brugdek

Toegepast worden azobé dekplanken, bxxh = 195x45mm.

Maatgevend voor de dekplanken is de aslast van een onbedoeld voertuig op een enkele plank.

Toetsing dwarskracht

$$\begin{aligned} \text{U.C.} &= \tau_d / f_{v,d} \\ &= 4,50\text{MPa} / 4,50\text{MPa} \\ &= 1,00 \leq 1,00 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

5.2 Stalen liggers

Toegepast worden liggers HEA 240, S355.

Maatgevend voor de stalen liggers is een kipbelasting door een onbedoeld voertuig.

Toetsing kip

$$\begin{aligned} \text{U.C.} &= M_d / M_{b,Rd} \\ &= 124\text{kN} / 131\text{kN} \\ &= 0,95 \leq 1,00 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

5.3 Oplegreacties

De oplegreacties volgen uit de berekening in Bijlage C (laatste blad).

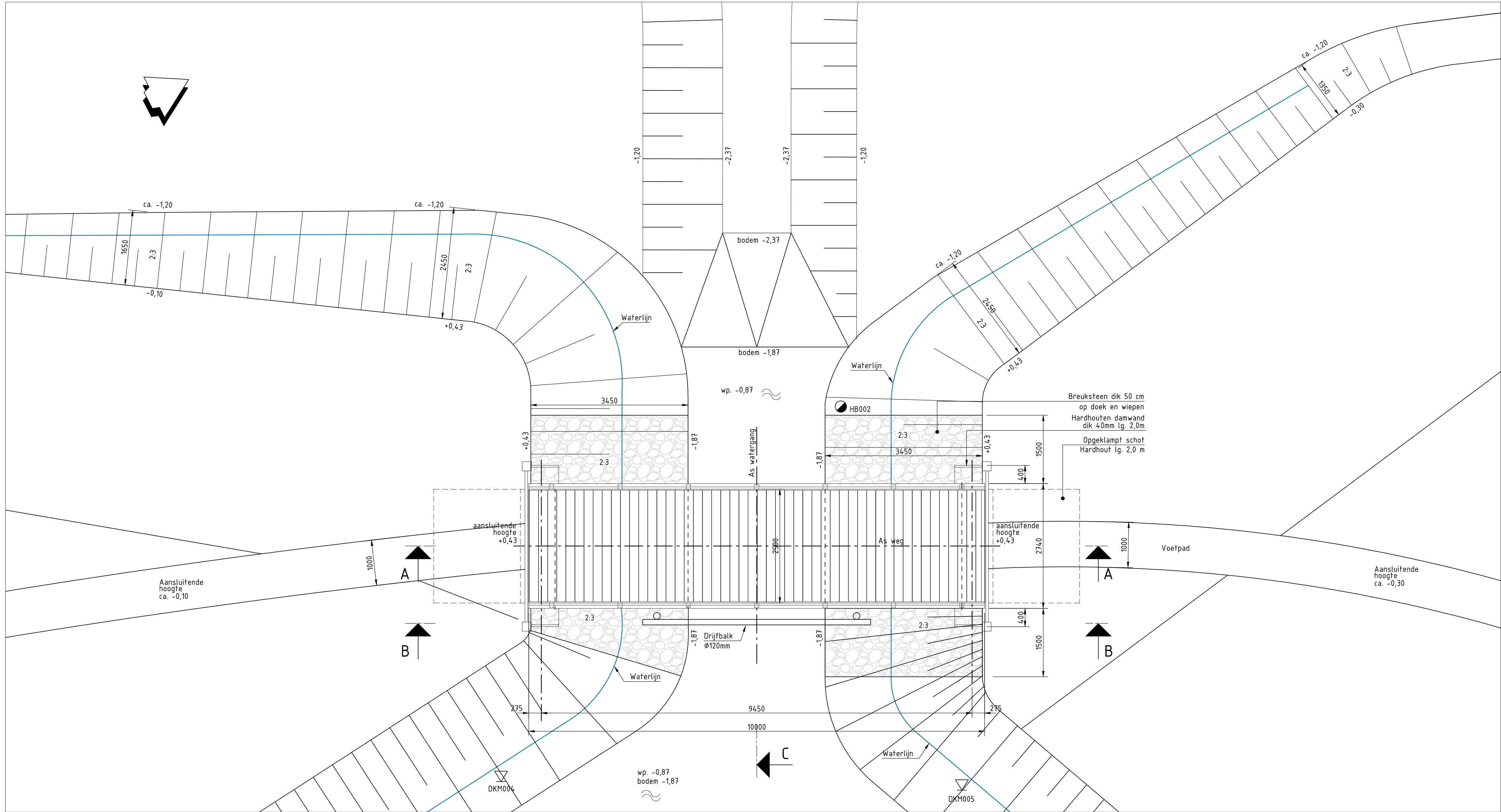
- R_{ULS} = 183kN er is gerekend met $\rightarrow$ = 200kN $\rightarrow$ 100kN/paal
- R_{SLS} = 152kN er is gerekend met $\rightarrow$ = 160kN $\rightarrow$ 80kN/paal

Toegepast worden stalen buispalen $\varnothing 273 \times 8\text{mm}$ met voetplaat $\varnothing 290\text{mm}$.

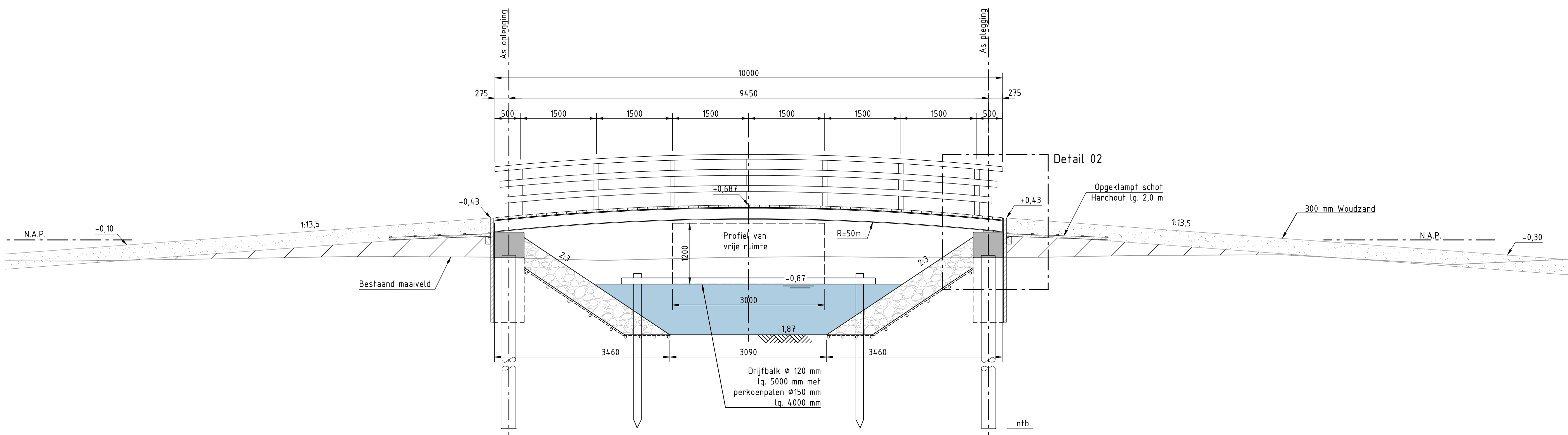
Opmerking

De sondeerlengthe van het beschikbare geotechnische onderzoek is onvoldoende om een paal draagvermogen te bepalen. Voor de bepaling van het inheinniveau van de paalfundering dient aanvullend gesondeerd te worden. De berekeningen van het paal draagvermogen en de bepaling van het inheinniveau dient in de besteksfase uitgevoerd te worden.

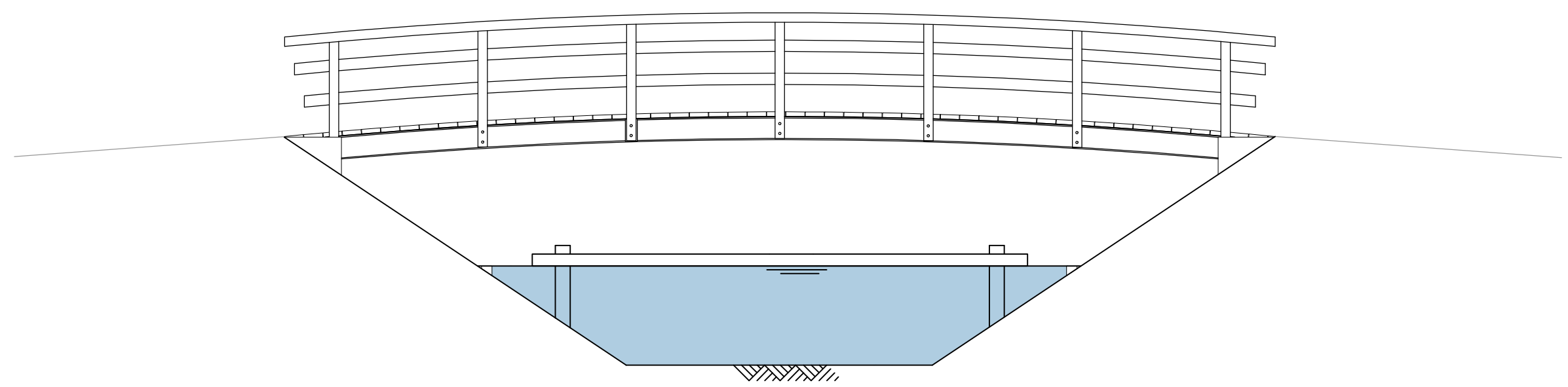
Bijlage A – Tekeningen en schetsen



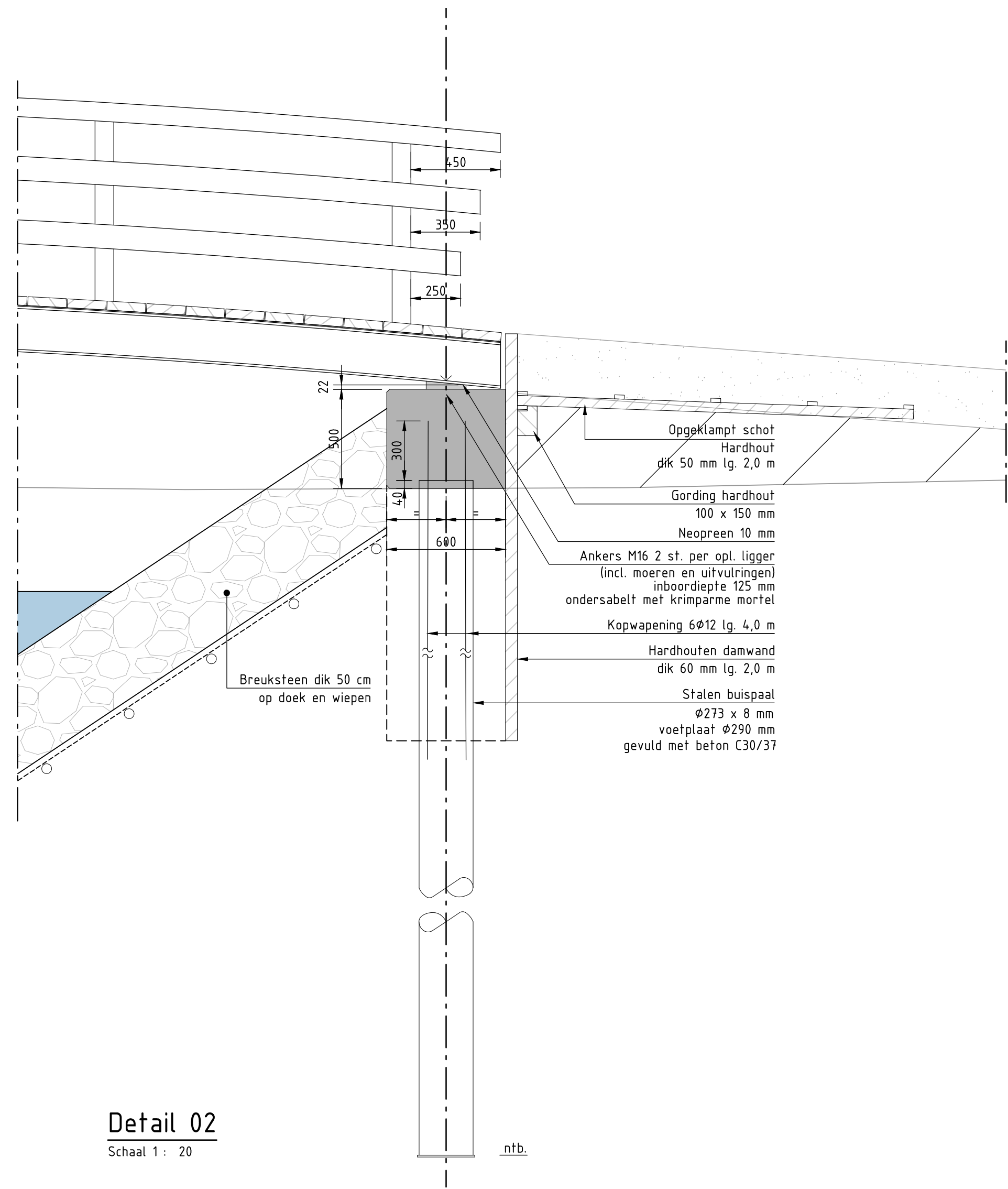
Bovenaanzicht Brug Halve Manen
Schaal 1 : 50



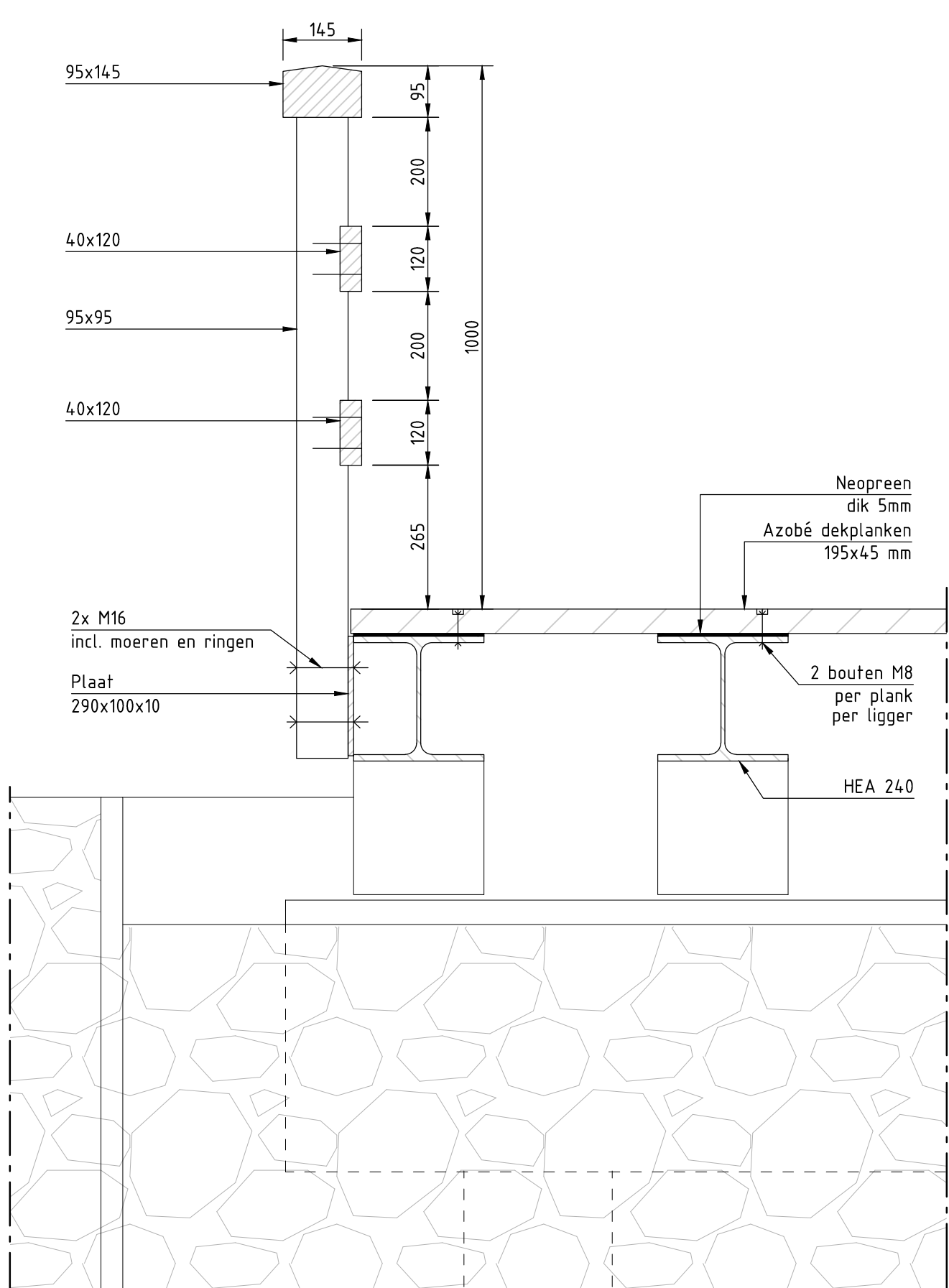
Doorsnede A-A
Schaal 1 : 50



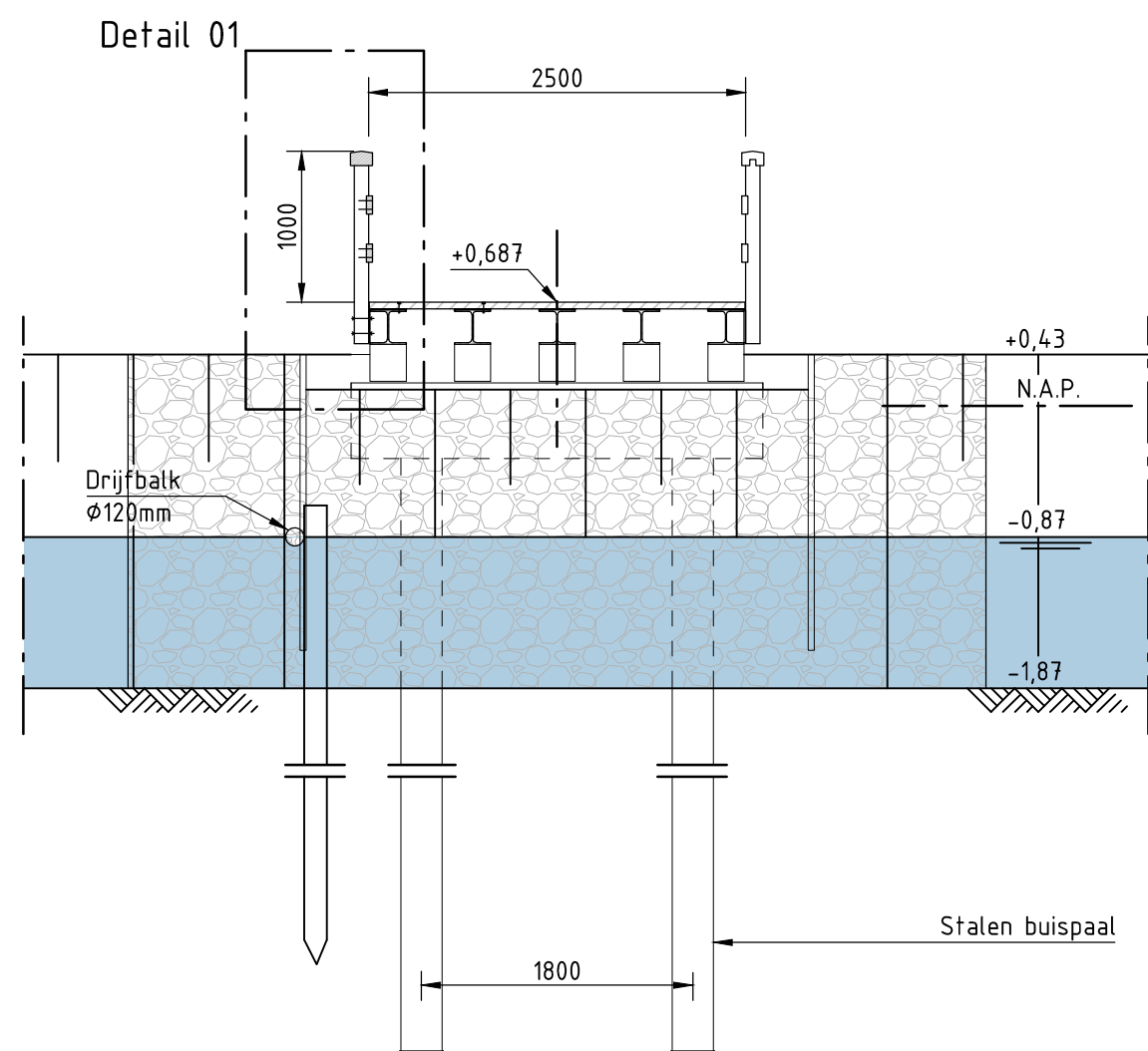
Aanzicht B-B
Schaal 1 : 50



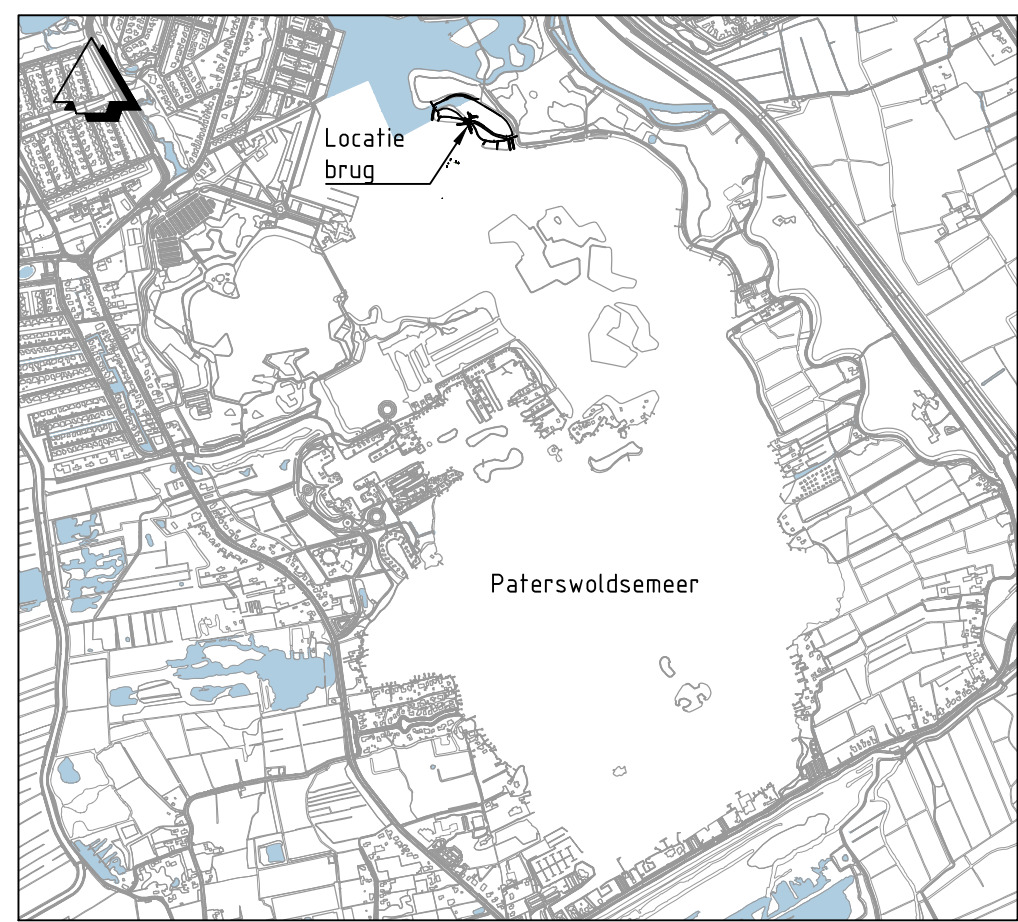
Detail 02
Schaal 1 : 20



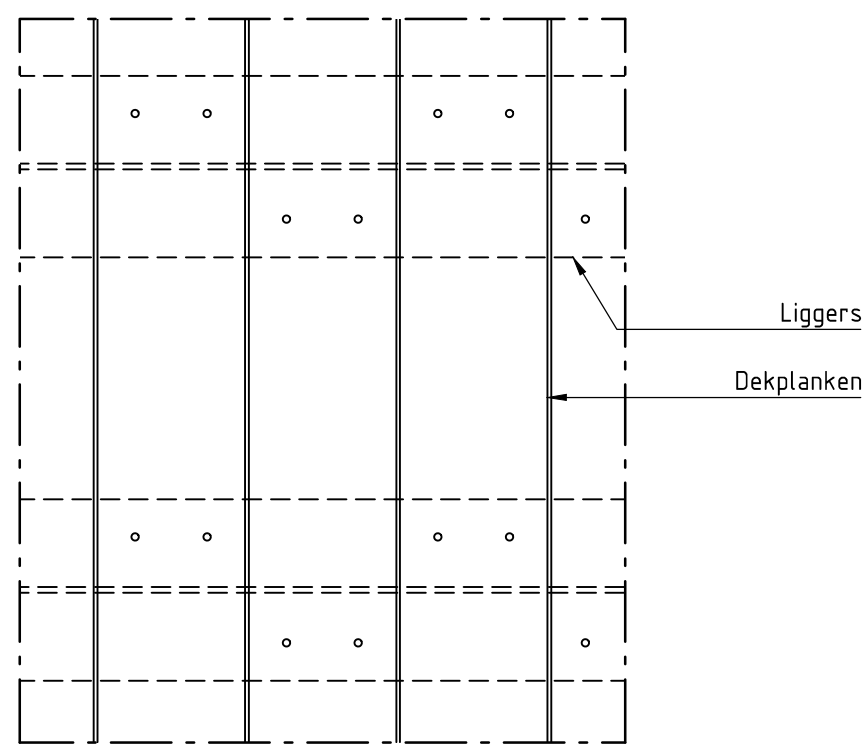
Detail 01
Schaal 1 : 10



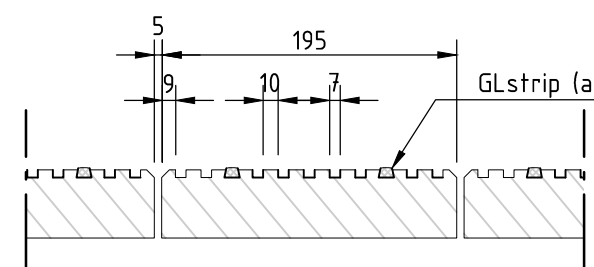
Doorsnede C
Schaal 1 : 50



Situatie Brug Halve Manen
Schaal 1 : 25000



Bovenaanzicht principe bevestiging deklanken
Schaal 1 : 10



Detail deklanken
Schaal 1 : 5

Paalpuntniveau te bepalen op basis van aanvullende geotechnisch onderzoek.
Minimaal twee sonderingen met kleefmeting
lang 15,0m ter plaatse van de landhoofden.
Paalbelastingen: Rd = 100kN/paal, Rrep = 80kN/paal

Legenda

- Locatie sondering
- Locatie boring

Opmerkingen:

- Maten in mm, tenzij anders vermeld.
- Hoogtematen in m tov N.A.P., tenzij anders vermeld.
- Lassen minimaal a=6mm.
- Belasting overeenkomstig NEN-EN 1991-2
- voertuigen SNA/m2, dienstvoertuig 50kN en onbedoeld voertuig 120 kN
- Bouten kwaliteit 8.8
- Stalen onderdelen thermisch verzinken.
- Staalqualiteit S355
- Dekplanken azobé sterkteklasse D70, duurzaamheidsklasse 1
- overige hardhouten onderdelen minimaal sterkteklasse D50, duurzaamheidsklasse 1

Verz	Omschrijving	Datum	Get.	Con.	Vrij
Verz	Omschrijving	Datum	Get.	Con.	Vrij
		Datum 11-09-2022	Get.: D. Brood	Con.	Vrij

Opdrachtgever Contact

Waterschap Noorderzijlvest

Advies- en Ingenieursorganisatie Architect

ARCADIS Design & Consultancy for natural and built assets

Project Contact H. Hazethorst

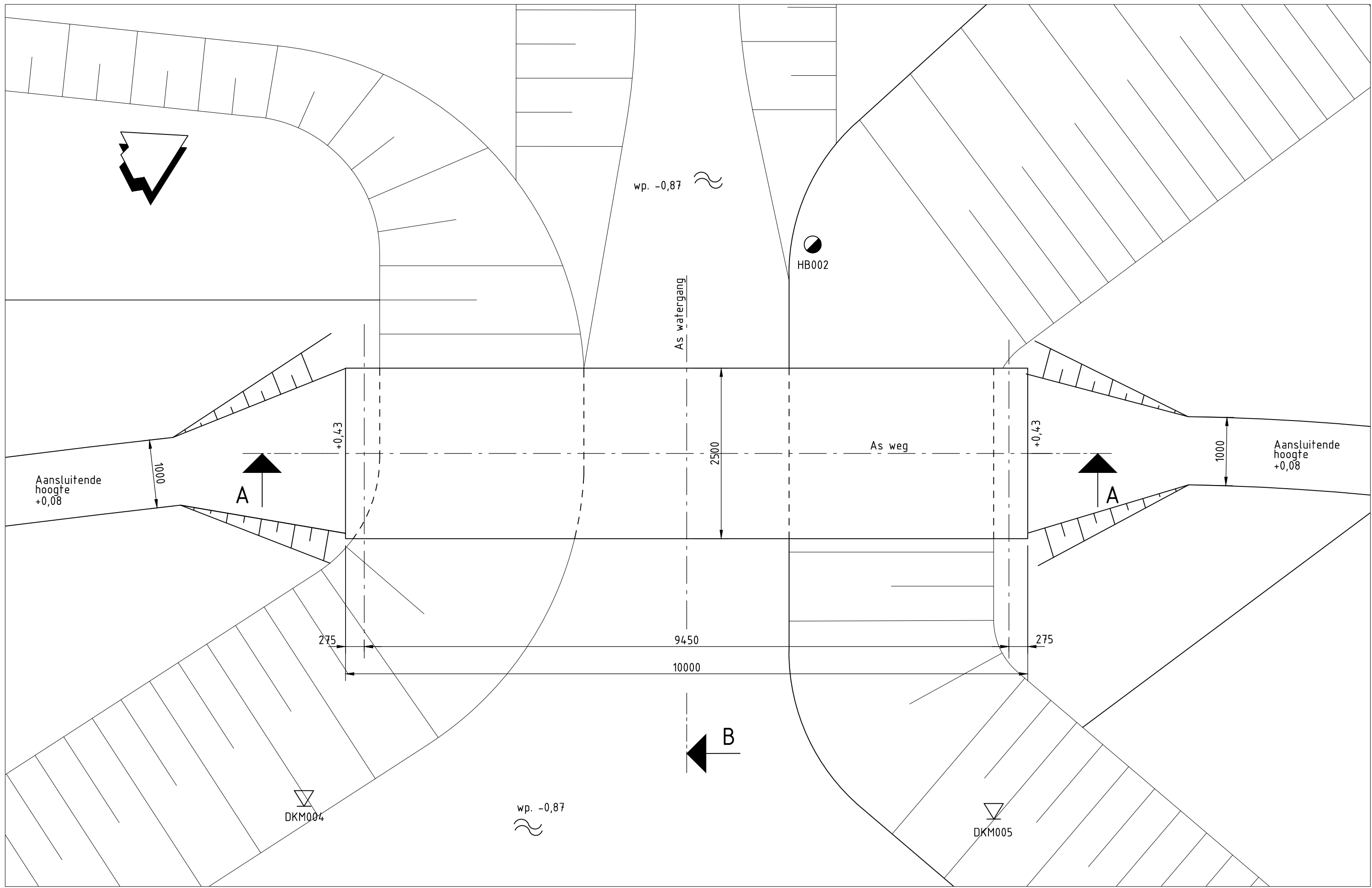
KRW maatregelen Patersvoldsemeer

Projectnummer : XC03081000299
Fase : Definitief ontwerp

Onderwerp : Ontwerp Brug Halve Manen

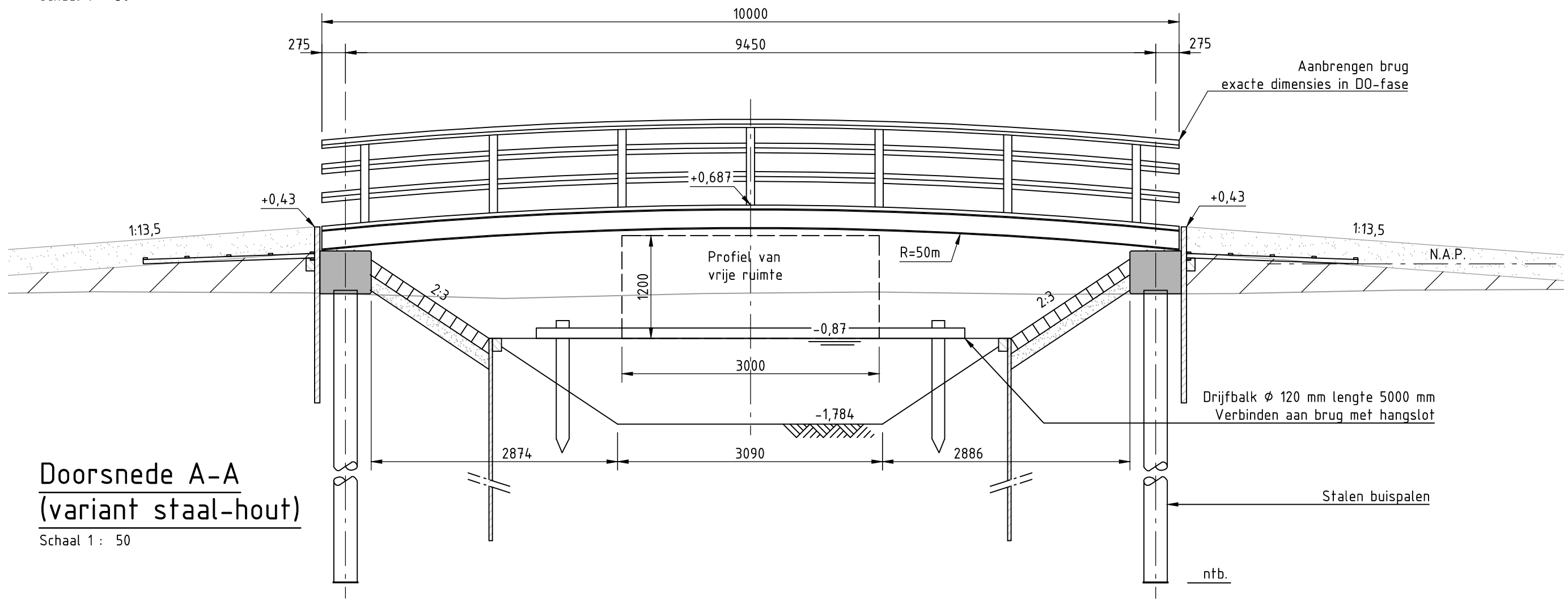
Schaal : Zie tekening Bladformaat: A0
Contractnummer: Bladnummer : 1 van 1
Tekeningsnummer: Status : Concept

PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO- Versie:



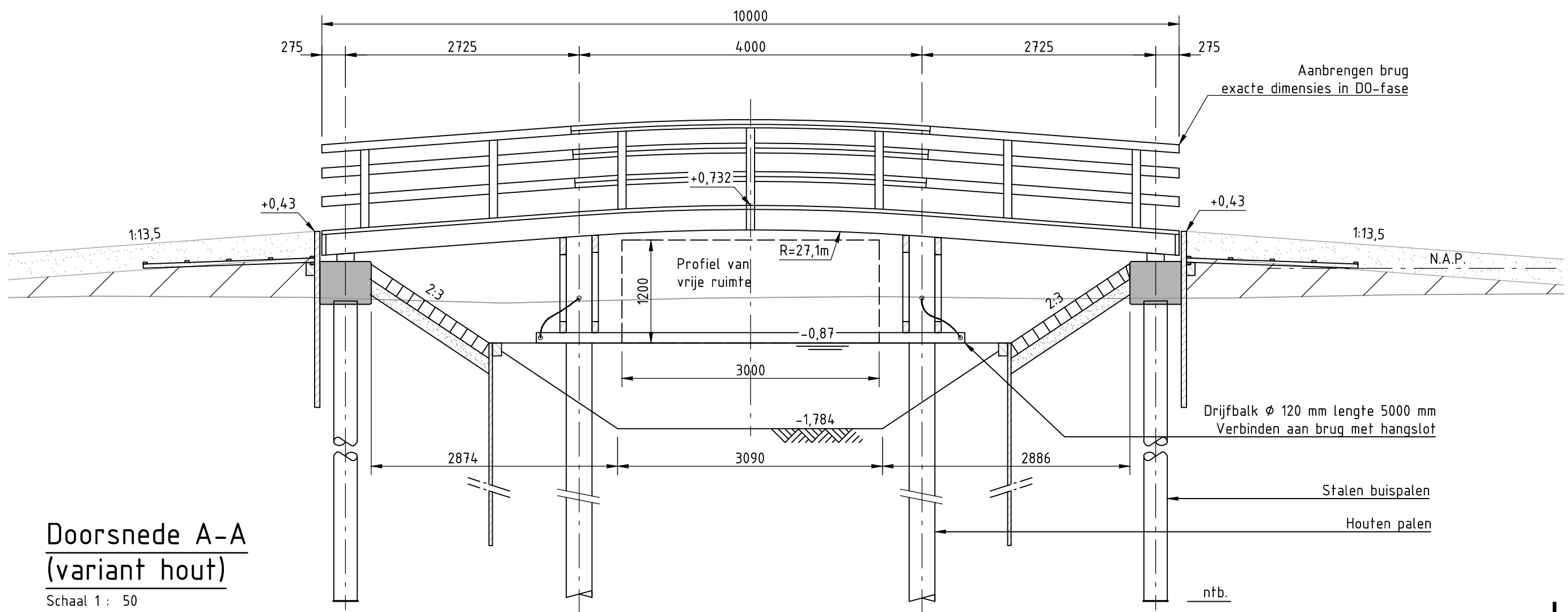
Bovenaanzicht Brug Halve Manen

Schaal 1 : 50



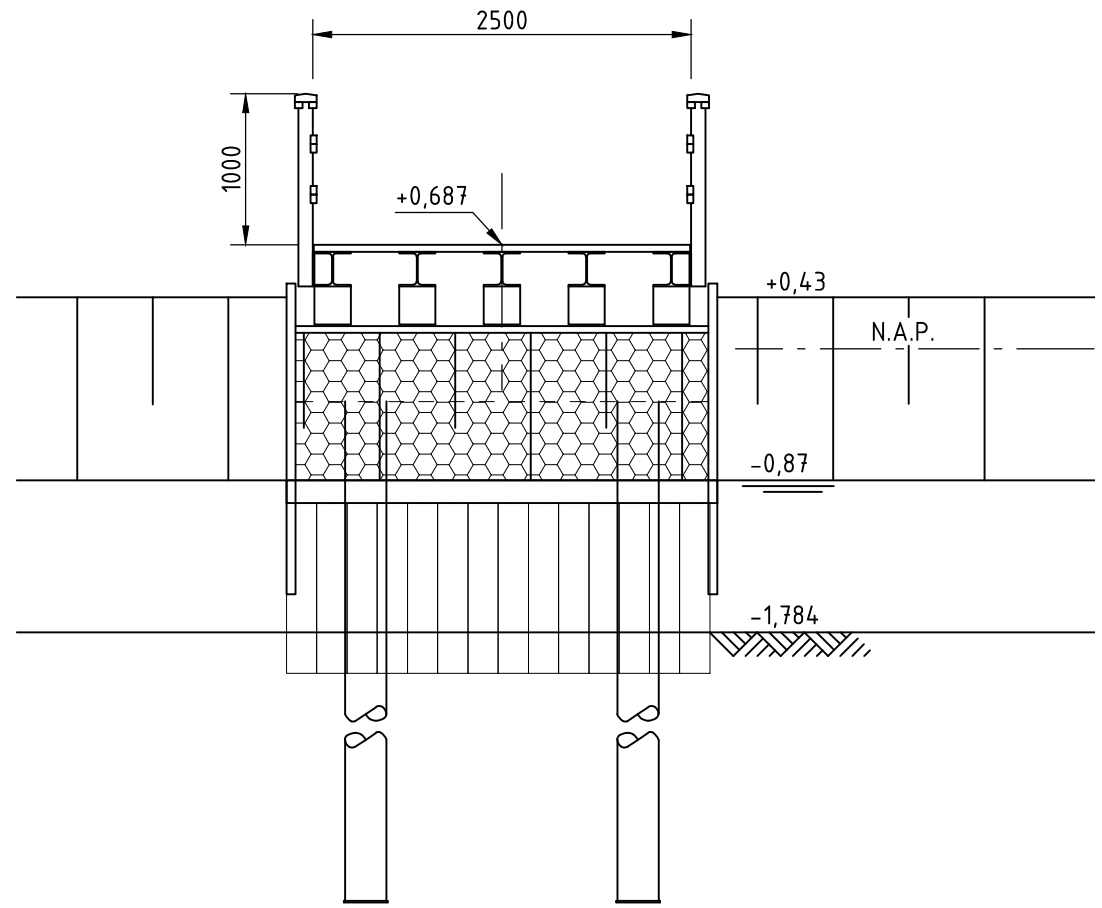
Doorsnede A-A
(variant staal-hout)

Schaal 1 : 50



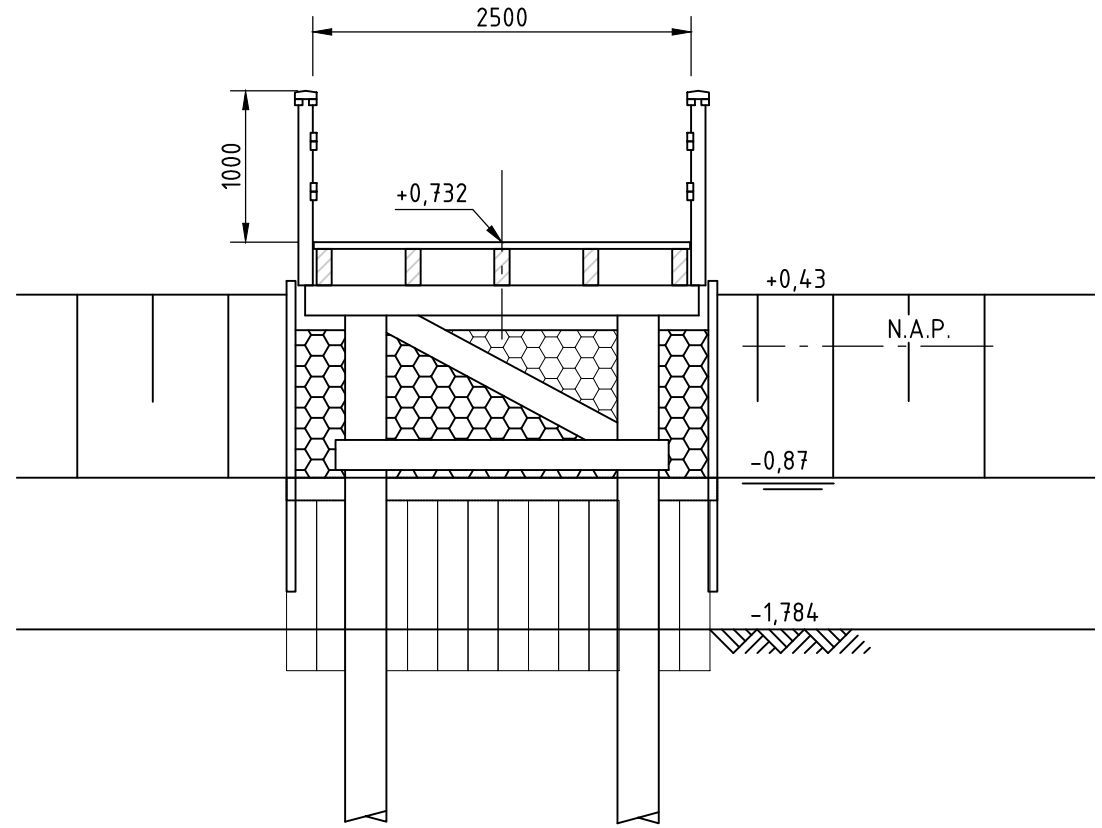
Doorsnede A-A
(variant hout)

Schaal 1 : 50



Doorsnede B (variant staal-hout)

Schaal 1 : 50



Doorsnede B (variant hout)

Schaal 1 : 50

Opmerkingen:

- Maten in mm, tenzij anders vermeld.
- Hoogtematen in m tov N.A.P. tenzij anders vermeld.

Versie	Omschrijving			
	Datum	Get.	Con.	Vrij.
Versie	Omschrijving			
Datum: 25-04-2022	Get.: R. Keulen	Con.	Vrij.	

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Noorderzijlvest

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS Design & Consultancy
for natural and built assets

Project

Contact

H. Hazelhorst

KRW maatregelen Paterswoldsemeer

Projectnummer : XC03081000299
Fase : Voorlopig ontwerp

Security Category:

Onderwerp : Ontwerp Halve Manen
Varianten

Schaal : 1:50

Bladformaat: A1

Status :

In bewerking

Tekeningnummer:

PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-VO-

Versie:



Legenda

Bestaande situatie

Verwijderen raster, ca 2 m hoog met 5 prikkeldraden

Pad van woudzand,
Breedte 1000 mm, dikte 300 mm
indien nodig bomen en struiken snoeien

Vissenbossen zie lengtedoorsnede en dwarsdoorsnede

Talud

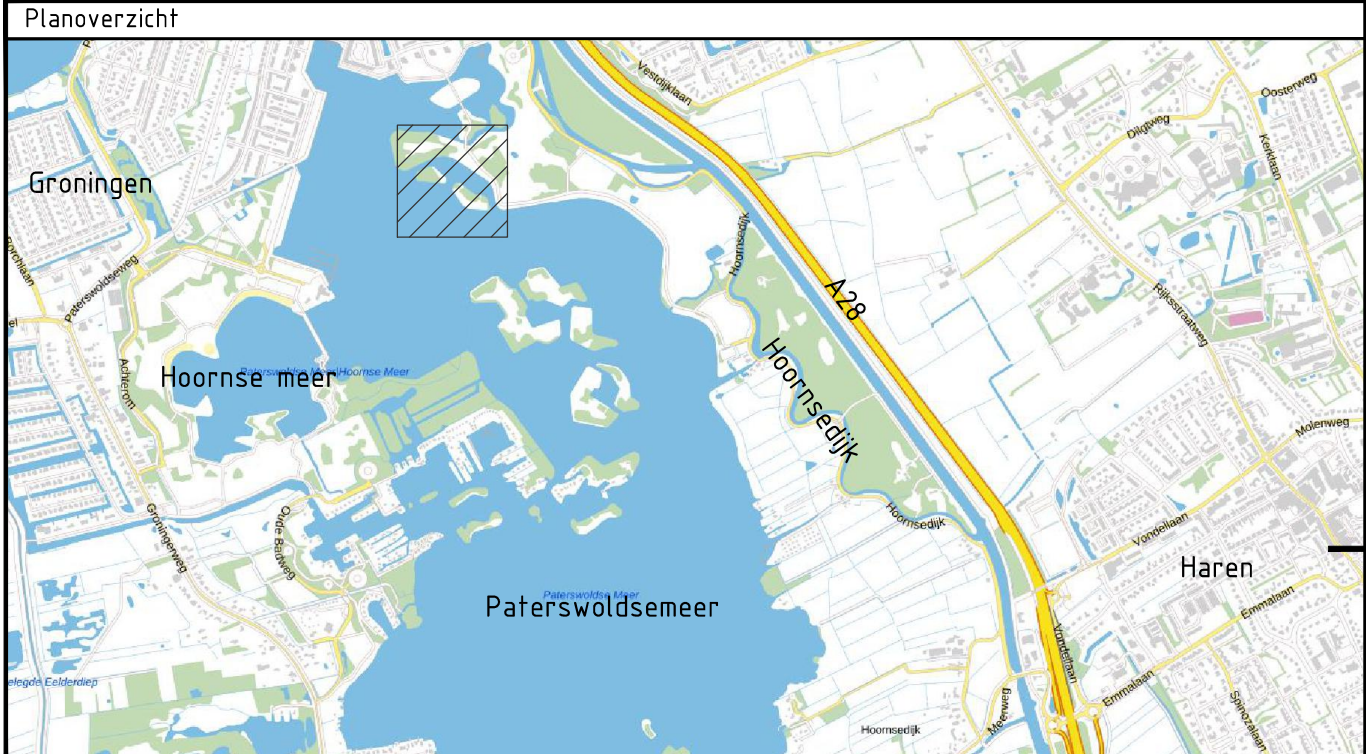
Onderhoudspad, 5 m breed
rooien en stobben verwijderen
Egaliseren en inzaaien

Handhaven boom

Te kappen boom met nummer

Aanbrengen betonnen duiker

Dwarsprofiel



Versie	Omschrijving:			
	Datum:	Get.:	Con.:	Vrij.:
Versie	Omschrijving:			
	Datum: 11-08-2022	Get.: R. Keulen	Con.:	Vrij.:

Opdrachtgever

Contact

Waterschap Noorderzijlvest

Advies- en Ingenieursorganisatie

Architect

ARCADIS

Project

Contact

H. Hazelhorst

KRW maatregelen Paterswoldsemeer

Projectnummer : XC03081000299

Fase : Definitief Ontwerp

Security Category:

Onderwerp : Ontwerp Halve Manen
Situatie

Schaal : 1:1000

Bladformaat: A2

Status : Concept

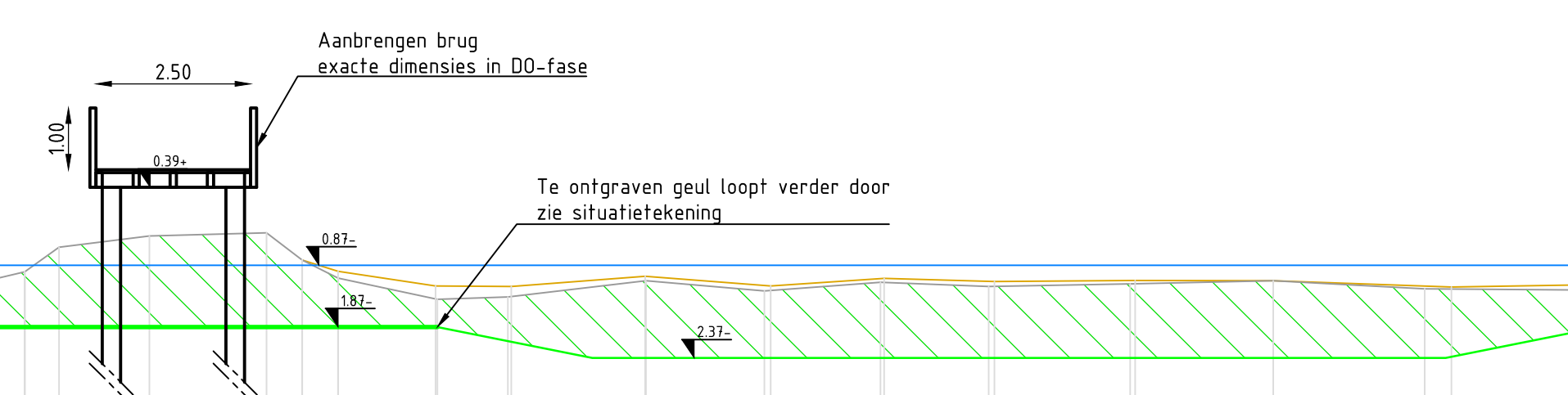
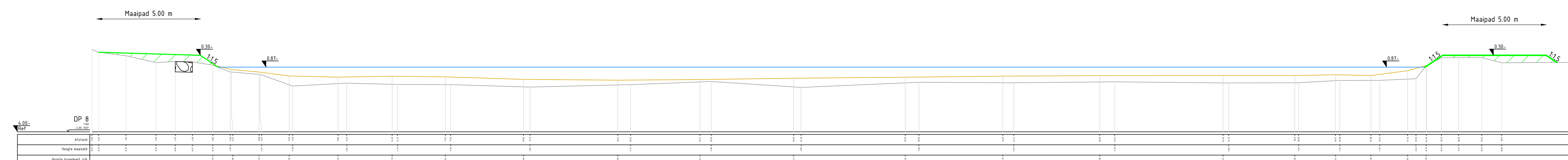
Contractnummer:

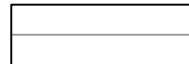
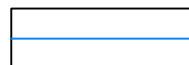
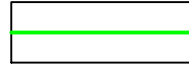
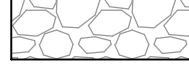
Bladnummer : 1 van 4

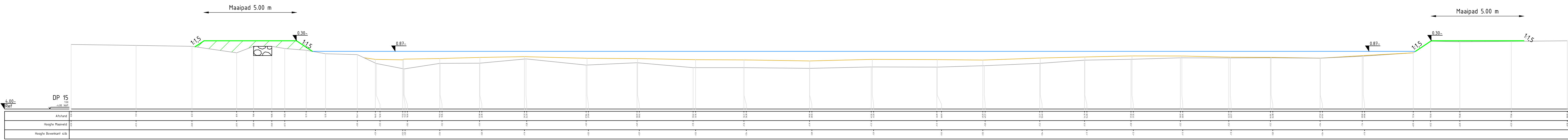
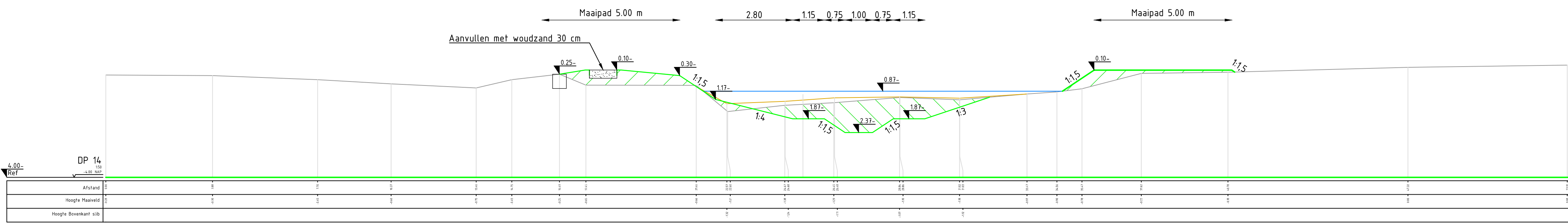
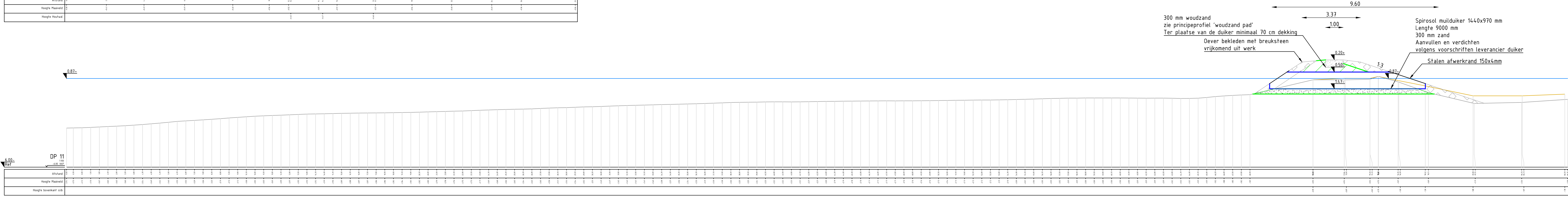
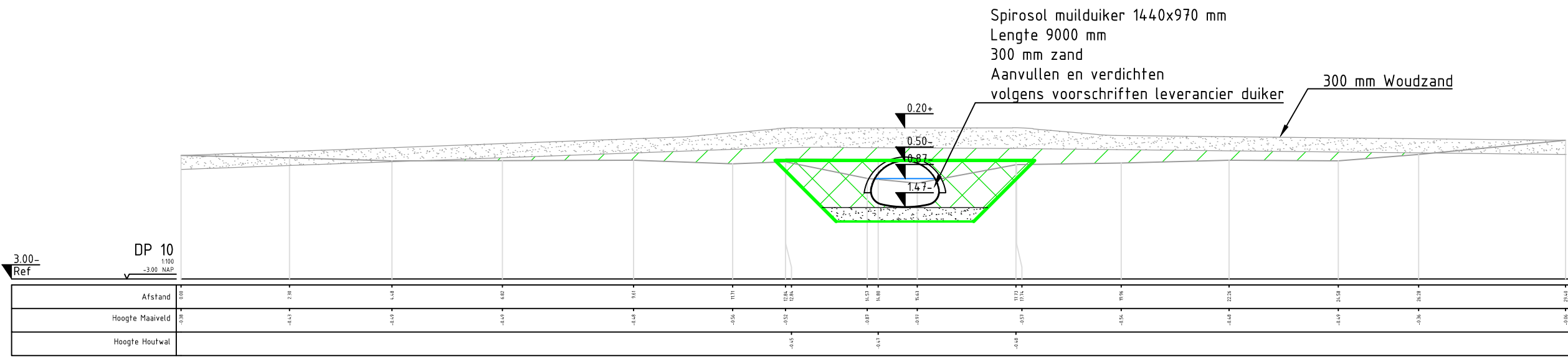
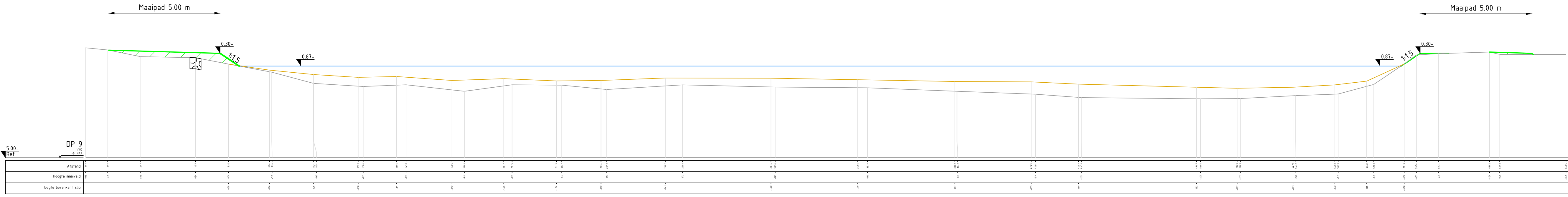
Tekeningnummer:

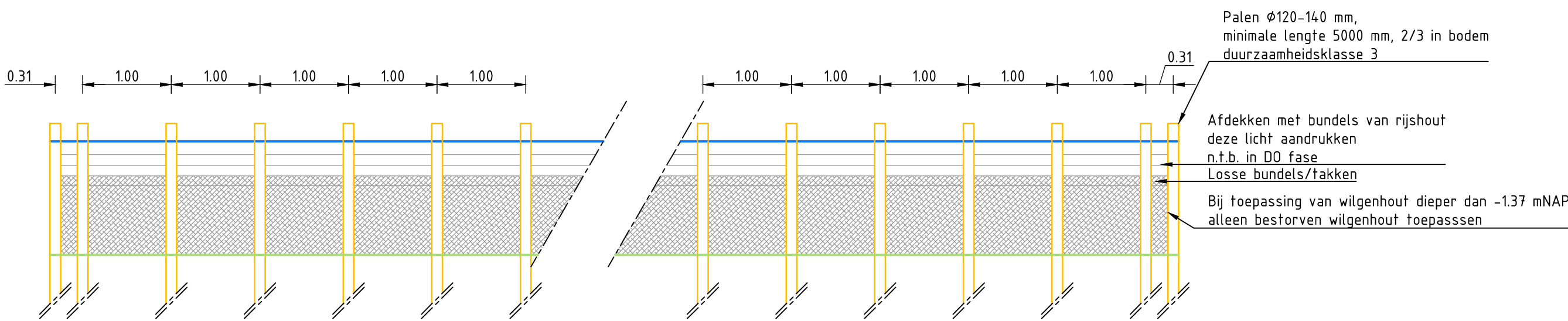
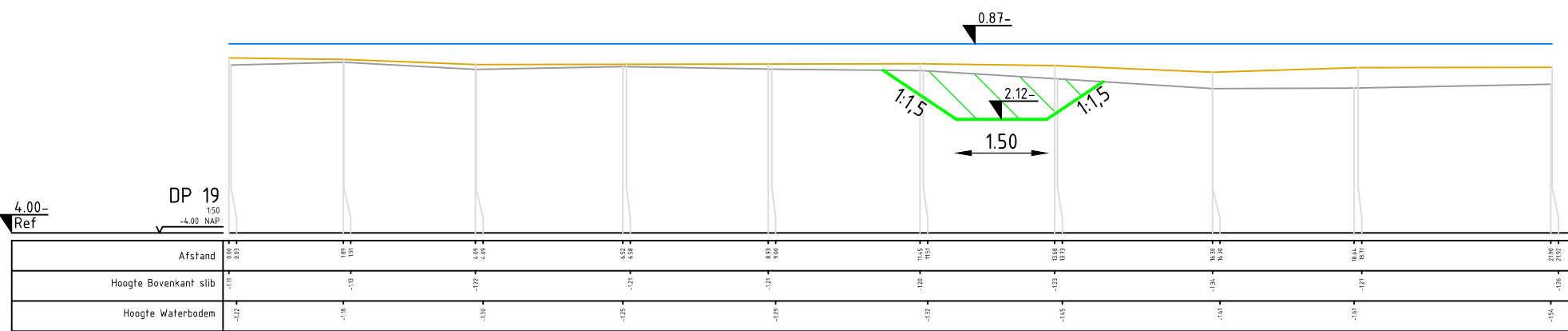
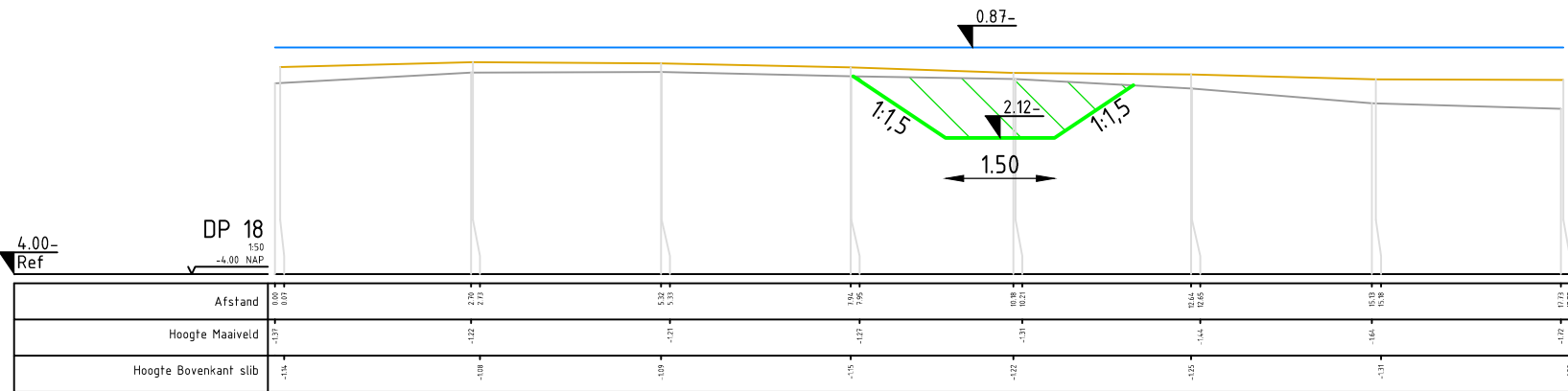
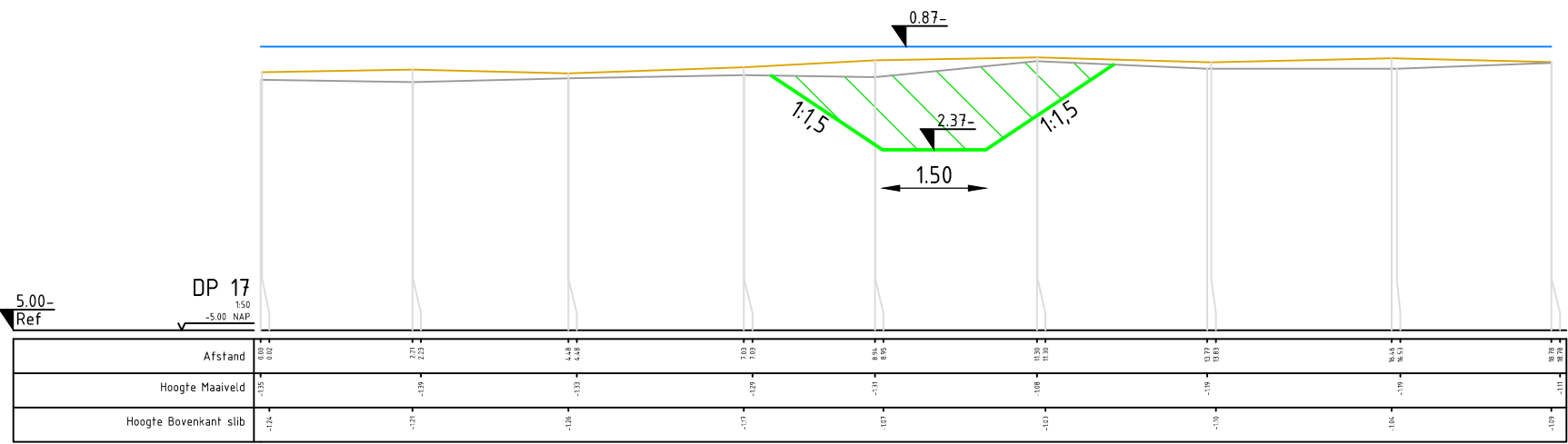
PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO-1006

Versie:



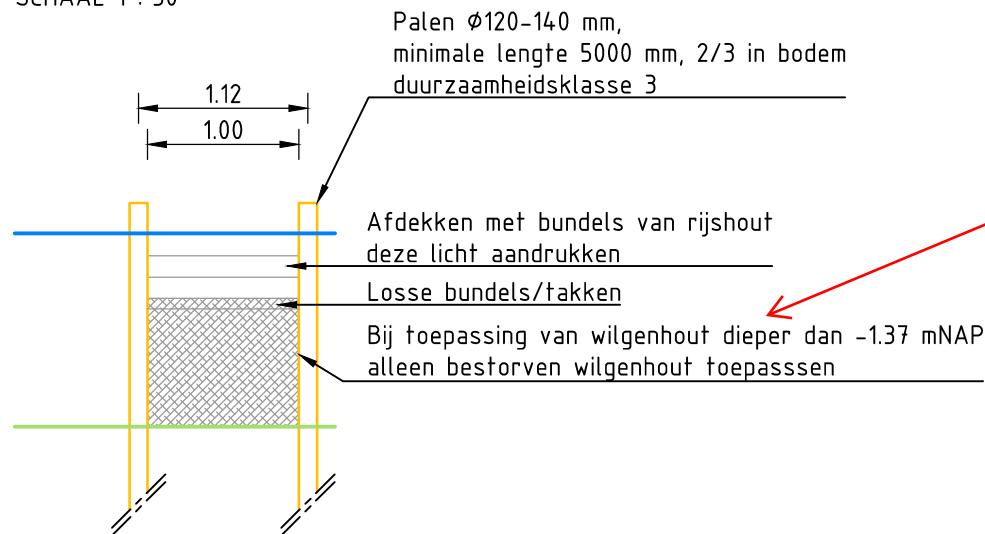
Legenda dwarsprofielen  Bestand maaiveld  Waterpeil  Grondwerklijn  Breuksteen  Aanvullen grond  Ontgraven grond  Aanbrengen woudzand							
<table border="1"> <tr> <td> Versie Omschrijving Datum Get. </td> <td> Versie Omschrijving Datum Get. </td> <td> Versie Omschrijving Datum Get. </td> <td> Versie Omschrijving Datum Get. </td> </tr> </table>				Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.
Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.	Versie Omschrijving Datum Get.				
Opdrachtgever Waterschap Noorderzijlvest		Contact _____					
Advies- en Ingenieursorganisatie 		Architect _____					
Project KRW maatregelen Paterswoldsemeer Projectnummer : XCO036100299 Fase : Definitief Ontwerp		Contact H. Hazelhout _____					
Onderwerp : Ontwerp Halve Manen Dwarsprofielen 1 t/m 8							
Tekeningnummer: PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO-1006		Status: Concept					
Versie:							





Lengteprofiel vissenbossen

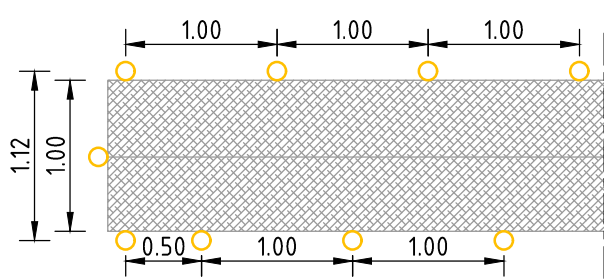
SCHAAL 1 : 50



Dwarsdoorsnede vissenbossen

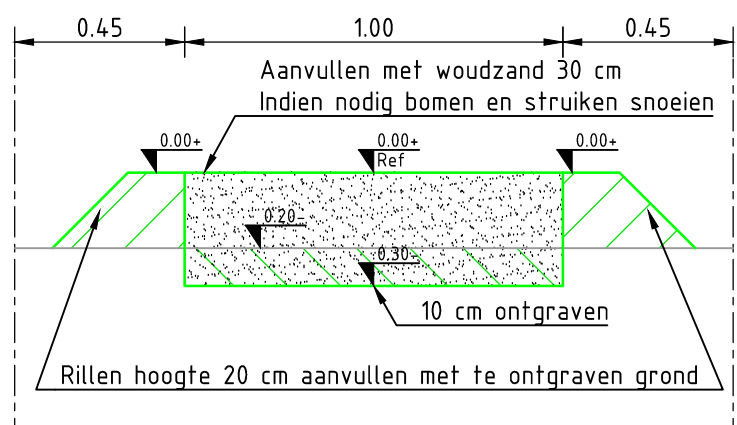
SCHAAL 1 : 50

Ondieper i.p.v. dieper



Bovenaanzicht einde vissenbossen

SCHAAL 1 : 50



Principe profiel 'woudzand pad'

SCHAAL 1 : 20

Legenda dwarsprofielen	
	Bestaand maaiveld
	Waterpeil
	Grondwerklijn
	Breuksteen
	Aanvullen grond
	Ontgraven grond
	Aanbrengen woudzand

Versie	Omschrijving	Datum	Get.	Con.	Vrij.
Versie	Omschrijving	Datum	Get.	Con.	Vrij.
		Datum 11-08-2022	Get.: R. Keulen	Con.	Vrij.

Opdrachtgever		Contact
Waterschap Noorderzijlvest		
Advies- en Ingenieursorganisatie		Architect
Project		Contact
KRW maatregelen Paterswoldsemeer		H. Hazelhorst
Projectnummer : XC03081000299		Security Category:
Fase : Definitief Ontwerp		
Onderwerp : Ontwerp Halve Manen		
Dwarsprofielen 17 t/m 19		
Details Woudzand pad en Vissenbossen		
Schaal : 1:100	Bladformaat: A1	Status : Concept
Contractnummer:	Bladnummer : 4 van 4	
Tekeningnummer:		Versie:
PTWM-ARC-SI-02-DR-CE-DO-1006		

Bijlage B – Geotechnische onderzoek



Geotechnisch onderzoek

Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te
Paterswolde

VN-81361-1 | 20 juni 2022



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



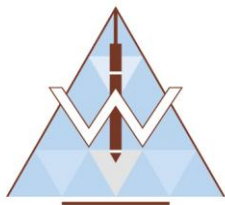
Geomonitoring



GeoICT



Advies



Onderwerp: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde
Projectnummer: VN-81361-1
Opdrachtgever: Arcadis Nederland BV
Contactpersoon: de heer H. Hazelhorst

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	20 juni 2022	

Opgesteld door:	M. Heemstra
Handtekening:	
Documentnummer:	R84127
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	R. Reker



Inhoudsopgave

blad

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding en doel.....	4
1.2	Kwaliteitswaarborging	4
1.3	Leeswijzer	4
2	Uitgevoerde werkzaamheden	5
2.1	Uitgevoerde werkzaamheden.....	5
2.2	Bijzonderheden	5
3	Toelichting werkzaamheden	6
3.1	Sonderen	6
3.2	Boren.....	6
3.3	Inmeten.....	6

Bijlagen:

1	Situatietekening inclusief coördinatenlijst (X-Y in RD, Z in N.A.P.)
2	Sondeergrafieken
3	Veldboorstaten

1 Inleiding

In opdracht van Arcadis Nederland BV te Assen heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een geotechnisch onderzoek uitgevoerd.

1.1 Aanleiding en doel

Het onderzoek is uitgevoerd ten behoeve van het ontwerp Halve Manen op het Paterswoldsemeer te Paterswolde.

1.2 Kwaliteitswaarborging

De werkzaamheden zijn verricht onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een VGM-beheersysteem VCA**. Tussen Wiertsema & Partners B.V. en de opdrachtgever is geen sprake van een relatie die de onafhankelijkheid en de integriteit zou kunnen beïnvloeden en/of haar werkzaamheden zou kunnen belemmeren. Wij willen u erop attenderen dat er geen juridische verbintenis bestaat tussen de opdrachtgever en Wiertsema & Partners B.V.

Indien de opdrachtgever een klacht heeft over de resultaten van de werkzaamheden dient deze zich in eerste instantie te wenden tot Wiertsema & Partners B.V. Zo nodig kan de opdrachtgever zich in tweede instantie wenden tot de certificatie-instelling.

1.3 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk, staat in het tweede hoofdstuk een overzicht van de uitgevoerde werkzaamheden. Tot slot wordt in hoofdstuk 3 per onderdeel een toelichting gegeven op de uitgevoerde werkzaamheden. De onderzoeksresultaten zijn opgenomen in de eerder genoemde bijlagen.



2 Uitgevoerde werkzaamheden

In dit hoofdstuk is een samenvatting gegeven van de uitgevoerde werkzaamheden. De onderzoeklocaties zijn visueel weergegeven op een situatietekening in bijlage 1.

2.1 Uitgevoerde werkzaamheden

Conform opgave zijn de volgende werkzaamheden uitgevoerd:

Veldwerkzaamheden:

- ▲ 8 Sonderingen (DKM);
- ▲ 3 Handboringen (HB).

De sondeerwerkzaamheden zijn uitgevoerd middels een minirups, vanaf een drijvend vaartuig.

De resultaten van de uitgevoerde werkzaamheden zijn terug te vinden in de bijlagen, zie inhoudsopgave.

2.2 Bijzonderheden

De sonderingen zijn vroegtijdig gestaakt. Dit in verband met het bereiken van de maximale wegdrukkracht van de sondeerunit.

3 Toelichting werkzaamheden

In dit hoofdstuk is per onderdeel een toelichting gegeven op de uitgevoerde werkzaamheden.

3.1 Sonderen

De sonderingen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22476-1:2012, inclusief correctieblad C1:2013. Het gebruikte conustype, de toepassingsklasse en de eventueel uitgevoerde voorboring staan weergegeven op de sondeergrafiek. Meer informatie over de gebruikte sondeertechniek vindt u op onze website: [Toelichting sondeerwerkzaamheden](#).

3.2 Boren

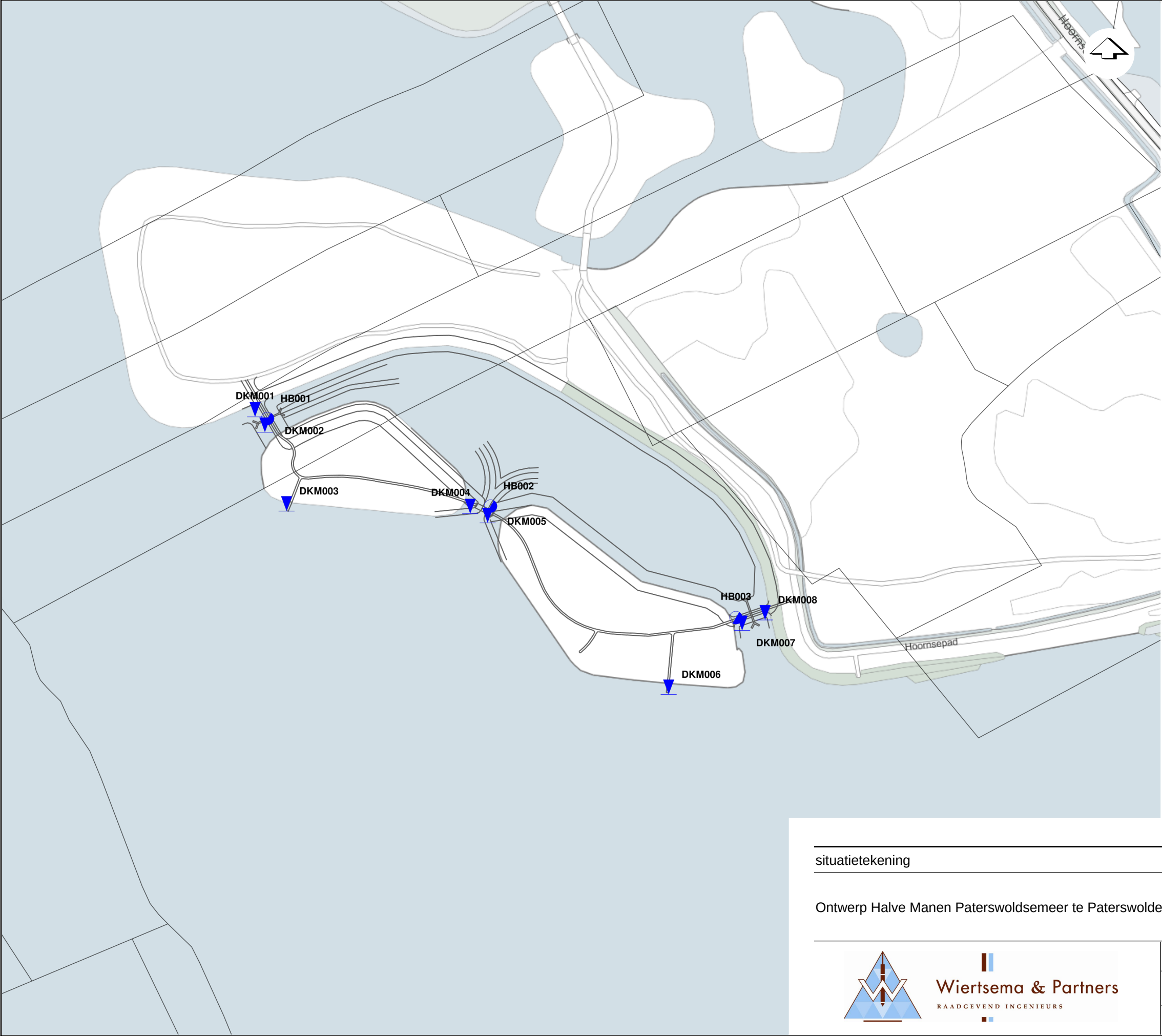
De boringen zijn uitgevoerd conform NEN-EN-ISO 22475-1:2006 + C11:2010. Het opgeboorde materiaal is beschreven conform de NEN-EN-ISO 14688-1:2019 + NEN 8990:2020 als klasse B3, welke bedoeld is voor boringen t.b.v. verkennend onderzoek. De beschrijving heeft plaats gevonden o.b.v. de grondmonster kwaliteitsklasse QM5. Meer informatie over de gebruikte boortechniek en beschrijfwijze vindt u op onze website: [Toelichting boorwerkzaamheden](#).

3.3 Inmeten

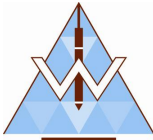
Met behulp van een 06-GPS meetsysteem zijn van elk onderzoekspunt de Rijksdriehoekscoördinaten (nauwkeurigheid 0,5 m) en de hoogte ten opzichte van N.A.P bepaald (nauwkeurigheid 0,05 m). De coördinaten en de hoogte staan vermeld op de boorstaten en sondeergrafieken. Alle gegevens van de inmetingen genoemd in deze rapportage zijn een momentopname en alleen te gebruiken voor het grondonderzoek.



Bijlage 1



Type	Uitvoering		
 DKM (Kleefmeting)	Uitgevoerd door W&P		
 HB (Handboring 14688)	Uitgevoerd door W&P		
Naam	X [m]	Y [m]	Z [m NAP]
DKM001	233406.8	578005.5	-2.08
DKM002	233411.9	577997.6	-2.08
DKM003	233423.0	577956.9	-1.78
DKM004	233517.9	577955.6	-1.78
DKM005	233526.8	577950.8	-1.83
DKM006	233620.4	577862.2	-1.83
DKM007	233658.4	577895.2	-1.98
DKM008	233670.2	577900.7	-1.73
HB001	233413.2	578004.7	-0.43
HB002	233528.3	577959.5	-0.32
HB003	233655.1	577901.9	-0.48

situatietekening		Datum: 20.06.22	Gew:
Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde		Getekend: MHEE	Gew:
		Schaal: 1:2000	Gew:
		Formaat: A3	Gew:
Blad: 1 van 1		Opdracht: VN-81361-1	
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS			

Bijlage 2

Klasse: 3

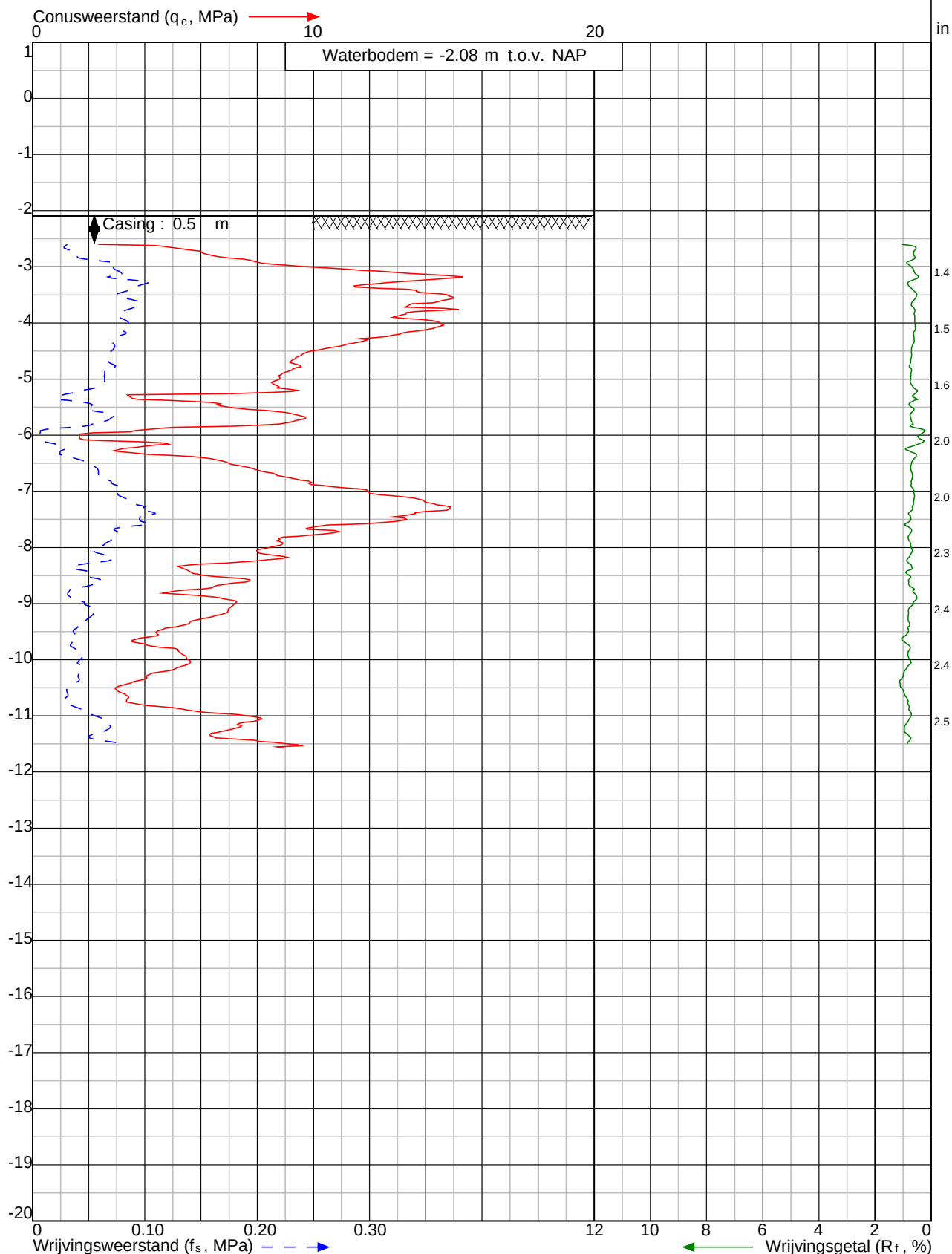
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM001



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233406.8

y = 578005.5

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 15-6-2022



Klasse: 3

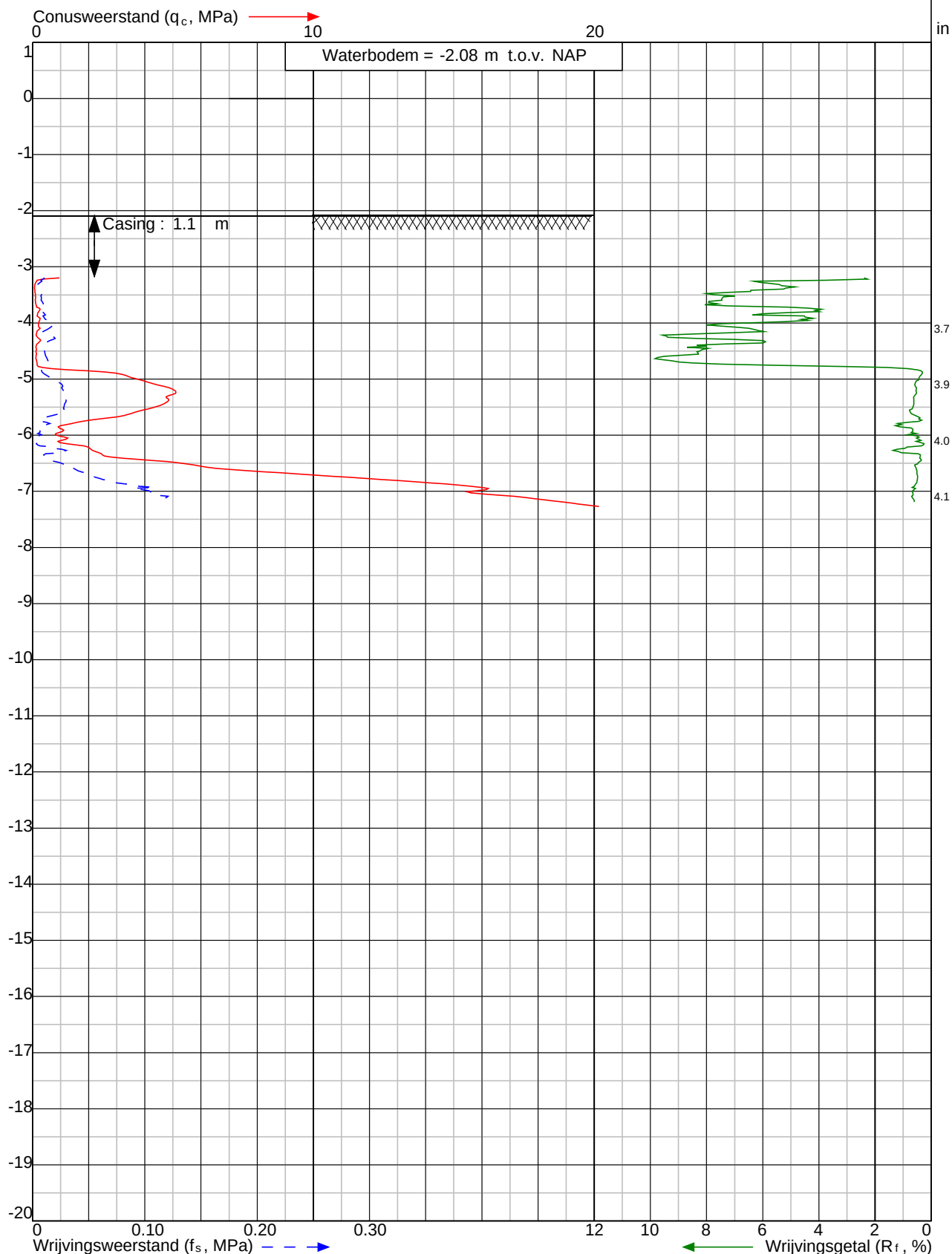
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM002



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233411.9

y = 577997.6

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 14-6-2022



Klasse: 3

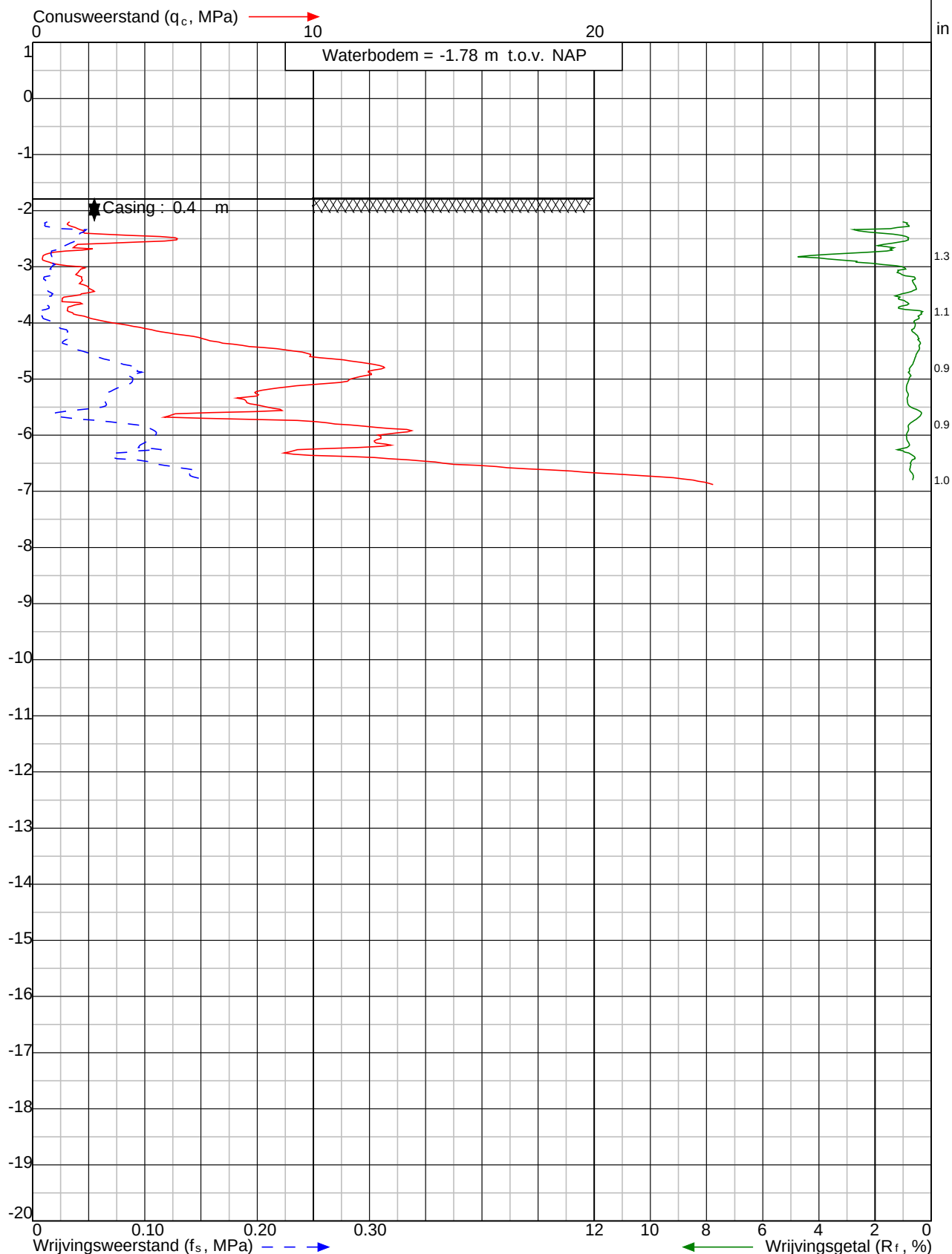
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM003



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233423.0

y = 577956.9

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 14-6-2022



Klasse: 3

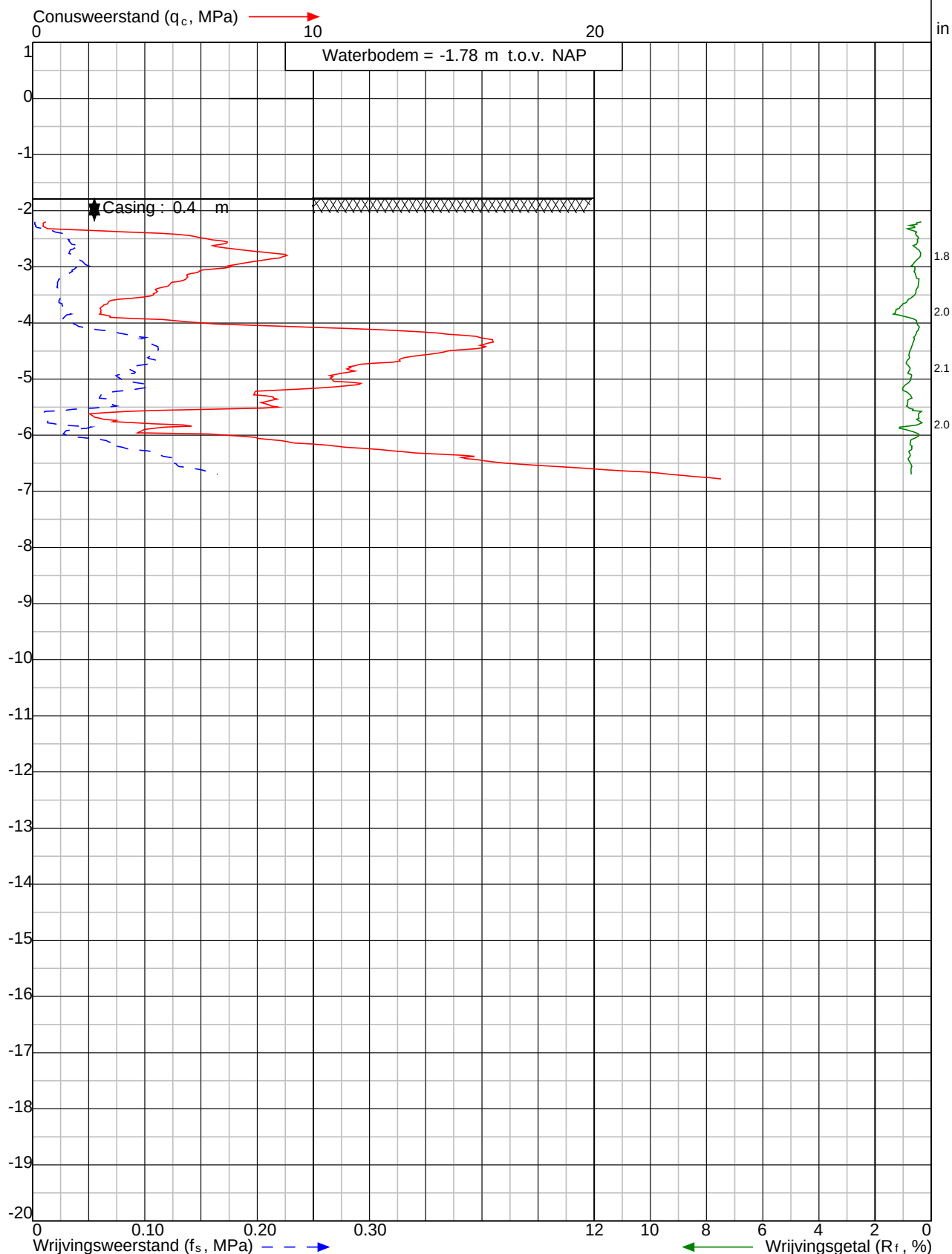
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM004



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233517.9

y = 577955.6

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 14-6-2022



Klasse: 3

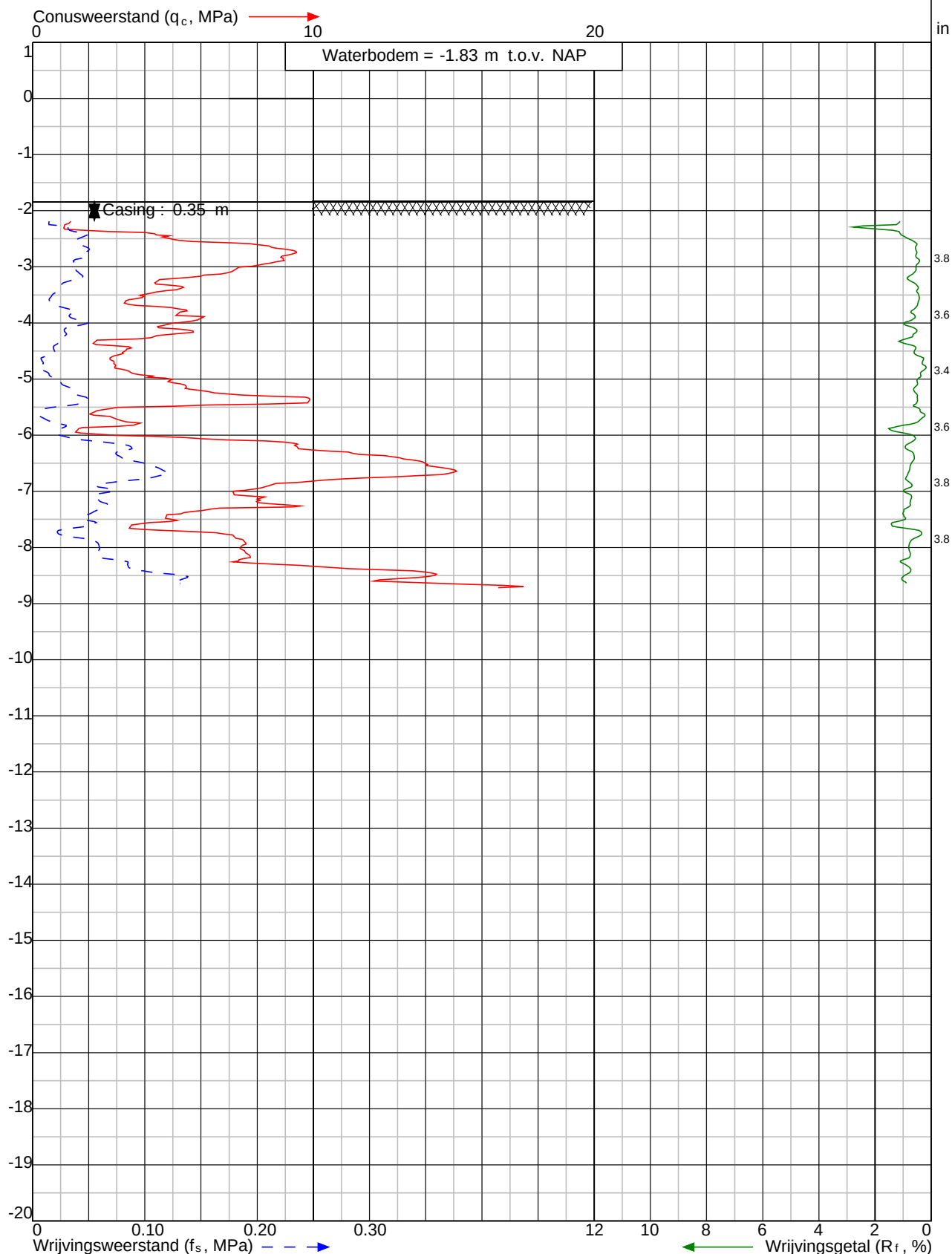
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM005



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233526.8

y = 577950.8

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 14-6-2022



Klasse: 3

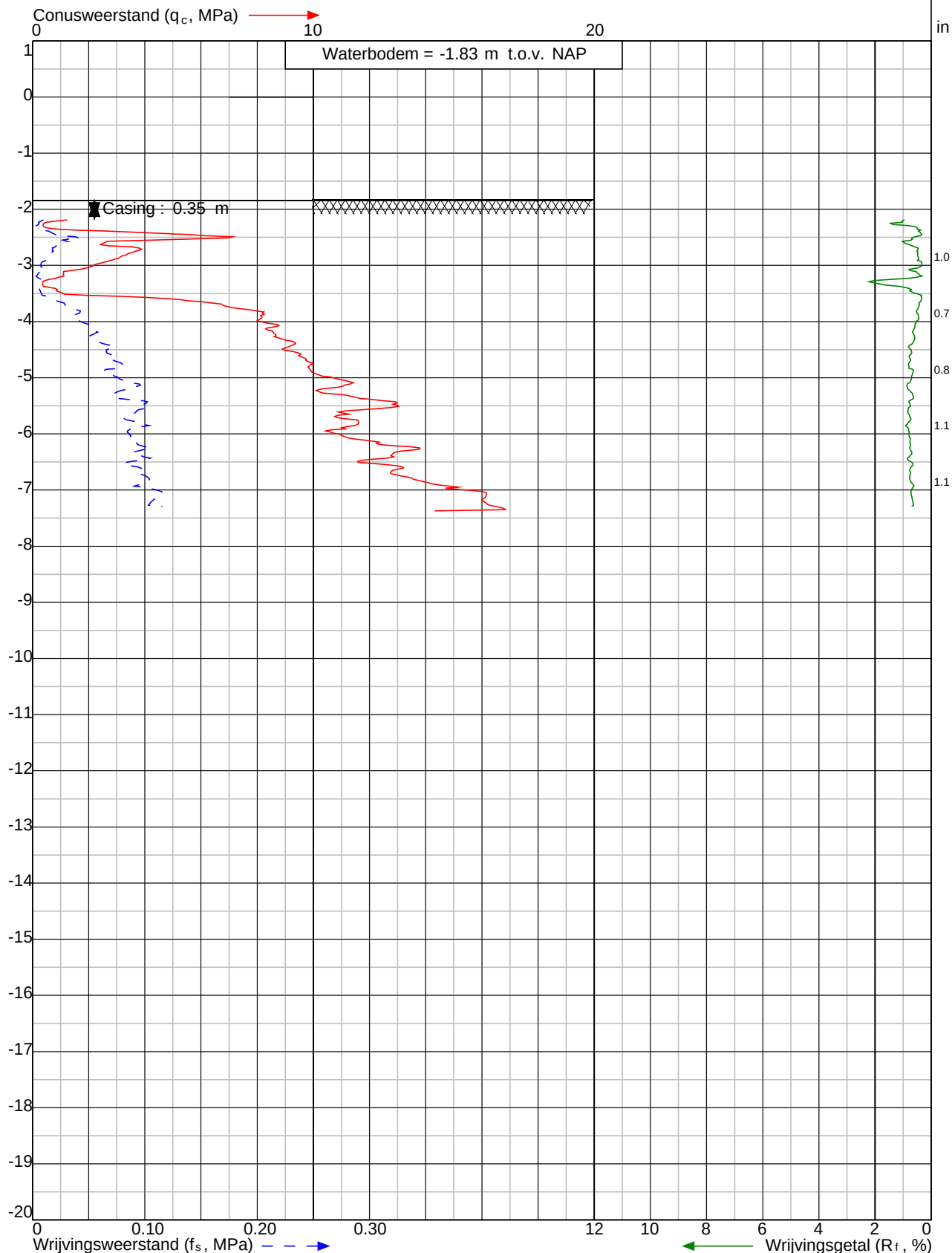
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM006



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233620.4

y = 577862.2

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 14-6-2022



Klasse: 3

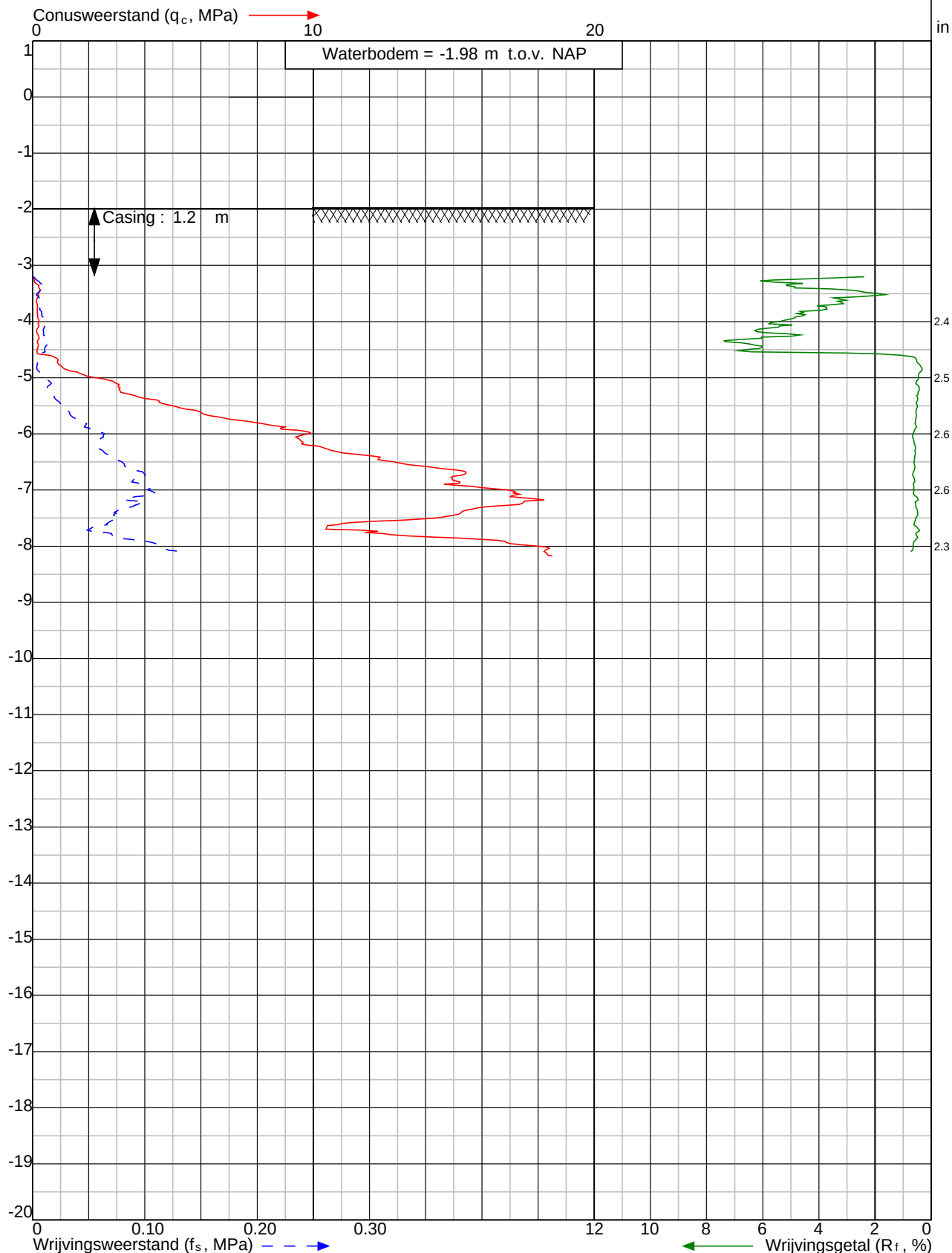
Sondering volgens norm NEN-EN-ISO 22476-1

Conustype: cilindrisch elektrisch I-CFXYP20-5

Conusserienummer: 200842

: Afwijking van de verticaal

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM007



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233658.4

y = 577895.2

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

Datum: 15-6-2022



Klasse: 3

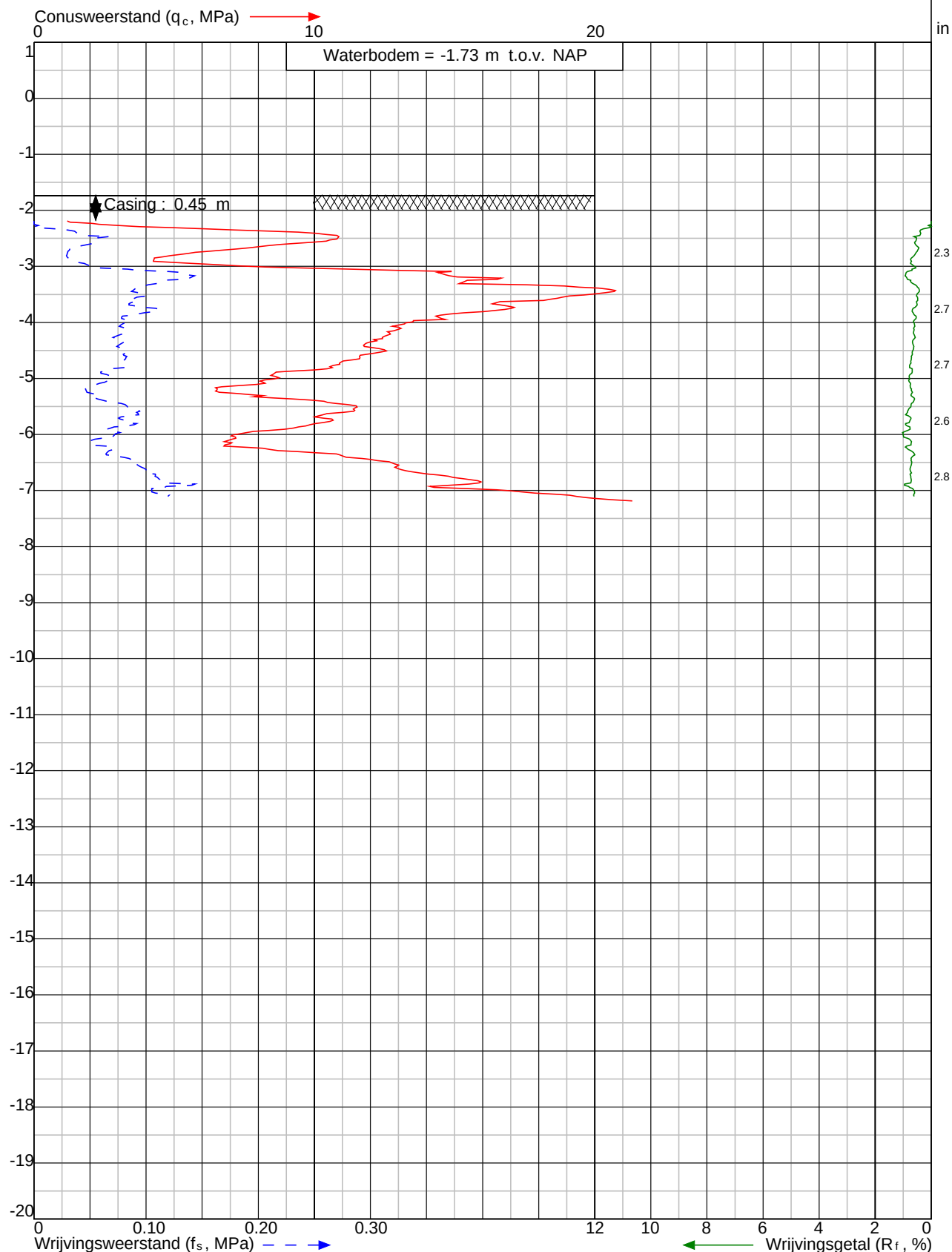
Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Conusweerstand (q_c, MPa)

Diepte in meters ten opzichte van NAP

Diepte in meters ten opzichte van NAP



Project: Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer
te Paterswolde

Sondering:
DKM008



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

x = 233670.3

y = 577900.7

Blad: 1 van 1

Opdr.nr: VN-81361-1

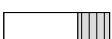
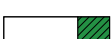
Datum: 15-6-2022



Bijlage 3



KEIEN / KEITJES / OVERIGE*

	KEIEN
	KEIEN, met grind
	KEIEN, met zand
	KEIEN, met silt
	KEIEN, met klei
	* Overige niet binnen NEN-EN-ISO-14688-1 onderscheiden hoofdgrondsoorten

GRIND

	GRIND
	GRIND met keien
	GRIND, zwak zandig
	GRIND, sterk zandig
	GRIND, siltig
	GRIND, kleilig

MONSTERNAME

	Geroerd monster
	Ongeroerd monster

PEILBUIZEN

	Blinde buis / stijgbuis
	Filter

AFKORTINGEN

MB	= Mechanische boring
HB of HBS	= Handboring
PB	= Peilbuis / Piezometer
GWS	= Grondwaterstand
GHG	= Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand
GLG	= Gemiddeld Laagste Grondwaterstand
EC	= Elektrische geleidbaarheid

ZAND

	ZAND
	ZAND, met keien
	ZAND, zwak grindig
	ZAND, sterk grindig
	ZAND, siltig
	ZAND, kleilig

SILT

	SILT
	SILT, met keien
	SILT, zwak grindig
	SILT, sterk grindig
	SILT, zwak zandig
	SILT, sterk zandig

AANVULLINGEN

	Grind
	Zand
	Klei / Bentoniet
	Uitkomende grond
	Wegverhardingsmateriaal
	Grout

KLEI

	KLEI
	KLEI, met keien
	KLEI, zwak grindig
	KLEI, sterk grindig
	KLEI, zwak zandig
	KLEI, sterk zandig

VEEN (HUMUS, DETRITUS)

	VEEN
	VEEN, zwak zandig
	VEEN, sterk zandig
	VEEN, siltig
	VEEN, kleilig

GEOHYDROLOGISCHE GEGEVENS

	Actuele grondwaterstand direct na boren bepaald
	Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG)
	Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG)

ORGANISCH STOF GEHALTE

	Organische stof niet vastgesteld conform norm
	Niet organisch
	Zwak organisch
	Sterk organisch

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)

Arcadis Nederland BV, Assen

Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde

Legenda boorbeschrijving

Opdrachtnr.: VN-81361-1



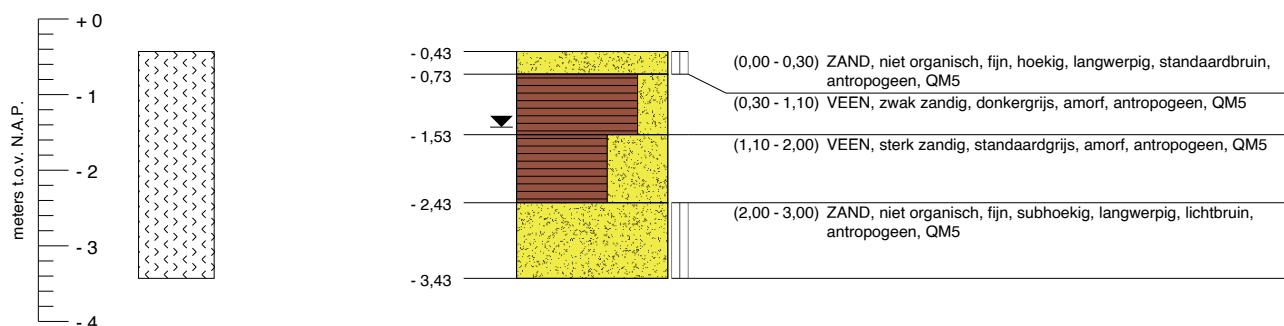
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS



Veldboorbeschrijving (klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



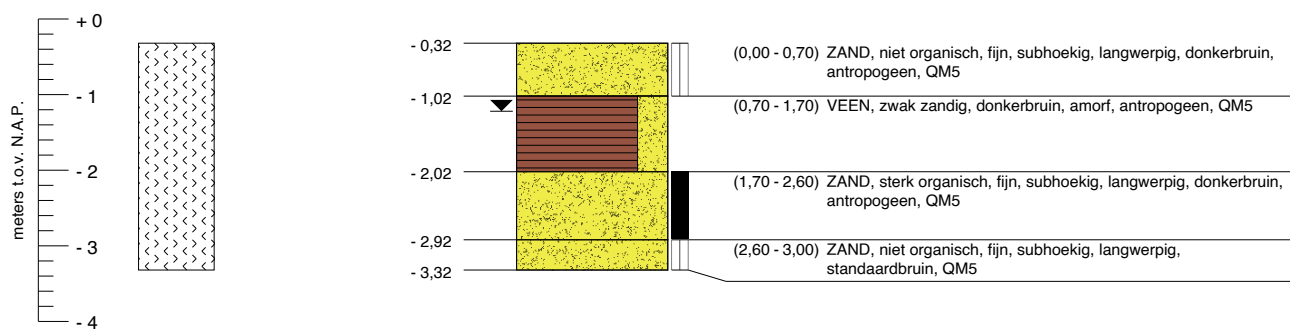
GWS HB001 d.d. (14-06-2022) : t.o.v. N.A.P. - 1,43 m t.o.v. maaiveld - 1,00 m
 G.H.G. HB001 d.d. (14-06-2022) : niet waargenomen
 G.L.G. HB001 d.d. (14-06-2022) : niet waargenomen

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)	RD coördinaten	Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde	
Arcadis Nederland BV, Assen	X = 233413,2		
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 578004,7		
	Uitgevoerd: 14-06-2022	Oprachtnr.: VN-81361-1	
	Blad 1 van 1	Boornr (W&P): HB001	

Veldboorbeschrijving (klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



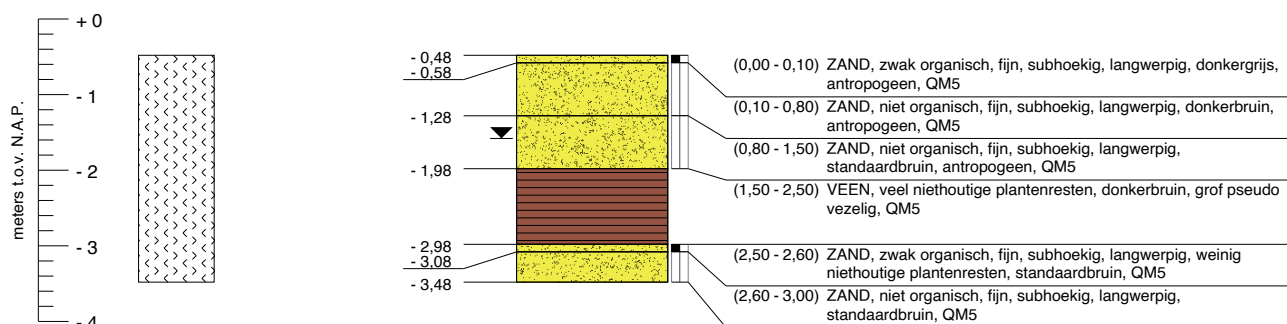
GWS HB002 d.d. (15-06-2022) : t.o.v. N.A.P. - 1,22 m t.o.v. maaiveld - 0,90 m
 G.H.G. HB002 d.d. (15-06-2022) : niet waargenomen
 G.L.G. HB002 d.d. (15-06-2022) : niet waargenomen

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)	RD coördinaten	Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde	
Arcadis Nederland BV, Assen	X = 233528,3		
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 577959,5		
	Uitgevoerd: 15-06-2022	Opdrachtnr.: VN-81361-1	
	Blad 1 van 1	Boornr (W&P): HB002	

Veldboorbeschrijving (klasse 2)

Maatvoering in meters t.o.v. N.A.P.

Maatvoering in meters t.o.v. maaiveld



	t.o.v. N.A.P.	t.o.v. maaiveld
GWS HB003 d.d. (15-06-2022) :	- 1,58 m	- 1,10 m
G.H.G. HB003 d.d. (15-06-2022) :	niet waargenomen	
G.L.G. HB003 d.d. (15-06-2022) :	niet waargenomen	

Geotechnisch onderzoek (Boorbeschrijving conform NEN-EN-ISO-14688)	RD coördinaten	Ontwerp Halve Manen Paterswoldsemeer te Paterswolde	
Arcadis Nederland BV, Assen	X = 233655,1		
 Wiertsema & Partners RAADGEVEND INGENIEURS	Y = 577901,9		
	Uitgevoerd: 15-06-2022	Oprachtnr.: VN-81361-1	
	Blad 1 van 1	Boornr (W&P): HB003	

Bijlage C – Berekening brug

Berekening fiets-voetgangersbruggen bruggen met stalen liggers

Opdrachtgever :	Waterschap Noorderzijlvest	Datum :	27-9-2022
Projectomschrijving :	KRW Maatregelen Paterswoldsemeer		
Onderdeel :	Brug Halve Manen		
Projectleider :	Henk Hazelhorst		
Constructeur :	Erik Hooijschuur		
Projectnummer :	-	blad	1

Gegevens

Overspanning liggers

breedte brug tussen de leuning(en)(mm)

afstand binnenzijde leuning tot buitenzijde randligger

Aantal liggers

10 m. Dit is ook L_{gaffel}

2,45 m

0 mm

5 stuks

Gekozen stalen ligger

HEA240

Gekozen staalkwaliteit

EN 10025-2: S355

b bij HE-profiel

240 mm

h.o.h. =

553 mm

gewicht ligger

60,3 kg/m

Keuze dek

houten dek

Staalsoort

liggertype

houtsoort

dikte

45 mm

EN 10025-2: S235

HEA220

D50

Soortelijk gewicht

11,0 kN/m³

EN 10025-2: S275

HEA240

D60

plankbreedte

195 mm

EN 10025-2: S355

HEA260

D70

h.o.h. planken

200 mm

EN 10025-2: S450

HEA280

Fiberline

Extra rustend op het dek

0,1 kN/m²

Opm: Houten planken worden nooit tegen elkaar geplaatst i.v.m. vocht

n.v.t.

Belastingkeuze

Bij fietsbruggen is er sprake van de volgende belastingen overeenkomstig de Eurocode:

1) Gelijkmatic verdeelde belasting

2) Geconcentreerde belasting

3) Dienstvoertuig

4) Buitengewone aanwezigheid van voertuigen op de brug

Fiberline: HD 500 x 40

Fiberline: MD 500 x 40

Fiberline: LD 500 x 40

Bijl: 500 x 55

Bijl: 500 x 40

Onderstaand zijn de waarden aangegeven zoals deze in de Eurocode staan aangegeven.

In de naastliggende blauwe vakjes moeten de waarden worden opgegeven waarmee gerekend moet worden. Op deze manier kan de opdrachtgever eigen waarden invoeren

De opdrachtgever kan de wielen en assen niet op een andere locatie plaatsen en ook de combinaties kunnen niet worden gewijzigd

Gevolgklasse brug

CC1	~
CC2	
CC3	~

Fiets-voetgangerbruggen waarbij minder dan 5 zware lasten per dag per rijstrook

op de brug voorkomen kunnen worden ingedeeld in gevolgklasse CC1.

Resterende fiets, voetgangerbruggen kunnen worden ingedeeld in CC2.

Het is verstandig om de brug in eerste instantie te berekenen in de opgegeven gevolgklasse. Na uitvoering van de berekening kan bij gelijkblijvend dek en liggers een hogere gevolgklasse worden aangeklikt en kan worden bekeken of het dek en de liggers blijven voldoen. Er zit in de meeste gevallen reserve in de berekende onderdelen en de invloed van de gevolgklasse is gering

Ontwerp levensduur van de brug

50 jr

Aanpassing op karakteristieke belasting

$$\psi = \{ \text{LN}(n_{\text{obs}}t) / \text{LN}(n_{\text{obs}}T) \}^{0,45}$$

$n_{\text{obs}} =$

100

0 vrachtwagens per dag per rijstrook

$t =$

50

$T =$

100

$$\psi_{\text{levensduurcorrectie}} = \{ \text{LN}(n_{\text{obs}}t) / \text{LN}(n_{\text{obs}}T) \}^{0,45}$$

1,00

LET OP ALLE KARAKTERISTIEKE WAARDEN ZIJN VERMENIGVULDIGD MET $\psi_{\text{levensduurcorrectie}}$

Maxiaal toelaatbare verplaatsingen

Dekdelen

Alleen grenswaarde voor de bijkomende doorbuiging van L/

333

Brugliggers (eigen frequentie gelijk of groter dan 5 Hz)

Grenswaarde voor de bijkomende doorbuiging van L/

333

Grenswaarde voor de totale doorbuiging van L/

250

NEN-EN 1990 A2.4.4.2.4. NB

OP DIT BLAD WORDEN DE BELASTINGEN OVEREENKOMSTIG DE EUROCODE AANGEGEVEN. INDIEN DE OPDRACHT-
GEVER. AANPASSINGEN WIL T.O.V. DE EUROCODE, DAN IS DIT MOGELIJK. DE IN DE GROENDE CELLEN
AANGEGEVEN WAARDEN WORDEN NAMELIJK DOORGEREKEND. DEZE KUNNEN WORDEN AANGEPAST

1) Gelijmatig verdeelde belasting

$q_{f,k} =$ 5,00 kN/m²

Is deze van toepassing verklaard ? Ja

Indien $L > 10$ m geldt: $q_{f,k} = 2 + 120/(L+30)$, met $2,5 \leq q_{f,k} \leq 5,00$

$L =$ 10 m

$q_{f,k} =$ 5,00 kN/m²

Maatgevend $\psi_{levensduurcorrectie} \times q_{f,k} =$ 5,00 kN/m²

2) Geconcentreerde belasting

$Q_{fvd} = (\psi_{levensduurcorrectie} \times 7)$ 7,00 kN

aangrijpen op

$B_{wiel} =$ 0,1 m

$L_{wiel} =$ 0,1 m

Invoer belasting

5,00 kN/m²

Is deze van toepassing verklaard ? Ja

7,00 kN

0,10 m

0,10 m

3) Dienstvoertuig

2 assen met een aslast van 25,00 kN

h.o.h. assen = 3 m

spoorbreedte wielen 1,75 m

$B_{wiel} =$ 0,25 m

$L_{wiel} =$ 0,25 m

Is deze van toepassing verklaard ? Ja

25,0 kN

3,0 m

1,75 m

0,25 m

0,25 m

4) Buitengewone aanwezigheid van voertuigen

2 assen met een aslast van

voorste as $\psi_{levensduurcorrectie} \times Q_{sv1} =$ 80,00 kN

achterste as $Q_{sv2} =$ 40,00 kN

h.o.h. assen = 3 m

spoorbreedte wielen 1,75 m

$B_{wiel} =$ 0,2 m

$L_{wiel} =$ 0,2 m

Is deze van toepassing verklaard ? Ja

80,0 kN

40,0 kN

3 m

1,75 m

0,20 m

0,20 m

Berekening momenten en verplaatsing in de dekplanken

$E_{dek;G,qfk,Qfvd,Qserv} =$	10769 N/mm ²	D70
$EI_{dek;G,qfk,Qfvd,Qserv} =$	1,59E+10 Nmm ²	

$E_{dek;buitengewoon\ voertuig} =$	18000 N/mm ²	D70
$EI_{dek;buitengewoon\ voertuig} =$	2,67E+10 Nmm ²	

(0) Eigen gewicht dek

Eigen gewicht dek $p_g =$

dik	45 mm
Soortelijk gewicht	10,8 kN/m ³
$p_g = h/1000 \times \text{soort. gew.}$	0,49 kN/m ²
$b_{plank} =$	195 mm
$p_{g,rep}$ per plank =	0,095 kN/m ¹

$L_t =$ lengte tussen de flenzen + $h_{dekdeel}$

H.o.h. liggers =	0,55 m
$b_{flens} =$	0,24 m
lengte tussen de flenzen=	0,31 m
$L_t =$	0,36 m
$R_{a,d} = V_d =$	16,940 N/plank
$M_{g,rep} = 1/8 \times p_{g,rep} \times L_t^2$	1514 Nmm/plank

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{Q \cdot l^3}{EI} \text{ bij } x = \frac{l}{2}$$

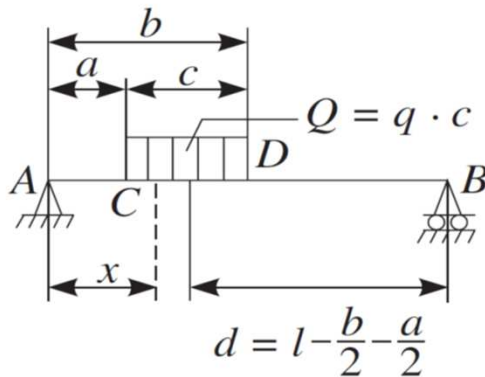
Maximale verplaatsing	0,0 mm
-----------------------	--------

(1) Gelijkmatisch verdeelde belasting

$q_{fk} =$	5,00 kN/m ²
h.o.h. planken =	0,2 m
$p_{q,rep} =$ (per plank)	1,00 kN/m ¹
$L_t =$	0,36
$R_{a,qfk} = V_{a,qfk} =$	179 N/plank
$M_{q,fk;rep} = 1/8 \times p_{g;rep} \times L_t^2$	15976 Nmm/plank

Maximale verplaatsing 0,0 mm

Op de volgende bladen is de krachtsverdeling en de verplaatsing bepaald van de bloklasten afkomstig van de geconcentreerde belasting, Dienstvoertuig en de buitengewone aanwezigheid van voertuigen al naar gelang deze door de opdrachtgever van toepassing zijn verklaard. De berekening is uitgevoerd met de volgende formules



$$f = \frac{1}{48EI} \left\{ 8R_A(x^3 - l^2x) + \right. \\ \left. + Q \cdot x \left(\frac{8d^3}{l} - \frac{2bc^2}{l} + \frac{c^3}{l} + 2c^2 \right) + \right. \\ \left. - 2Q \frac{(x-a)^4}{c} \right\} \\ \text{van } C \text{ tot } D$$

$$M_{\max} = Q \cdot \frac{d}{l} \left(a + \frac{c \cdot d}{2l} \right)$$

2) Geconcentreerde belasting

$Q_{fvd} =$	7,00 kN
aangrijpen op	
$B_{wiel} =$	100 mm
$L_{wiel} =$	0,10 m
$h_{dek} =$	45 mm
h.o.h. _{plank} =	0,2 m
aantal werkende planken	0,5
spreiding last over	1,0 planken
$L_t =$	358 mm
$Q =$	7000 N per plank
$q_{fvd} =$	48 N/mm
$L =$	358 mm
$a =$	106 mm
$b =$	251 mm
$c = B_{wiel} + \frac{1}{2}h_{dek} + \frac{1}{2}h_{dek} =$	145 mm
$d =$	178,8 mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	5580 N/plank
$M_{max;Qfvd} =$	498750 Nmm
$M_{max;Qfvd} =$	498750 Nmm
Verplaatsing =	0,4 mm

$E =$	10769	dek
$EI =$	1,59E+10	normale belasting
$R_a =$	3500	
$x =$	178,75	
$x^3 =$	5711341,797	
$1/48EI$	1,30642E-12	
$8R_a (x^3 - l^2x)$	-4,79753E+11	
$Qx(8d^3/L - 2bc^2/L + c^3/L + 2c^2)$	1,86225E+11	
$2Q(x-a)^4/c$	2667546875	
verplaatsing=	0,39	mm
ALS $a < -0$ dan $5qL^4/(384EI)$	0,64	mm
Dwarskracht		
a_{rechts} indien $c \leq L$	213	mm
$a_{rechts} + \frac{1}{2}c =$	285	mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	5580	N per plank
a_{rechts} indien $c > L$	NVT	mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	8629	N per plank

3) Dienstvoertuig

$Q_{serv} =$	12,50 kN
aangrijpen op	
$B_{wiel} =$	250 mm
$L_{wiel} =$	0,25 m
$h_{dek} =$	45 mm
$h.o.h_{plank} =$	0,2 m
aantal werkende planken	1,3
spreadig last over	2,0 planken
$L_t =$	358 mm
$Q =$	6250 N
$q_{serv} =$	21 N/mm
$L =$	358 mm
$a =$	31 mm
$b =$	326 mm
$c = B_{wiel} + \frac{1}{2}h_{dek} + \frac{1}{2}h_{dek} =$	295 mm
$d =$	178,8 mm
$R_{A;Qserv} = V_{A;Qserv} =$	3671 N/plank
$M_{max;Qserv} =$	328125 Nmm
$M_{max;Qserv} =$	328125 Nmm per plank
Verplaatsing =	0,27 mm

$E =$	10769 normale belasting
$EI =$	15946875000
$R_a =$	3125
$x =$	178,75
$x^3 =$	5711341,797
$1/48EI$	1,30642E-12
$8R_a (x^3 - l^2x)$	-4,28351E+11
$Qx(8d^3/L - 2bc^2/L + c^3/L + 2c^2)$	2,40007E+11
$2Q(x-a)^4/c$	20056542969
verplaatsing=	0,27 mm
ALS $a < -0$ dan $5qL^4/(384EI)$	0,28 mm
Dwarskracht	
a_{rechts} indien $c \leq L$	63 mm
$a_{rechts} + \frac{1}{2}c =$	210 mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	3671 N per plank
a_{rechts} indien $c > L$	NVT mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	3787 N per plank

4)Buitengewone aanwezigheid van voertuigen op de brug

$Q_{\text{buitengewoon}} =$	40,00	kN
aangrijpen op		
$B_{\text{wiel}} =$	200	mm
$L_{\text{wiel}} =$	0,20	m
$h_{\text{dek}} =$	45	mm
$h.o.h_{\text{plank}} =$	0,2	m
aantal werkende planken	1,0	
spreiding last over	1,0	planken
$L_t =$	358	mm
$Q =$	40000	N
$q_{\text{buitengewoon}} =$	163	N/mm
$L =$	358	mm
$a =$	56	mm
$b =$	301	mm
$c = B_{\text{wiel}} + \frac{1}{2}h_{\text{dek}} + \frac{1}{2}h_{\text{dek}} =$	245	mm
$d =$	178,8	mm
$R_{A;q_{\text{buitengewoon}}} = V_{A;q_{\text{buitengewoon}}} =$	26294	N/plank
$M_{\text{max};Q_{\text{buitengewoon}}} =$	2350000	Nmm
$M_{\text{max};Q_{\text{buitengewoon}}} =$	2350000	Nmm per plank
Verplaatsing =	1,92	mm

$E =$	10769	dek
$EI =$	15946875000	normale belasting
$R_a =$	20000	
$x =$	178,75	mm
$x^3 =$	5711341,797	
$1/48EI$	1,30642E-12	
$8R_a (x^3 - l^2x)$	-2,74144E+12	
$Qx(8d^3/L - 2bc^2/L + c^3/L + 2c^2)$	1,34299E+12	
$2Q(x-a)^4/c$	73530625000	
verplaatsing=	1,92	mm
$ALS \ a < -0 \text{ dan } 5qL^4/(384EI)$	2,18	mm
Dwarskracht		
$a_{\text{rechts}} \text{ indien } c \leq L$	113	mm
$a_{\text{rechts}} + \frac{1}{2}c =$	235	mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	26294	N per plank
$a_{\text{rechts}} \text{ indien } c \geq L$	NVT	mm
$R_{a;qfk} = V_{a;qfk} =$	29184	N per plank

In NEN-EN 1990 art 6.5.3 staan de belastingcombinaties aangegeven voor de bruikbaarheidsgrenstoestanden

De bijzondere belasting (A) staat hierbij niet aangegeven. Bij de bijzondere belasting is toetsen op doorbuiging niet noodzakelijk

$\gamma_{gj,sup}$	γ_Q
1,2	1,2
1,1	

dek

Comb 6.10a

Comb 6.10b

Voor de dekplanken is combinatie 6.10d nooit maatgevend omdat het aandeel veranderlijke belasting eruit maatgevend is.
Derhalve wordt alleen combinatie 6.10a beschouwd

Verzameltabel

Alle resultaten zijn per plank

6.10a groep1

6.10a groep

	V_k	M_k	u_{ins}	van toepassing	γ	$V_d =$	M_d
	N per plank	Nmm	mm	verklaard? 1 =ja, 0=nee		[N]	[Nmm]
Eigen gewicht	16,940	1514	0,00	1	1,2	20	1817
q_{fk} veranderlijke belasting	179	15976	0,01	1	1,2	215	19171
Q_{fvd} Geconcentreerde belasting	5580	498750	0,39	1	1,2	6697	598500
Q_{serv} Dienstvoertuig	3671	328125	0,27	1	1,2	4406	393750
Q_{sv1} Buitengewoon	26294	2350000	1,92	1	1	26294	2350000

$V_d =$ 6717 N/plank ($V_{d;g} + V_{d;maximaal\ veranderlijk}$)

$V_{d;bijzonder} =$ 26311 N/plank ($V_{k;G} + V_{k;Q;bijzonder}$)

Voldoet

$M_d =$ 600317 Nmm/plank ($M_{d;g} + M_{d;maximaal\ veranderlijk}$)

$M_{d;bijzonder} =$ 2351514 Nmm/plank ($M_{k;G} + M_{k;Q;bijzonder}$)

De krachtswerking wordt getoetst op het blad: Hout. De resultaten zijn ook hier weergegeven.

Voldoet

Toetsing verplaatsing	$u_{optredend}$	$u_{grenswaarde}$
Omschrijving	[mm]	[mm]
(1) $u_{fin,G}$	0,00	NVT
(2) $u_{qfk} =$	0,01	1,07
(2) $u_{Qfwk} =$	0,39	1,07
(2) $u_{Qserv} =$	0,27	1,07
(2) $u_{Qsv1} =$	0,00	0,00

Voldoet

Voldoet

Voldoet

De doorbuiging is niet van toepassing overeenkomstig NEN-EN 1990-art6.5.3

Berekening krachtsverdeling stalen liggers

(0) Eigen gewicht dek en liggers

liggers

Gekozen ligger HEA240

$EI_{\text{ligger}} = 1,63023E+13 \text{ Nmm}^2$

Eigen gewicht dek $p_g =$

dik 45 mm

Soortelijk gewicht 10,8 kN/m³

$p_g = h/1000 \times \text{soort. gew.}$ 0,49 kN/m²

$b_{\text{plank}} = 195 \text{ mm}$

h.o.h. afstand plank 200 mm

aantal planken met m brug 5 stuks

$p_{g,\text{rep}} \text{ per m} = 0,486 \text{ kN/m}^2$

$p_{g,\text{rustend}} = 0,100 \text{ kN/m}^2$

$p_{g,\text{totaal}} = 0,586 \text{ kN/m}^2$

$L_t = \text{lengte tussen de flenzen} + h_{\text{dekdeel}}$

H.o.h. liggers = 0,55 m

Gewicht stalen ligger 0,603 kN/m HEA240

$p_{g,\text{rep}} = h.o.h. \text{ ligger} \times p_{g,\text{dek}} + p_{g,\text{ligger}}$ 0,93 kN/m = 1,6774 kN/m²

$L_t = 10,00 \text{ m}$

$R_{a;d} = V_d = 4,634 \text{ N/plank}$

$M_{g,\text{rep}} = 1/8 \times p_{g,\text{rep}} \times L_t^2$ 12 kNm

$$f_{\text{max}} = \frac{5}{384} \frac{Q \cdot l^3}{EI} \text{ bij } x = \frac{l}{2}$$

Maximale verplaatsing 7,4 mm

(1) Gelijkmatisch verdeelde belasting op de liggers

Gekozen ligger	HEA240
$EI =$	1,63023E+13 Nmm ²
$q_{fk} =$	5,00 kN/m ²
h.o.h. liggers =	0,55 m
$p_{q,rep} =$ (per ligger)	2,76 kN/m ¹
$L_t =$	10,00 m
$R_{a,qfk} = V_{a,qfk} =$	14 kN
$M_{q,fk;rep} = 1/8 \times p_{g;rep} \times L_t^2$	35 kNm

$$f_{max} = \frac{5}{384} \frac{Q \cdot l^3}{EI} \text{ bij } x = \frac{l}{2}$$

Maximale verplaatsing	22,1 mm
-----------------------	---------

liggers

Berekening krachtsverdeling stalen liggers

2) Geconcentreerde belasting

liggers

$Q_{fvd} =$	7,00 kN
aangrijpen op	
$B_{wiel} =$	100 mm
$L_{wiel} =$	100 mm
$h.o.h._{liggers} =$	0,553 m

Afdracht wiellast naar de ligger 95,5 %.

Dit heeft te maken met de breedte van de wiellast en de h.o.h. afstand van de hoofdliggers

Afdracht naar de hoofdligger = 6,683 kN

T.b.v. maximaal moment en maximale verplaatsing staat de puntlast in het midden

$L_t =$ 10,00 m

$R_{a;d} = V_d =$ 6,683 kN

$M_{g;rep} = 1/4 \times Q_{fvd} \times L_t$ 17 kNm

$EI_{ligger} =$ 1,63023E+13 Nmm²

$u_{fvd} = Q_{fvd;afdracht} \times L_t^3 / (48EI)$ 8,5 mm

Berekening krachtsverdeling stalen liggers

3) Dienstvoertuig

liggers

$Q_{serv} =$	12,50 kN	H.o.h. assen	3,000 m
aangrijpen op		Spoorbreedte	1,75 m
$B_{wiel} =$	250 mm	h.o.h. afstand van de liggers moet $\leq 1,75/2 =$	0,875 m
$L_{wiel} =$	250 mm		
h.o.h. liggers =	0,553 m		
Afdracht wielast naar de ligger	88,7 %	voldoet niet	
		van de hoofdliggers	
Afdracht naar de hoofdligger =	11,086 kN		
T.b.v. maximaal moment en maximale verplaatsing staat de puntlast in het midden			
$L_t =$	10,00 m		

Er worden twee situaties bekeken:

- (1) Ligger op 2 steunpunten met 1 puntlast in het midden bij ligger tot 3 m overspanning;
 - (2) Ligger op 2 steunpunten met 2 puntlasten in het midden bij liggers met een grotere overspanning dan
- 2a: Met betrekking tot het maximale moment worden 2 puntlasten maatgevend bij $L_t > 6,00$ m
- 2b: Met betrekking tot de maximale verplaatsing worden 2 puntlasten maatgevend bij $L_t > 4,60$ m

(3) Ligger op 2 steunpunten met 2 puntlasten in het midden en een q-last op de uiteinden bij liggers met een overspanning groter dan $5+3+5 = 13$ m. Zie NEN-EN 1991-2/NB:2011 Tabel 10-5.1 Definitie van belastinggroepen opmerking a

Van deze drie wordt de maatgevende gekozen

(1) wordt doorgerekend bij elke liggerlengte, (2) wordt doorgerekend bij $L_t > 3,10$ m en (3) wordt doorgerekend bij $L_t > 13$ m.

Van alle drie wordt de maatgevende weergegeven.

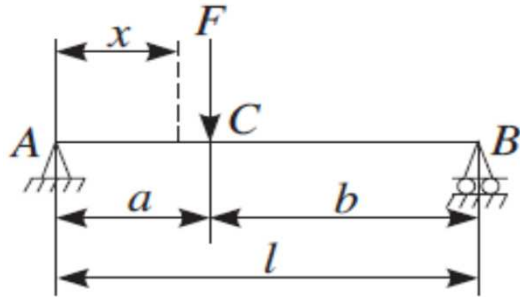
(1) $R_{a;d} = V_d = Q_{serv}$

(1) $M_{Q_{serv}} = 1/4 \times Q_{serv} \times L_t$

(1) $u_{fvd} = Q_{serv} \times L_t^3 / (48EI)$

$$(2) R_{a;d} = V_d = Q_{serv} + (L_t - 3)/L_t \times Q_{serv}$$

$$(2) M_{Qserv} = ab/L_t \times Q_{serv}$$



Stand belasting, waarbij de eerste aslast naast het steunpunt staat

Stand belasting, waarbij de aslasten in het midden van de brug staan.

$$f = \frac{F \cdot a(l-x)}{6EI \cdot l} \{2lb - b^2 - (l-x)^2\}$$

van C tot B

$$\text{Door invullen } x = \frac{1}{2}L_t \Rightarrow (Fa/12EI) \times \{2L_t b - b^2 - \frac{1}{4}L_t^2\}$$

Aangezien er twee aslasten zijn op gelijke afstand vanuit het midden van de ligger wordt de verplaatsing 2 x bovenvermelde.

$$u = 2 \times (Fa/12EI) \times \{2L_t b - b^2 - \frac{1}{4}L_t^2\}$$

$$(2) u_{Qserv} = 2 \times (Q_{serv}a/12EI) \times \{2L_t b - b^2 - \frac{1}{4}L_t^2\}$$

(3) Hierbij wordt het maximale moment en de maximale verplaatsing van (2) overgenomen. Verder wordt hierbij 0,8 x het moment vanuit een q_{fk} last aan de uiteinden meegenomen. De lengte waarover de q-last werkt $= r = \{L_t - (5+3+5)\}/2$

Voor de Reactie respectievelijk de dwarskracht worden de puntlasten hierbij symetrisch ten opzicht van het midden van de overspanning geplaatst.

$$(2) R_{Qser} = Q_{serv}$$

Hierbij komt nog $0,8 \times q_{fk} \times r$

Berekende resultaten:

$$R_{Qserv,max} = V_{Qserv,max} = 18,8 \text{ kN, Maatgevend} = (2)$$

$$M_{Qserv,max} = 38,8 \text{ kNm, Maatgevend} = (2)$$

$$u_{Qserv,max} = 26,8 \text{ mm, Maatgevend} = (3)$$

4) Buitengewone aanwezigheid van voertuigen op de brug

liggers

$Q_{sv1} =$	40,00 kN	H.o.h. assen	3,00 m
$Q_{sv2} =$	20,00 kN	Spoorbreedte	1,75 m
$B_{wiel} =$	200 mm	h.o.h. afstand van de liggers moet $\leq 1,75/2 =$	0,875 m
$L_{wiel} =$	0,200 m		
h.o.h. liggers =	0,553 m		

Afdracht wiellast naar de ligger 91,0 %.

Dit heeft te maken met de breedte van de wiellast en de h.o.h. afstand van de hoofdliggers

Afdracht naar de hoofdligger $Q_{sv1} =$ 36,380 kN

Afdracht naar de hoofdligger $Q_{sv2} =$ 18,190 kN

T.b.v. maximaal moment en maximale verplaatsing staat de puntlast in het midden

$L_t =$ 10,00 m

Er worden twee situaties bekeken:

- (1) Ligger op 2 steunpunten met 1 puntlast in het midden bij ligger tot 3 m overspanning;
- (2) Ligger op 2 steunpunten met 2 puntlasten in het midden bij liggers met een grotere overspanning dan

Van deze twee worden de maatgevende dwarskrachten en momenten geselecteerd.

(3) Ligger op 2 steunpunten met 2 puntlasten in het midden en een q-last op de uiteinden bij liggers met een overspanning groter dan $5+3+5 = 13$ m. Zie NEN-EN 1991-2/NB:2011 Tabel 10-5.1 Definitie van belastinggroepen opmerking a

Van deze drie wordt de maatgevende gekozen

(1) wordt doorgerekend bij elke liggerlengte, (2) wordt doorgerekend bij $L_t > 3,10$ m en (3) wordt doorgerekend bij $L_t > 13$ m.

Van alle drie wordt de maatgevende weergegeven.

(1) $R_{a;d} = V_d = Q_{serv}$ 49,11 kN

2 puntlasten op de ligger zijn maatgevend

(1) $M_{Qserv} = 1/4 \times Q_{serv} \times L_t$ 110,50 kNm

2 puntlasten op de ligger zijn maatgevend

liggers

Verzameltabel

Alle resultaten zijn per ligger

6.10a groep1

6.10a groep

	V_k	M_k	u_{ins}	van toepassing	γ	$V_d =$	M_d
	kN per ligger	Nmm	mm	verklaard? 1 =ja, 0=nee		kN	[kNm]
Eigen gewicht	4,6	11,6	7,4	1	1,2	6	14
q_{fk} veranderlijke belasting	13,8	34,5	22,1	1	1,2	17	41
Q_{fvd} Geconcentreerde belasting	6,7	16,7	8,54	1	1,2	8	20
Q_{serv} Dienstvoertuig	18,8	38,8	26,8	1	1,2	23	47
Q_{sv1} Buitengewoon	49,1	110,5	0,00	1	1	49	111

$V_d =$ 28 kN/ligger ($V_{d,g} + V_{d,maximaal\ veranderlijk}$)

$V_{d;bijzonder} =$ 54 kN/ligger ($V_{k;G} + V_{k;Q;bijzonder}$)

$M_d =$ 60 kNm/ligger ($M_{d,g} + M_{d,maximaal\ veranderlijk}$)

$M_{d;bijzonder} =$ 122 kNm/ligger ($M_{k;G} + M_{k;Q;bijzonder}$)

De krachtswerking wordt getoetst op het blad: Staal. De resultaten zijn ook hier weergegeven.

Toetsing verplaatsing	$u_{optredend}$	$u_{grenswaarde}$	
Omschrijving	[mm]	[mm]	
(1) $u_{fin,G}$	7,4	NVT	
(2) $u_{qfk} =$	22,1	30,00	Voldoet
(2) $u_{Qfwk} =$	8,54	30,00	Voldoet
(2) $u_{Qserv} =$	26,8	30,00	Voldoet
(2) $u_{Qsv1} =$	0,00	0,00	De doorbuiging is niet van toepassing overeenkomstig NEN-EN 1990-art6.5.3
(1) $u_{fin,totaal}$	34,17	40,00	Voldoet

Bepalen V_d en M_d

liggers

Combinaties overeenkomstig NEN-EN 1990 en NEN-EN 1991-2

γ_G	1,2
$\xi \times \gamma_G$	1,1
γ_Q	1,2
ψ_0	0,4

Combinatie G + q_{fk} [groep1]	γ_G	$\xi \times \gamma_G$	γ_Q	ψ_0	V_d [kN]	M_d [kNm]
6.10a $\Rightarrow \gamma_G \times G + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q$	1,2		1,2	0,4	14,6	36,6
6.10b $\Rightarrow \xi \times \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_1 + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_i$		1,1	1,2	0,4	26,0	65,0

Combinatie G + Q_{fwk}	γ_G	$\xi \times \gamma_G$	γ_Q	ψ_0	V_d [kN]	M_d [kNm]
6.10a $\Rightarrow \gamma_G \times G + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q$	1,2		1,2	0,4	10,5	26,3
6.10b $\Rightarrow \xi \times \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_1 + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_i$		1,1	1,2	0,4	15,7	39,4

Combinatie G + Q_{serv} [groep2]	γ_G	$\xi \times \gamma_G$	γ_Q	ψ_0	V_d [kN]	M_d [kNm]
6.10a $\Rightarrow \gamma_G \times G + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q$	1,2		1,2	0,4	17,5	39,0
6.10b $\Rightarrow \xi \times \gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_1 + \sum \gamma_Q \times \psi_0 \times Q_i$		1,1	1,2	0,4	33,3	71,2

Combinatie G + $Q_{bijzonder}$	γ_G	$\xi \times \gamma_G$	γ_Q	ψ_0	V_d [kN]	M_d [kNm]
$\gamma_G \times G + \gamma_Q \times Q_1$	1		1		5,6	124,4

De stalen liggers worden berekend op:

$V_{d,max} = 33,3$ kN

$M_{d,max} = 124,4$ kN

Nu naar blad staal t.b.v. invoer stalen liggers

Resultaat staalberekening: **voldoet**

Controle doorbuiging

liggers

Het betreft hier een omkeerbare bruikbaarheidsgrenstoestand

Van toepassing zijnde combinatie: Frequente belastingcombinatie = $1 G + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} Q_{k,i}$

Eigen frequentie Eis is dat de groter moet zijn dan 5 Hz

$\delta =$ [m] Getalswaarde grootste uitbuiging wanneer deze belast wordt gedacht door belastingen gecombineerd volgens de momentane combinatie

$a =$ [m/s^2] 0,315 m/s^2 (ligger op 2 steunpunten verticaal belast)

$f_e = \sqrt{(a/\delta_g)} =$ [Hz]

δ_G 7,4 mm

f_e 6,5 Hz **voldoet**

ψ_1 0,8

Onderstaande doorbuigingen zijn geen normverplichting. Deze kunnen aanvullend door een opdrachtgever worden gesteld

	δ_G	δ_Q	ψ_1	δ_{totaal}	δ_{bijk}	$\delta_{\text{totaal;grens}}$	$\delta_{\text{bijk;grens}}$
Alleen eigen gewicht	7,4			7,4			
Combinatie G + q_{fk} [groep1]	7,4	22,1	0,8	25,1	22,1	40,0	30,0
Combinatie G + Q_{fwk}	7,4	8,5	0,8	14,2	8,5	40,0	30,0
Combinatie G + Q_{serv} [groep2]	7,4	26,8	0,8	28,8	26,8	40,0	30,0
				28,8	26,8	40,0	30,0

totale doorbuiging voldoet
bijkomende doorbuiging voldoet

Berekening afdracht naar het landhoofd

0

$B_{\text{landhoofd}}$ is ongeveer gelijk aan

2,85 m

$B_{\text{dek}} =$

2,45 m

(0) Eigen gewicht dek en liggers

eigen gewicht dek, rustend en ligger =
overspanning (L) =

1,677 kN/m²
10 m

	(mm)		(mm)	
eigen gewicht wand landhoofd=	0	x	0	0 kN/m
eigen gewicht vloer landhoofd=	500	x	500	6,25 kN/m

$$R_{a,g;\text{dek}} = (1/2 \times p_{g;\text{totaal}} \times L \times B_{\text{dek}}) + (p_{g;\text{kesp}} \times B_{\text{kesp}}) = 38,4 \text{ kN vanuit het dek}$$

Invloed stootplaten

Hiervoor wordt een globale afschatting gemaakt

Dikte asfalt op de stootplaat	0,24 m
Dikte funderingspakket	0,05 m
dikte stootplaat	0,05 m

$\gamma =$	$p_g = (\text{in kN/m}^2)$
25	6
23	1,15
10	0,5
	7,65 kN/m ²

Totaal eigen gewicht en rustend $p_{g;\text{totaal}} =$

$L_{\text{stootplaat}}$	2 m
$B_{\text{stootplaat}}$	2,5 m
$L_t = (5/6) \times L_{\text{stootplaat}} =$	1,666667 m

$$R_{a,g;\text{stootplaat}} = L_t \times B_{\text{stootplaat}} \times p_{g;\text{totaal}} =$$

32 kN vanuit de stootplaten

$$R_{a,g;\text{totaal}} = R_{a,g;\text{dek}} + R_{a,g;\text{stootplaat}} =$$

70,2 kN op de landhoofd

(1) Gelijkmatic verdelde belasting op de liggers

$q_{fk} =$

5,00 kN/m²

overspanning (L) =

10 m

$$R_{a,q;\text{dek}} = 0,5 \times B_{\text{dek}} \cdot q_{fk} \cdot L =$$

61,3 kN vanuit het dek

Invloed stootplaten

$L_{\text{stootplaat}}$	2 m
$B_{\text{stootplaat}}$	2,5 m
$L_t = (5/6) \times L_{\text{stootplaat}} =$	1,666667 m

$$R_{a,q;\text{stootplaat}} = L_t \times B_{\text{stootplaat}} \times q_{fk} =$$

20,8 kN vanuit de stootplaten

$$R_{a,q;\text{totaal}} = R_{a,q;\text{dek}} + R_{a,q;\text{stootplaat}} =$$

82,1 kN op de landhoofd

2) Geconcentreerde belasting

$Q_{fvd} =$ 7,00 kN

LET OP: GELIJKMATIG VERDEELDE BELASTING IS MAATGEVEND

3) Dienstvoertuig

H.o.h. assen 3,00 m

$Q_{serv;1}$ (wiel boven kesp)= 2 x 12,5 kN

$Q_{serv;2}$ (wiel op 3 m van kesp)= 2 x 8,8 kN

Totaal op kesp = 42,5 kN

Er zijn twee puntlasten met een onderlinge h.o.h. afstand van 1,75 m

4) Buitengewone aanwezigheid van voertuigen op de brug

$Q_{sv} =$ 98,23 kN

LET OP: BELASTING VANUIT DIENSTVOERTUIG IS MAATGEVEND

Qtotaal op de kesp				γ	Q		
$Q_{g;totaal;rep} =$		70 kN		1,2	84	84	84
$Q_{q;totaal;rep} =$		82 kN		1,2	99		
$Q_{serv} =$		43 kN		1,2		51	
$Q_{sv} =$		98 kN		1			98
					183	135	183

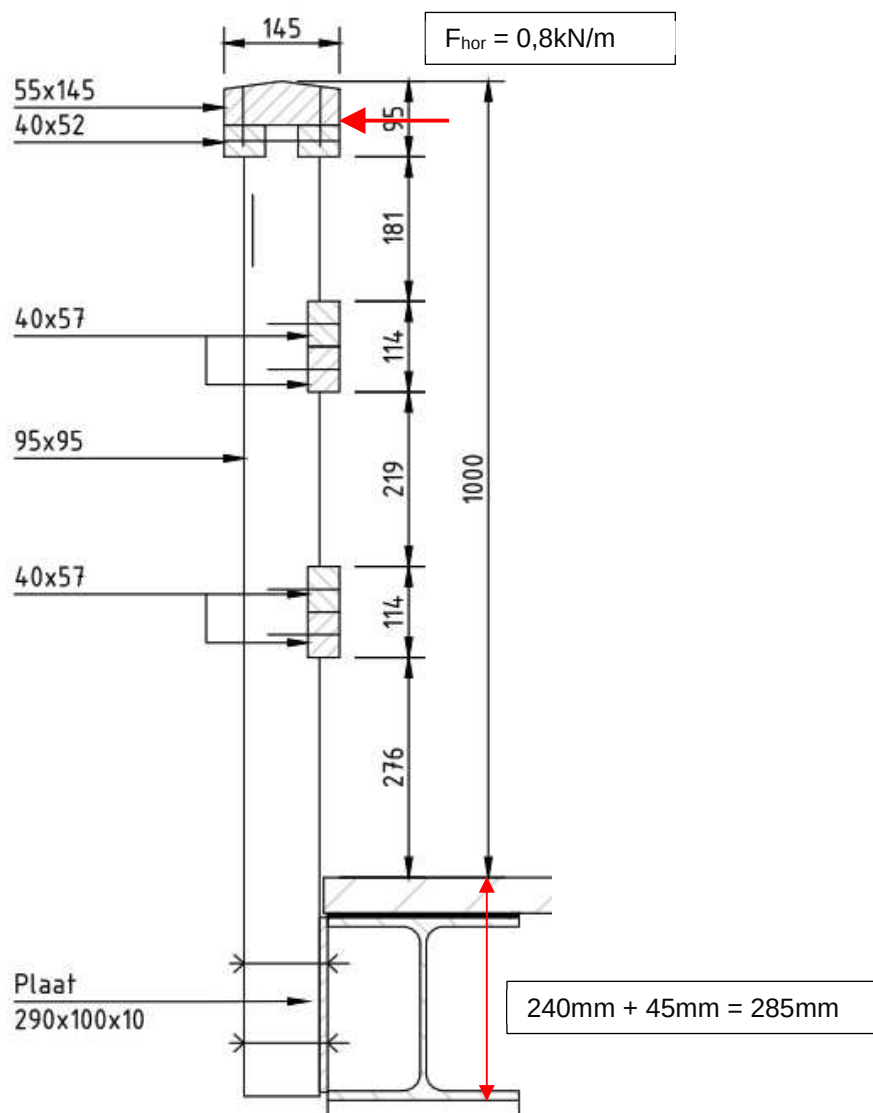
Stel maatgevend = ULS **183** kN
SLS 152 kN

Bijlage D – Berekening leuning

Leuningstijlen

De geometrie van de leuningstijl is weergegeven in Figuur 7.

- h.o.h. afstand stijlen = 1,5m
- h = $1000\text{mm} - 95\text{mm}/2 + 45\text{mm} + 240\text{mm}/2$
= 1118mm
- er is gerekend met:
- h = 1,20m



Figuur 7: Leuningstijl

Krachtswerking

De leuningstijlen worden maximaal belast bij een horizontale lijnbelasting op de bovenregel:

- $F_{d;hor} = \gamma \times q_{var} \times h.o.h. = 1,2 \times 0,8kN/m \times 1,5m = 1,4kN$
- $M_d = F_{d;hor} \times h = 1,4kN \times 1,2m = 1,7kNm$
- $V_d = F_{d;hor} = 1,4kN$

De leuningstijlen worden uitgevoerd in hardhout, b x h = 95x95mm.

Hardhout

- Sterkteklasse D50
- $f_{mk} = 50 \text{ MPa}$
- $f_{vk} = 4,5 \text{ MPa}$
- $M_u = W_y \times f_{mk} / \gamma_m \times k_{mod} \times k_h$
 $= 1/6 \times 95 \times 95^2 \times 50 / 1,3 \times 0,7 \times 1,1$
 $= 4,2 \text{ kNm}$
- $V_u = 2/3 \times b \times h \times f_{vk} / \gamma_m \times k_{mod}$
 $= 2/3 \times 95 \times 95 \times 4,5 / 1,3 \times 0,7$
 $= 14,6 \text{ kN}$

Toetsing buiging

$$\begin{aligned} UC &= M_d / M_u \\ &= 1,7 \text{ kNm} / 4,2 \text{ kNm} \\ &= 0,40 \leq 1,00 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

Toetsing dwarskracht

$$\begin{aligned} UC &= V_d / V_u \\ &= 1,4 \text{ kN} / 14,6 \text{ kN} \\ &= 0,10 \leq 1,00 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

Vervormingen

De grootste vervorming treedt op bij een horizontale lijnbelasting op de bovenregel:

- $F_{\text{rep;hor}} = q_{\text{var}} \times \text{h.o.h.}$
 $= 0,8 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m}$
 $= 1,2 \text{ kN}$

Toetsing

- $\delta_{leuningstijl}$ = $F_{rep;hor} \times l^3 / 3EI$
 = $1,2kN \times 1,2m^3 / 3 \times 14000N/mm^2 \times 1/12 \times 95mm \times 95mm^3$
 = 7mm
- δ_{max} = 20mm (zie paragraaf 2.10.2)

UC = $\delta_{\text{leuningstijl}} / \delta_{\text{max}}$
 = 7mm / 20mm
 = 0,35 ≤ 1,00 → voldoet

Bijlage E – Berekening buispaal en paalkopwapening

Bepaling krachtswerking

De krachtswerking in de funderingspalen is bepaald met behulp van Single Pile.

De buispalen worden horizontaal belast door wind en een veranderlijke dekbelasting:

- F_{wind} = 14,1kN $\perp$ op de brug zie paragraaf 3.1.7
- Q_{flk} = 15,0kN // aan de brug zie paragraaf 3.1.6

Als beide belastingen gelijktijdig optreden krijgt elke buispaal:

- $F_{hor \text{ buispaal}}$ = $\sqrt{(F_{wind}^2 + Q_{flk}^2) / n}$
 $= \sqrt{(14,1kN^2 + 15kN^2) / 4}$
 $= 5kN/paal$

Uit de berekening volgt:

- M_{rep} = 3,9kNm/paal zie blad F-3
- V_{rep} = 5kN/paal zie blad F-3

Hieruit volgt:

- M_d = 1,35 x M_{rep} = 5,3kNm/paal
- V_d = 1,35 x V_{rep} = 6,8kN/paal

Bepaling kopwapening

De kopwapening is bepaald met behulp van IDEA, zie Bijlage G.

Toegepast wordt: 6 $\varnothing$ 12mm

Toetsing verankeringslengte

De kopwapening wordt verankerd in het landhoofd. Hiervoor is de gereduceerde verankeringslengte bepaald. De staalspanning in de kopwapening volgt uit de IDEA-berekening.

- σ_d = 117 MPa zie blad G-10

De gereduceerde verankeringslengte bedraagt:

- l_{bd} = $\sigma_d / f_{yd} \times l_{b,rqd} \times \alpha_2$
 $= 117MPa / 435MPa \times 429mm \times 0,7$
 $= 80mm$
- $l_{b,rqd}$ = 429mm = basis verankeringslengte zie Tabel 4 op blad 15
- α_2 = 0,7 = effect betondekking
- h_{balk} = $h - 2 \times c$
 $= 500mm - 2 \times 45mm$
 $= 410mm$

Toetsing:

$$U.C. = l_{bd} / h_{balk} \\ = \leq 1,00 \rightarrow \text{voldoet}$$

Bijlage F – Single Pile berekening buispaal

Rapport voor D-Sheet Piling 20.2

Ontwerp van Diepwanden en Damwanden
Ontwikkeld door Deltares



Bedrijfsnaam: ARCADIS
Infrastructure

Datum van rapport: 26-9-2022
Tijd van rapport: 15:49:52
Rapport met versie: 20.2.1.30962

Datum van berekening: 26-9-2022
Tijd van berekening: 15:49:27
Berekend met versie: 20.2.1.30962

Bestandsnaam: Buispaal landhoofd

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Overzicht	3
2.1 Overzicht van de Maxima	3
2.2 Steunpunten	3
3 Invoergegevens	4
3.1 Algemene Invoergegevens	4
3.2 Paaleigenschappen	4
3.2.1 Algemene Eigenschappen	4
3.2.2 Stijfheid EI (elastisch gedrag)	4
3.2.3 Maximale Toelaatbare Momenten	4
3.3 Overzicht	4
3.4 Starre Steunpunten	5
3.5 Horizontale Krachten	5
3.6 Waterniveau	5
3.7 Maaiveld	5
3.8 Eigenschappen van de Grondmaterialen	5
3.9 Eigenschappen van de Grondmaterialen Berekend met Brinch Hansen	5
3.10 Beddingsconstanten	5
4 Berekeningsresultaten	6
4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen	6
4.2 Momenten, Krachten en Verplaatsingen	6
4.3 Grafieken van Spanningen	7
4.4 Spanningen	7
4.5 Stijve en Verende Steunpunten	8

2 Overzicht

2.1 Overzicht van de Maxima

Verplaatsing [mm]	Moment [kNm]	Dwarskracht [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. weerstand [%]
0,5	3,92	-5,00	0,3	1,1

2.2 Steunpunten

Steunpunt inklemming landhoofd		
Kracht [kN]	Moment [kNm]	Status
---	5,82	

3 Invoergegevens

3.1 Algemene Invoergegevens

Model	Enkele paal; Paal belast door krachten
Soortelijk gewicht van water	10,00 kN/m ³
Elastische berekening	Ja

3.2 Paaleigenschappen

Lengte	6,10 m
Bovenkant	0,10 m
Aantal secties	1

3.2.1 Algemene Eigenschappen

Snede naam	Van [m]	Tot [m]	Materiaal type	Diameter [m]
273x8, S355	-6,00	0,10	Gebruiker ingesteld	0,27

3.2.2 Stijfheid EI (elastisch gedrag)

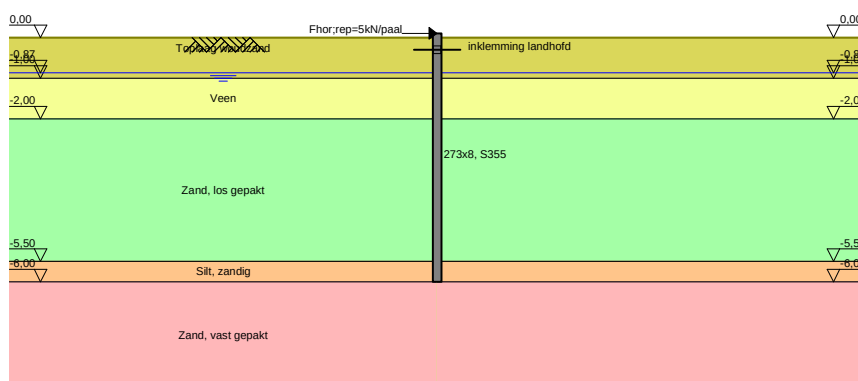
Snede naam	Elastische stijfheid EI [kNm ²]	Red. factor op EI [-]	Gecorrig. elas. stijfheid EI [kNm ²]	Toelichting op reductiefactor
273x8, S355	1,2289E+04	1,00	1,2289E+04	

3.2.3 Maximale Toelaatbare Momenten

Snede naam	Mr;kar;el [kNm]	Modificatie factor [-]	Materiaal factor [-]	Red. factor toelaat. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
273x8, S355	152,00	1,00	1,00	1,00	152,00

3.3 Overzicht

Overzicht



3.4 Starre Steunpunten

Naam	Niveau [m]	Verhinderende van rotatie	Verhinderende van translatie
inklemming land...	-0,30	Ja	Nee

3.5 Horizontale Krachten

Naam	Niveau [m]	Belasting [kN]
Fhor;rep=5kN/p...	0,10	5,00

3.6 Waterniveau

Freatisch niveau: -0,87 [m]

3.7 Maaiveld

Maaiveldniveau: 0,00 [m]

3.8 Eigenschappen van de Grondmaterialen

Laag naam	Niveau [m]	Volumegewicht		Cohesie [kN/m ²]	Wrijvingshoek phi [°]	Brinch Hansen gebruikt
		Onverz. [kN/m ³]	Verz. [kN/m ³]			
Toplaag woudza...	0,45	18,00	20,00	0,00	30,00	Ja
Veen	-1,00	10,50	10,50	0,00	15,00	Ja
Zand, los gepakt	-2,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Ja
Silt, zandig	-5,50	19,00	19,00	0,00	27,50	Ja
Zand, vast gepakt	-6,00	19,00	21,00	0,00	32,00	Ja

Laag naam	Niveau [m]	Gronddrukcoëfficiënten			Wateroverspanning	
		Actief [-]	Neutraal [-]	Passief [-]	Boven [kN/m ²]	Onder [kN/m ²]
Toplaag woudza...	0,45	0,00	0,00	6,88	0,00	0,00
Veen	-1,00	0,00	0,00	2,54	0,00	0,00
Zand, los gepakt	-2,00	0,00	0,00	12,46	0,00	0,00
Silt, zandig	-5,50	0,00	0,00	10,60	0,00	0,00
Zand, vast gepakt	-6,00	0,00	0,00	40,22	0,00	0,00

3.9 Eigenschappen van de Grondmaterialen Berekend met Brinch Hansen

Laag naam	Niveau [m]	Fictieve cohesie [kN/m ²]
Toplaag woudza...	0,45	0,00
Veen	-1,00	0,00
Zand, los gepakt	-2,00	0,00
Silt, zandig	-5,50	0,00
Zand, vast gepakt	-6,00	0,00

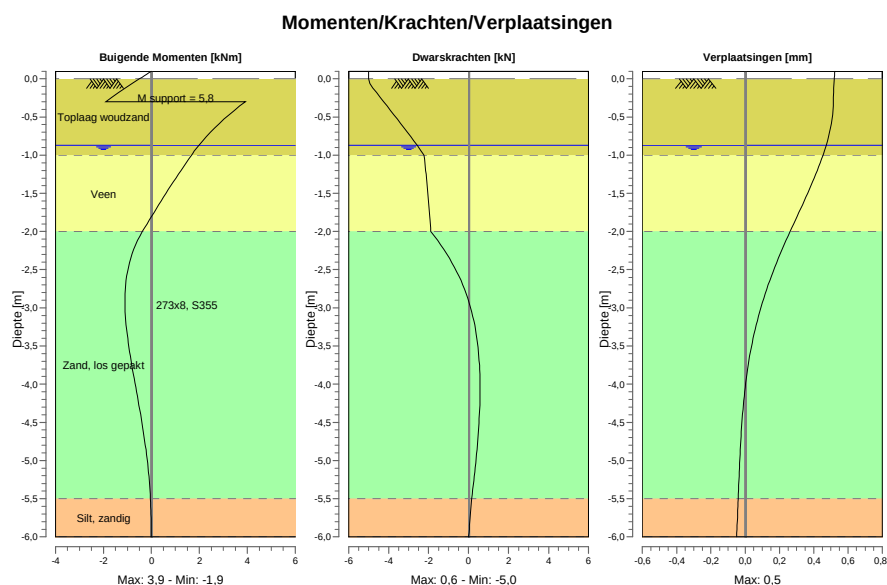
3.10 Beddingsconstanten

Laag naam	Niveau [m]	Ménard gebruikt	E-Mod Ménard [kN/m ²]	Grondtype Ménard	Tak 1	
					Boven [kN/m ³]	Onder [kN/m ³]
Toplaag woudza...	0,45	Ja	2125,00	Zand	21677,11	21677,11
Veen	-1,00	Ja	700,00	Veen	3431,37	3431,37
Zand, los gepakt	-2,00	Ja	4250,00	Zand	43354,23	43354,23
Silt, zandig	-5,50	Ja	3000,00	Leem	24964,03	24964,03
Zand, vast gepakt	-6,00	Ja	17000,00	Zand	173416,92	173416,92

4 Berekeningsresultaten

Aantal iteraties: 3

4.1 Grafieken van Momenten, Krachten en Verplaatsingen

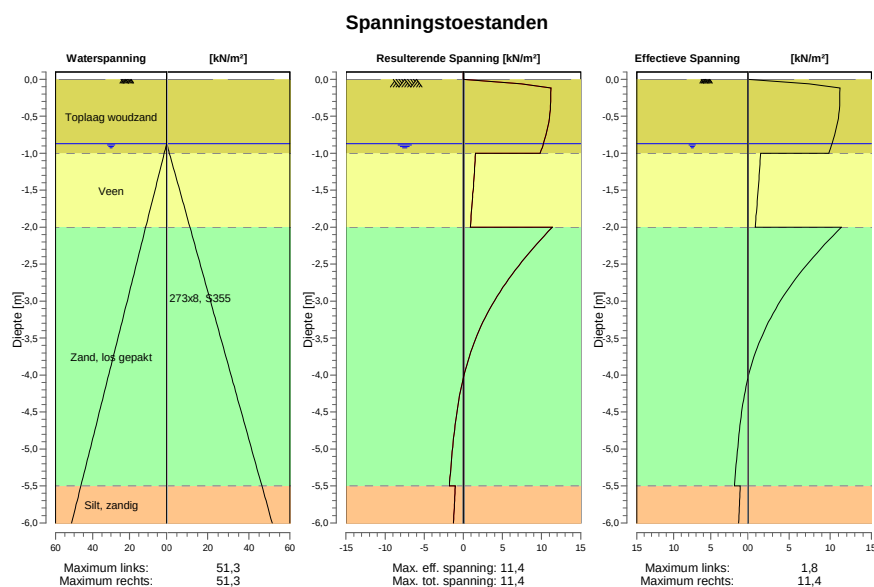


4.2 Momenten, Krachten en Verplaatsingen

Segment nummer	Niveau [m]	Moment [kNm]	Dwarskracht [kN]	Verplaatsing [mm]
1	0,10	0,00	-5,00	0,5
1	0,00	-0,50	-5,00	0,5
2	0,00	-0,50	-5,00	0,5
2	-0,30	-1,90	-4,25	0,5
3	-0,30	3,92	-4,25	0,5
3	-0,58	2,83	-3,39	0,5
4	-0,58	2,83	-3,39	0,5
4	-0,87	1,98	-2,58	0,5
5	-0,87	1,98	-2,58	0,5
5	-1,00	1,67	-2,23	0,5
6	-1,00	1,67	-2,23	0,5
6	-1,25	1,13	-2,13	0,4
7	-1,25	1,13	-2,13	0,4
7	-1,50	0,61	-2,04	0,4
8	-1,50	0,61	-2,04	0,4
8	-1,75	0,11	-1,96	0,3
9	-1,75	0,11	-1,96	0,3
9	-2,00	-0,37	-1,89	0,3
10	-2,00	-0,37	-1,89	0,3
10	-2,29	-0,80	-1,10	0,2
11	-2,29	-0,80	-1,10	0,2
11	-2,58	-1,03	-0,49	0,2
12	-2,58	-1,03	-0,49	0,2
12	-2,88	-1,10	-0,04	0,1
13	-2,88	-1,10	-0,04	0,1
13	-3,17	-1,07	0,26	0,1

Segment nummer	Niveau [m]	Moment [kNm]	Dwarskracht [kN]	Verplaatsing [mm]
14	-3,17	-1,07	0,26	0,1
14	-3,46	-0,96	0,45	0,0
15	-3,46	-0,96	0,45	0,0
15	-3,75	-0,82	0,55	0,0
16	-3,75	-0,82	0,55	0,0
16	-4,04	-0,65	0,57	0,0
17	-4,04	-0,65	0,57	0,0
17	-4,33	-0,49	0,55	0,0
18	-4,33	-0,49	0,55	0,0
18	-4,63	-0,33	0,49	0,0
19	-4,63	-0,33	0,49	0,0
19	-4,92	-0,20	0,40	0,0
20	-4,92	-0,20	0,40	0,0
20	-5,21	-0,10	0,29	0,0
21	-5,21	-0,10	0,29	0,0
21	-5,50	-0,04	0,15	0,0
22	-5,50	-0,04	0,15	0,0
22	-5,75	-0,01	0,08	0,0
23	-5,75	-0,01	0,08	0,0
23	-6,00	0,00	0,00	0,0
Max		3,92	-5,00	0,5
Max incl. tussenknopen		3,92	-5,00	0,5

4.3 Grafieken van Spanningen



4.4 Spanningen

Knoop nummer	Niveau [m]	Links				Rechts			
		Effectieve Spanning [kN/m²]	Waterspan. [kN/m²]	Stat* [kN/m²]	Mob** [%]	Effectieve Spanning [kN/m²]	Waterspan. [kN/m²]	Stat* [kN/m²]	Mob** [%]
1	0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
1	0,00	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	0,00	0,00	0,00	A		0,00	0,00	P	
2	-0,30	0,00	0,00	A		11,15	0,00	-	30
3	-0,30	0,00	0,00	A		11,15	0,00	-	30

Knoop nummer	Niveau [m]	Links				Rechts			
		Effectieve Spannir [kN/m²]	Waterspan. [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effectieve Spannir [kN/m²]	Waterspan. [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
3	-0,58	0,00	0,00	A		10,90	0,00	-	15
4	-0,58	0,00	0,00	A		10,90	0,00	-	15
4	-0,87	0,00	0,00	A		10,24	0,00	-	10
5	-0,87	0,00	0,00	A		10,24	0,00	-	10
5	-1,00	0,00	1,30	A		9,83	1,30	-	8
6	-1,00	0,00	1,30	A		1,56	1,30	-	4
6	-1,25	0,00	3,80	A		1,41	3,80	-	3
7	-1,25	0,00	3,80	A		1,41	3,80	-	3
7	-1,50	0,00	6,30	A		1,25	6,30	-	3
8	-1,50	0,00	6,30	A		1,25	6,30	-	3
8	-1,75	0,00	8,80	A		1,08	8,80	-	2
9	-1,75	0,00	8,80	A		1,08	8,80	-	2
9	-2,00	0,00	11,30	A		0,90	11,30	-	2
10	-2,00	0,00	11,30	A		11,36	11,30	-	5
10	-2,29	0,00	14,22	A		8,88	14,22	-	3
11	-2,29	0,00	14,22	A		8,88	14,22	-	3
11	-2,58	0,00	17,13	A		6,63	17,13	-	2
12	-2,58	0,00	17,13	A		6,63	17,13	-	2
12	-2,88	0,00	20,05	A		4,68	20,05	-	1
13	-2,88	0,00	20,05	A		4,68	20,05	-	1
13	-3,17	0,00	22,97	A		3,07	22,97	-	1
14	-3,17	0,00	22,97	A		3,07	22,97	-	1
14	-3,46	0,00	25,88	A		1,77	25,88	-	
15	-3,46	0,00	25,88	A		1,77	25,88	-	
15	-3,75	0,00	28,80	A		0,76	28,80	-	
16	-3,75	0,00	28,80	A		0,76	28,80	-	
16	-4,04	0,00	31,72	A		0,00	31,72	-	
17	-4,04	0,00	31,72	A		0,00	31,72	-	
17	-4,33	0,57	34,63	-		0,00	34,63	A	
18	-4,33	0,57	34,63	-		0,00	34,63	A	
18	-4,63	0,99	37,55	-		0,00	37,55	A	
19	-4,63	0,99	37,55	-		0,00	37,55	A	
19	-4,92	1,31	40,47	-		0,00	40,47	A	
20	-4,92	1,31	40,47	-		0,00	40,47	A	
20	-5,21	1,56	43,38	-		0,00	43,38	A	
21	-5,21	1,56	43,38	-		0,00	43,38	A	
21	-5,50	1,79	46,30	-		0,00	46,30	A	
22	-5,50	1,03	46,30	-		0,00	46,30	A	
22	-5,75	1,14	48,80	-		0,00	48,80	A	
23	-5,75	1,14	48,80	-		0,00	48,80	A	
23	-6,00	1,24	51,30	-		0,00	51,30	A	

Stat* Status (A=actief, P=passief, Nummer is tak, 0 is ontlasting)
 Mob** Percentage passief gemobiliseerd

4.5 Stijve en Verende Steunpunten

Knoop nummer	Niveau [m]	Kracht [kN]	Moment [kNm]
3	-0,30	0,00	5,82

Einde Rapport

Bijlage G – IDEA berekening kopwapening

Project: Brug Halve Manen

Projectnr.: -

Auteur: E. Hooijschuur

Inhoudsopgave

- 1 Projectgegevens
- 2 Korte opsomming van resultaten van snedecontroles
- 3 Snedecontroles
- 3.1 Snede S 1
- 4 Lijst met Staafmacro's
- 5 Lijst met gewapende doorsneden
- 6 Lijst met gebruikte materialen

1 Projectgegevens

Projectnaam	Brug Halve Manen
Projectnr.	-
Omschrijving	Paalkopwapening buispalen
Auteur	E. Hooijschuur
EN 1992-1-1, GFRP	21-9-2022
Versie	22.0.1.900

Nationale Norm

Nationale Norm	EN 1992-1-1:2014-12, NEN:2011/NB:2016/A1:2020
Ontwerp levensduur	50 jaar

2 Korte opsomming van resultaten van snedecontroles

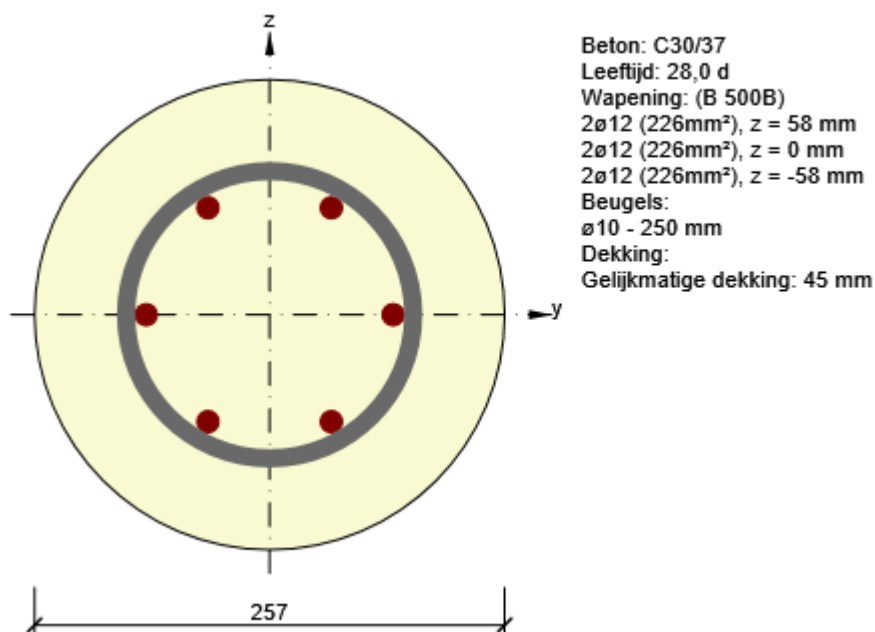
Snedenaam	Staafmacro	Gewapende doorsnede	Waarde [%]	Resultaat status
S 1	M 1 (Ligger)	R 1	77,8	✓

3 Snedecontroles

3.1 Snede S 1

3.1.1 Kritische extreme S 1 - E 1

Staafmacro	M 1
Gewapende doorsnede	R 1



3.1.1.1 Lasteffecten - snedekrachten

Lasttype	Combinatie type	N [kN]	V _y [kN]	V _z [kN]	T [kNm]	M _y [kNm]	M _z [kNm]
Totaal	Fundamenteel UGT	-175,0	0,0	27,0	0,0	25,0	0,0
Totaal	Frequente	-146,0	0,0	0,0	0,0	18,5	0,0

3.1.1.2 Compleet

Maatgevende controle	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Waarde [%]	Controle
Weerstand N-My-Mz	-175,0	25,0	0,0			77,8	Oké
Type controle	N _{Ed} [kN]	M _{Ed,y} [kNm]	M _{Ed,z} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Waarde [%]	Controle
Weerstand N-My-Mz	-175,0	25,0	0,0			77,8	Oké
Dwarskracht	-175,0			27,0	0,0	58,0	Oké
Scheurwijdte	-146,0	18,5	0,0			60,4	Oké

Grenswaarde van de uitnutting van de controle: 100,0 %

Meldingen

Onvolkomenheden	
⚠	De dwarskracht wordt opgenomen door het beton, beugels zijn enkel nodig volgens detailleringseisen, zie 6.2.2
⚠	Uitgaande van de toestand $h_{c,ef} = (h-x)/3$, bevindt de langswapening zich buiten het effectieve gebied van beton onder spanning $A_{c,ef}$, daarom zou het niet mogelijk zijn om de scheurwijdte te berekenen volgens 7.3.4. De diepte van het effectieve oppervlak van beton onder trek $h_{c,ef}$ wordt berekend als de kleinste waarde van $2,5(h-d)$ of $h/2$.

3.1.1.3 Weerstand N-My-Mz

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

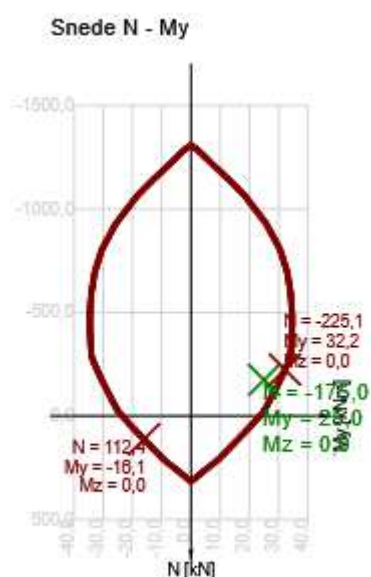
N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Type	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
-175,0	25,0	0,0	Nu-Muy-Muz	77,8	100,0	Oké

Rekenwaarde van de weerstand van de doorsnede belast door buiging én normaalkracht

Type	F_{Ed}	F_{Rd1}	F_{Rd2}
N [kN]	-175,0	-225,1	112,4
M_y [kNm]	25,0	32,2	-16,1
M_z [kNm]	0,0	0,0	0,0

Meldingen

Geen foutmeldingen



Verklaring

Symbool	Verklaring
N_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
$M_{Ed,y}$	Rekenwaarde van de toegepaste buigende moment om de y-as t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
$M_{Ed,z}$	Rekenwaarde van de toegepaste buigende moment om de z-as t.g.v. een de blijvende en veranderlijke externe belasting, en de secundaire (parasitaire) effecten van de voorspanning
Type	Nu-Muy-Muz: Doorsnedeweerstand is bepaald op basis van een aangenomen proportionele verandering van de snedekracht, zodanig dat de excentriciteit gelijk blijft totdat het interactievlak is bereikt. De verandering van de snedekrachten kan worden geïnterpreteerd als de beweging in het vlak langs de lijn tussen de oorsprong (0, 0, 0) en (N_{Ed} , $M_{Ed,y}$, $M_{Ed,z}$). De twee snijpunten vertegenwoordigen de twee extreme waarden van de weerstand. Drie waarden van een extreme worden getoond door het programma: weerstand N_{Rd} en de bijbehorende weerstanden M_{Rdy} en M_{Rdz} .
Waarde	Berekende waarde van de uitnutting van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
F_{Ed}	Toegepaste rekenwaarde van de kracht t.g.v. een externe last (zonder effecten van de voorspanning)
F_{Rd1}	Eerste verzameling weerstandskrachten resulterend uit de 1ste snede met het interactievlak
F_{Rd2}	Tweede verzameling weerstandskrachten resulterend uit de 2de snede met het interactievlak

3.1.1.4 Dwarskracht

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

V_{Ed} [kN]	N_{Ed} [kN]	V_{Rd} [kN]	Controle zone	Artikel	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
27,0	-175,0	46,6	zonder reductie	6.2.2(1)	58,0	100,0	Oké

Rekenwaarde en weerstand van de dwarskracht

V_{Ed} [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Rd} [kN]
27,0	46,6	174,9	186,9	0,0	46,6

Invoerwaarden en tussenresultaten van de afschuifcontrole

n_c	a_{sw} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	b_w [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α_{cw} [-]
0	0	452	204	174	124	45,0	90,0	1,16
$C_{Rd,c}$ [-]	k [-]	k_1 [-]	ρ_l [-]	σ_{cp} [MPa]	σ_{wd} [MPa]	v_{min} [MPa]	v [-]	v_1 [-]
0,12	2,00	0,15	0,01	3,4	0,0	0,5	0,53	0,60

Meldingen

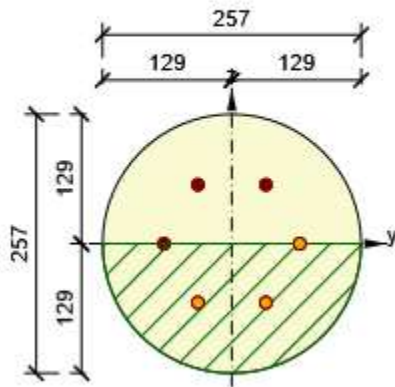
Onvolkomenheden	
	De dwarskracht wordt opgenomen door het beton, beugels zijn enkel nodig volgens detaileringseisen, zie 6.2.2

Verklaring

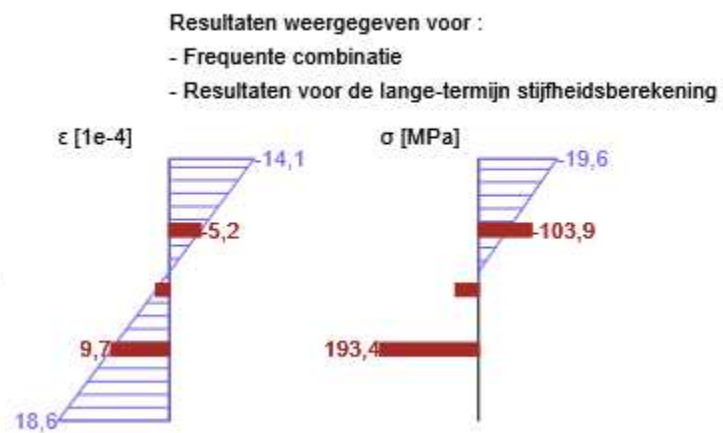
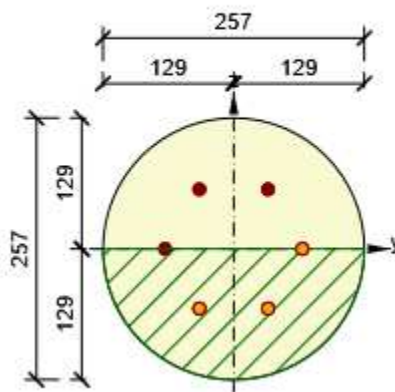
Symbool	Verklaring
V_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste dwarskracht
N_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht
V_{Rd}	De rekenwaarde van de afschuifweerstand
Controle zone	Zonetype waarin de controle is uitgevoerd
Artikel	Artikelnr. (methodetype) gebruikt voor de dwarskrachtoets
Waarde	Berekende waarde van de uitnutting van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
$V_{Rd,c}$	De afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
$V_{Rd,max}$	Dwarskrachtweerstand van het element berekend op basis van de weerstand van de betondrukdiagonalen
$V_{Rd,r}$	Dwarskrachtweerstand voor de dwarskracht berekend zonder reductie door Beta (6.2.2(6))
$V_{Rd,s}$	De rekenwaarde van de dwarskracht dat kan worden opgenomen door de het vloeien van de beugelwapening
n_c	Aantal snedes van de beugel(s)
a_{sw}	De hoeveelheid beugelwapening
A_{sl}	De hoeveelheid trekwapening
b_w	De breedte van de doorsnede in het hart van de doorsnede
d	Effectieve hoogte van de doorsnede
z	Interne hefboomsarm
θ	Hoek tussen de betondrukdiagonaal en de staafas loodrecht op de dwarskracht
α	De hoek tussen de beugelwapening en de staafas loodrecht op de dwarskracht
α_{cw}	Coëfficiënt die rekening houdt met de spanningstoestand in de drukdiagonaal
$C_{Rd,c}$	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
k	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
k_1	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
ρ_l	Wap.verhouding van de getrokken langswapening
σ_{cp}	Normaalspanning in de doorsnede t.g.v. de belasting of voorspanning
σ_{wd}	Rekenspanning in de dwarskrachtwapening, zie opmerking 2 van artikel 6.2.3 (3)
v_{min}	Coëfficiënt voor de berekening van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van de staaf zonder afschuifwapening
v	Sterkte reductiefactor voor gescheurd beton tijdens de dwarskrachtcontrole
v_1	Sterkte reductiefactor voor gescheurd beton tijdens de dwarskrachtcontrole

	Onvolkomenheden
	Uitgaande van de toestand $h_{c,ef} = (h-x)/3$, bevindt de langswapening zich buiten het effectieve gebied van beton onder spanning $A_{c,ef}$, daarom zou het niet mogelijk zijn om de scheurwijdte te berekenen volgens 7.3.4. De diepte van het effectieve oppervlak van beton onder trek $h_{c,ef}$ wordt berekend als de kleinste waarde van $2,5(h-d)$ of $h/2$.

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



Verklaring

Symbool	Verklaring
Combinatie	Gebruikte combinatie voor de berekening inclusief rsup of rinf coëfficiënt volgens 5.10.9
N	Normaalkracht voor de BGT-combinatie
M_y	Buigend moment om de y-as voor de BGT-combinatie
M_z	Buigend moment om de z-as voor de BGT-combinatie
w_k	De scheurwijdte berekend volgens 7.3.4
w_{lim}	Grenswaarde van de scheurwijdte volgens tabel 7.1N
Waarde	Berekende waarde van de uitnutting van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
x	Hoogte van de betondrukzone (positie van de neutrale lijn)
$h_{c,eff}$	Hoogte van de effectieve trekzone van het beton dat de wapening en voorspanstaal omgeeft (7.3.2 (3))
d	Effectieve hoogte van de doorsnede
$A_{c,eff}$	Effectief oppervlak van het beton onder trek dat de wapening en voorspanstaal omgeeft
$A_{s,eff}$	Effectief oppervlak van de voorspanning en wapeningstaal binnen het effectieve oppervlak van het beton.
$\rho_{p,eff}$	Verhouding van het effectieve oppervlak van het voorspanstaal en de wapening en de het effectieve oppervlak van het beton onder trek
k_t	Factor afhankelijk van de belastingduur (7.3.4 (2))
k_1	Coëfficiënt die rekening houdt met de hechteigenschappen van de gehechte wapening (7.3.4 (3))
k_2	Coëfficiënt die rekening houdt met de verdeling van de rek
c	Grootte van de betondekking van hoofdwapening
ε_1	Grotere trekrek op de randen van de beschouwde doorsnede, gewogen vanaf de basis van de gescheurde doorsnede
ε_2	Kleinere trekrek op de randen van de beschouwde doorsnede, gewogen vanaf de basis van de gescheurde doorsnede
$s_{r,max}$	Maximale eind scheurafstand
Φ	Staafdiameter of equivalente staafdiameter voor meerdere staven binnen het effectieve trekzone van het beton
σ_s	Maximale spanning in de trekwapening voor een gescheurde doorsnede
h_0	De grootte = $2A_c / u$, waar A_c het betonoppervlak is en u de omtrek dat wordt blootgesteld aan uitdroging
A_c	Het doorsnede oppervlak van beton
u	De perimeter van het gedeelte dat blootgesteld wordt aan uitdroging
t	De betonleeftijd in dagen op het beschouwde tijdstip
t_0	De betonleeftijd in dagen bij het aanbrengen van de belasting
t_s	De betonleeftijd (in dagen) bij het begin van de krimp (of zwellen). Normaal gesproken is dit nadat de curing (behandeling) is beëindigd
RH	is de factor die rekening houdt met de relatieve vochtigheid
Gebruik γ_{lt}	Gebruik lange-termijn uitgesteld rek inschattingfactor volgens bijlage B, artikel B.105 (103)
$\varphi(t, t_0)$	Berekende waarde van de kruipcoëfficiënt

3.1.1.6 Detailleringseisen

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

N_{Ed} [kN]	$M_{Ed,y}$ [kNm]	$M_{Ed,z}$ [kNm]	Verh.-lang [%]	Verh.-Dwarskracht [%]	Maatgevend [%]	Grens [%]	Controle
-175,0	25,0	0,0	37,8	0,0	37,8	100,0	Oké

Controle van de detailleringseisen van de langswapening

Type	Waarde _{ber}	Waarde _{lim}	Verh. [%]	Controle
Minimale wap.perct. van de langswapening (9.2.1.1 (1)) [mm ²]	452	23	5,1	Oké
Maximale wap.perc. van de langswapening (9.2.1.1(3)) [%]	1,31	4,00	32,7	Oké
Minimale afstand van de langswapening (8.2 (2)) [mm]	56	21	37,8	Oké
Maximale afstand van de langswapening (9.2.3 (4)) [mm]	-	350	0,0	Uit

Controle van de detailleringseisen voor de beugels

Type	Waarde _{ber}	Waarde _{lim}	Verh. [%]	Controle
Minimum wap.perc. voor de dwarskrachtwapening (9.2.2 (5)) [%]	0,00	∞	0,0	Oké
Maximale h.o.h. afstand van de beugels (9.2.2 (6)) [mm]	0	130	0,0	Oké
Maximale beugelbeenafstand (9.2.2 (8)) [mm]	0	500	0,0	Oké
Minimale doordiameter van een beugel (8.3 (2)) [-]	0,00	0,00	0,0	Uit

Invoerwaarden en tussenresultaten voor detailleringcontrole

b_w [mm]	d [mm]	A_c [mm ²]	$b_t * d$ [mm ²]	f_{yk} [MPa]	f_{yd} [MPa]	f_{ck} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	f_{cd} [MPa]
204	174	51809	37361	500,0	434,8	30,0	2,9	20,0

Meldingen

Geen foutmeldingen

Verklaring

Symbol	Verklaring
N_{Ed}	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht
$M_{Ed,y}$	Rekenwaarde van het toegepaste buigend moment om de y-as
$M_{Ed,z}$	Rekenwaarde van het toegepaste buigend moment om de z-as
Verh.-lang	U.C.-waarde voor de detailleringseisen van de langswapening
Verh.-Dwarskracht	U.C.-waarde voor de detailleringseisen van de beugels
Maatgevend	U.C.-waarde voor de detailleringseisen van alle onderdelen
Grens	Grenswaarde voor de detailleringseisen
Controle	Resultaat van de controle
Type	Type van gecontroleerde detailleringseis
Waarde _{ber}	Reken- of toegepaste hoeveelheid, die uiting geeft aan de detailleringeis
Waarde _{lim}	Grenswaarde van de hoeveelheid, die uiting geeft aan de detailleringseis
Verh.	Verhouding van de toelaatbare en de toegepaste hoeveelheid, die uiting geeft aan de detailleringseis in verhouding tot de grenswaarde

3.1.1.7 Analyse N-My-Mz

Resultaten weergegeven voor combinatie :Fundamenteel UGT

$N_{Ed,tot}$ [kN]	$M_{Ed,y,tot}$ [kNm]	$M_{Ed,z,tot}$ [kNm]	Betonvezel	Extreme in staaf	Waarde [%]	Grens [%]	Controle
-175,0	25,0	0,0	91	6	100,0	100,0	Oké

Rekvlak

x [mm]	d [mm]	z [mm]	ϵ_x [1e-4]	ϕ_z [1e-4]	ϕ_y [1e-4]
105	174	124	4,5	0,0	-190,7

Snedekrachten in doorsnede onderdelen

Drsn. onderdeel	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	A [mm ²]	y_i [mm]	z_i [mm]
Beton	-235,9	19,1	0,0	19924	0	81
Trekwapening	91,0	4,1	0,0	452	0	-45
Drukwapening	-30,1	1,8	0,0	226	0	58
Totaal	-175,0	25,0	0,0			

Gedetailleerde controle van beton

Vezel	y_i [mm]	z_i [mm]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Waarde [%]	Controle
91	0	129	-20,0	-35,0	-20,0	-20,0	100,0	Oké

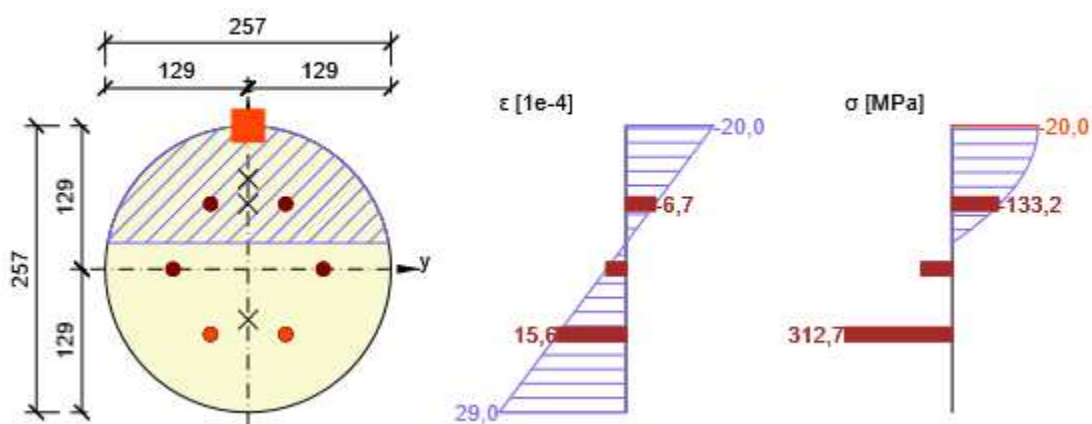
Gedetailleerde staafcontrole

Staaf	y_i [mm]	z_i [mm]	ϵ [1e-4]	ϵ_{lim} [1e-4]	σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Waarde [%]	Controle
6	34	-58	15,6	450,0	312,7	465,9	67,1	Oké

Meldingen

Onvolkomenheden	
	De normaalkracht is groter dan $0.1 \cdot A_c \cdot f_{cd}$. De controle van de betondrukzone is niet noodzakelijk.

Spanning/Rekverdeling in de doorsnede



Verklaring

Symbool	Verklaring
$N_{Ed,tot}$	Rekenwaarde van de toegepaste normaalkracht
$M_{Ed,ytot}$	Rekenwaarde van het toegepaste buigend moment om de y-as
$M_{Ed,ztot}$	Rekenwaarde van het toegepaste buigend moment om de z-as
Betonvezel	Vezelnr. met de hoogste U.C.-waarde
Extreme in staaf	Wapeningstaafnr. met de hoogste U.C.-waarde
Waarde	Berekende waarde van de uitnutting van de doorsnede of een -onderdeel (bv. wapeningstaaf) t.o.v. de grenswaarde
Grens	Grenswaarde van de uitnutting van de controle
Controle	Resultaat van de controle
x	Hoogte van de betondrukzone (positie van de neutrale lijn)
d	Effectieve hoogte van de doorsnede
z	Interne hefboomsarm
ϵ_x	Normaalrek
φ_z	Raaklijn van de hoek tussen y-as en zijn loodrechte projectie in het rekvak (rond de z-as)
φ_y	Raaklijn van de hoek tussen z-as en zijn loodrechte projectie in het rekvak (rond de y-as)
Drsn. onderdeel	Onderdeelttype van de doorsnede (vezel/staal/spanelement/...)
N	De waarde van de normaalkracht die kan worden opgenomen door het doorsnedeonderdeel.
M_y	De waarde van het buigend moment om de 'y' -as in het specifieke doorsnede onderdeel
M_z	De waarde van het buigend moment om de 'z' -as in het specifieke doorsnede onderdeel
A	Oppervlak van DRSN deel (vezel/staaf/spanelement...)
y_i	y-coördinaat van het drsn. onderdeel(vezel/staaf/spanelement...) gerelateerd aan het zwaartepunt van de doorsnede
z_i	z-coördinaat van het drsn. onderdeel(vezel/staaf/spanelement...) gerelateerd aan het zwaartepunt van de doorsnede
Vezel	Betonvezelnr. met hoogste U.C.-waarde
ϵ	De rek in huidig doorsnede onderdeel (vezel/wap.staaf/spanelement/...) berekend voor de UGT
ϵ_{lim}	Grenswaarde van de rek in drsn. onderdeel (vezel/wap.staaf/spanelement/...)
σ	De spanning in drsn. onderdeel (vezel/wap.staaf/spanelement...) berekend voor de toegepaste BGT-combinatie
σ_{lim}	Grenswaarde van de spanning in drsn. onderdeel (vezel/wap.staaf/spanelement...) berekend voor de toegepaste BGT-combinatie
Staaf	Wapeningstaafnr. met de hoogste U.C.-waarde

4 Lijst met Staafmacro's

Staafmacro M 1

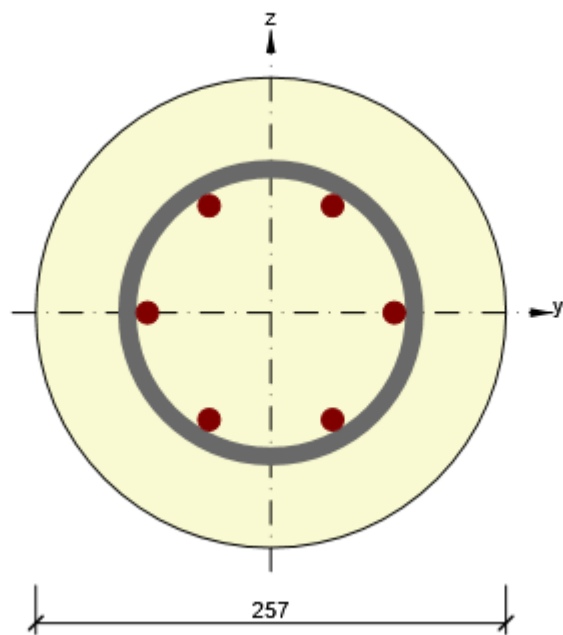
Staaftype	Ligger
Milieuklasse	XC4, XD3, XF4, XA2
Relatieve vochtigheid	95 %
Φ_{inf}	Berekend
Belangrijkheid van rekenstaaf	Belangrijk
Coëfficiënt k_x (7.3.1(5))	1,50

Buig slankheid gegevens

Vrije ruimte tussen de dagzijdes van de steunpunten (5.3.2.2 (1)) m	Breedte van het steunpunt (5.3.2.2 (1))		Ondersteuningsomstandigheid	
	Links mm	Rechts mm	Links	Rechts
15,00	400		Uitkraging	

5 Lijst met gewapende doorsnedes

Gewapende doorsnede R 1



Doorsnede-onderdelen

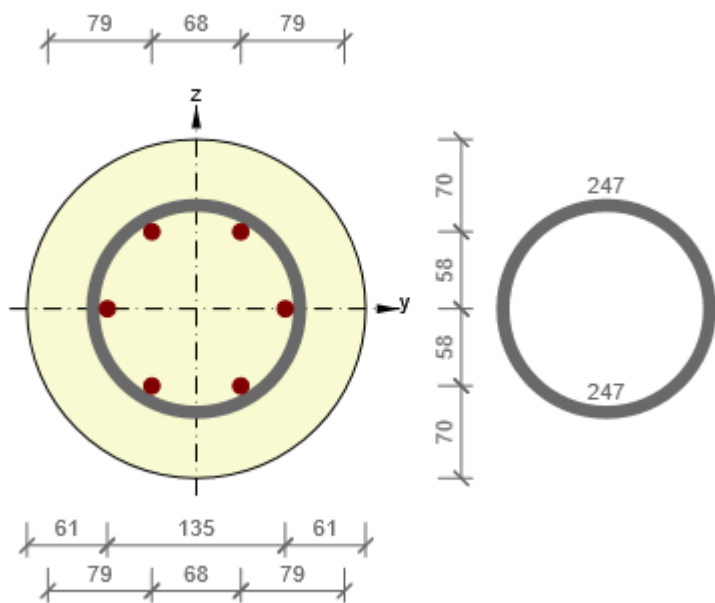
Ronde doorsnede (Diameter 257mm), Materiaal: C30/37

Doorsnede-eigenschappen

A [mm ²]	S _y [mm ³]	S _z [mm ³]	I _y [mm ⁴]	I _z [mm ⁴]	C _{gy} [mm]	C _{gz} [mm]	i _y [mm]	i _z [mm]
51809	0	0	213599290	213599290	0	0	64	64

Betondekking gerelateerd aan de doorsnederanden

Gelijkmatig	45 mm
-------------	-------



Langswapening [kg/m]	Beugels [kg/m]	Totale massa [kg/m]	Wapening / m3 beton [kg/m ³]
-------------------------	-------------------	------------------------	---

Langswapening [kg/m]	Beugels [kg/m]	Totale massa [kg/m]	Wapening / m3 beton [kg/m³]
5	1	7	126

Langswapening

Staaf	Ø [mm]	Materiaal	Y [mm]	Z [mm]
1	12	B 500B	68	0
2	12	B 500B	34	58
3	12	B 500B	-34	58
4	12	B 500B	-68	0
5	12	B 500B	-34	-58
6	12	B 500B	34	-58

Beugels

Beugel	Ø [mm]	Materiaal	Afstand [mm]	Gesloten	Dwarskrachtcontrole	Wringcontrole	Doordiameter
1	10	B 500B	250	Ja	Nee	Nee	0,00
Beugel			Punt		Y [mm]		Z [mm]
1			1		79		0
1			2		75		24
1			3		64		46
1			4		46		64
1			5		24		75
1			6		0		79
1			7		-24		75
1			8		-46		64
1			9		-64		46
1			10		-75		24
1			11		-79		0
1			12		-75		-24
1			13		-64		-46
1			14		-46		-64
1			15		-24		-75
1			16		0		-79
1			17		24		-75
1			18		46		-64
1			19		64		-46
1			20		75		-24
1			21		79		0

6 Lijst met gebruikte materialen

Beton

Naam	f_{ck} [MPa]	f_{cm} [MPa]	f_{ctm} [MPa]	E_{cm} [MPa]	ν [-]	Eenheid massa [kg/m ³]
C30/37	30,0	38,0	2,9	32836,6	0,20	2500
$\epsilon_{c2} = 20,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu2} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{c3} = 17,5 \cdot 10^{-4}$, $\epsilon_{cu3} = 35,0 \cdot 10^{-4}$, Exponent - n: 2,00, Korrelgrootte toeslagmateriaal = 16 mm, Cementklasse: R (s = 0,20), Type diagram: Parabolisch						

Verklaring

Symbol	Verklaring
f_{ck}	Karakteristieke cilindrische betondruksterkte bij 28 dagen
f_{cm}	Gemiddelde waarde van de cilindrische druksterkte van beton
f_{ctm}	Gemiddelde axiale treksterkte van beton
E_{cm}	Secant elasticiteitsmodulus van beton
ϵ_c	Betondrukrek bij piekspanning f_c
ϵ_{cu}	Uiterste drukrek in het beton

Wapeningstaal

Naam	f_{yk} [MPa]	f_{tk} [MPa]	E [MPa]	ν [-]	Eenheid massa [kg/m ³]
B 500B	500,0	540,0	200000,0	0,20	7850
$f_{tk}/f_{yk} = 1,08$, $\epsilon_{uk} = 500,0 \cdot 10^{-4}$, Type: Staven, Staafoppervlak: Geribd, Klasse: B, Vervaardiging: Warmgewalst, Type diagram: Bi-lineair met oplopende tak					

Verklaring

Symbol	Verklaring
f_{yk}	Karakteristieke vloeisterkte van de wapening
f_{tk}	Karakteristieke treksterkte van de wapening
E	Elasticiteitsmodulus van wapeningsstaal
ϵ_{uk}	Karakteristieke rek van de wapening of voorspanstaal bij de maximale belasting

Bijlage H – Berekening ankerverbinding liggers - landhoofd

De boutverbinding tussen de liggers en het landhoofd wordt louter op afschuiving belast:

De maximale horizontale dek belasting bedraagt:

- Q_{flk} = 15,0kN // aan de brug zie paragraaf 3.1.6
= 3kN/ligger (spreiding over 5 liggers)

Toegepast worden twee bouten M16, kwaliteit 8.8 per ligger per zijde.

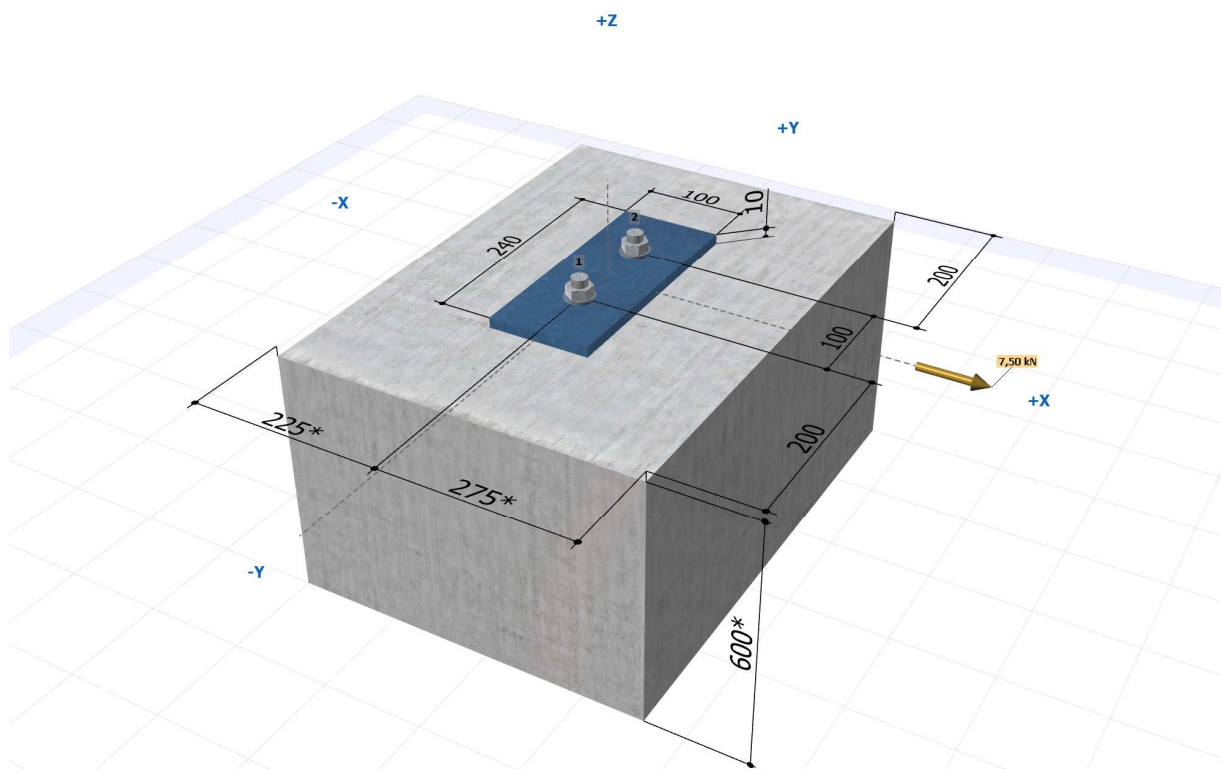
De verbinding is berekend in Bijlage I.

Toetsing

$$U.C. = 0,21 \leq 1,0 \rightarrow \text{voldoet}$$

Bijlage I – Berekening ankerverbinding B+BTEC DesignFiX

Leverancier:	B+BTec Export Division Munterij 8 4762 AH Zevenbergen Telefoon: +31 168 331 260, E-mail: info@bbtectools.com
Product:	B+BTec Export Division Injectie systeem BIS-HY - Materiaal: 5.8 TV M16 Draadstang: $l = 125 + 10 + 18 + 5 = 158 \text{ mm}$
Ontwerpmethode:	ETAG 001, TR 029
Goedkeuring:	ETA-16/0958 2/20/2017
Basismateriaal:	Gescheurd beton C30/37 Geen of normale wapening / Rechte wapening ($\varnothing \geq 12 \text{ mm}$) + beugel ($a \leq 100 \text{ mm}$) Temperatuur: Korte termijn = 40°C Lange termijn = 24°C
Installatie:	Voorsteekmontage Hamerboren Reiniging met perslucht (min. 6 bar CAC) Doorvoergat niet opgevuld. Droog/nat
Verankeringsdiepte:	$h_{\text{ef}} = 125 \text{ mm}$
Ankerplaat:	Rechthoek $100 \cdot 240 \cdot 10$
Profiel:	Niet geselecteerd
Last:	Statisch/quasi-statisch
Eenheden:	Belasting [kN, kNm] Afmetingen [mm], * Niet op schaal



Ankerlasten [kN]:

Anker	N	V	Vx	Vy
1	0.00	3.75	3.75	0.00
2	0.00	3.75	3.75	0.00

Beton:

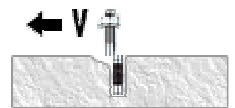
Max. compressie	-	[‰]
Max. betondrukspanning	-	
Resulterende trekkracht	-	
xZ / yZ:	- / -	
Resulterende drukkracht	-	
xD / yD:	- / -	

← V Afschuifkrachten**Staalbreuk (Zonder hefboomarm)**

$$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

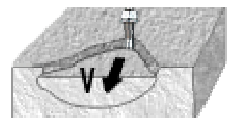
$$3.75 \leq 39.00 / 1.25 = 31.20 \text{ kN}$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{V,s} = 12.0\%$$

**Betonrandbreuk**

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,V} / A_{c,V}^0) \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$$

$$V_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

**Achterste rand +Y (c = 200 mm)**

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 2

$$V_{Rk,c} = 48.73 \cdot (150000 / 180000) \cdot 0.925 \cdot 1.000 \cdot 2.500 \cdot 1.000 \cdot 1.400 = 131.48 \text{ kN}$$

$$3.75 \leq 131.48 / 1.50 = 87.65$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{V,c} = 4.3\%$$

Rechter rand +X (c = 275 mm)

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1, 2

$$V_{Rk,c} = 74.72 \cdot (206250 / 340313) \cdot 0.845 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.400 = 53.60 \text{ kN}$$

$$7.50 \leq 53.60 / 1.50 = 35.74$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{V,c} = 21.0\%$$

Voorste rand -Y (c = 200 mm)

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1

$$V_{Rk,c} = 48.73 \cdot (150000 / 180000) \cdot 0.925 \cdot 1.000 \cdot 2.500 \cdot 1.000 \cdot 1.400 = 131.48 \text{ kN}$$

$$3.75 \leq 131.48 / 1.50 = 87.65$$

$$\text{Benuttingspercentage } \beta_{V,c} = 4.3\%$$

Beton achteruitbreken:

Verificatie in overeenstemming met ETAG 001, TR 029, Vergelijking (5.7a)

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,c}^0 \cdot (A_{c,N} / A_{c,N}^0) \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N,x} \cdot \psi_{ec,N,y}$$

$$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1, 2

$$V_{Rk,cp} = 2.0 \cdot 61.21 \cdot (178125 / 140625) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 = 155.06 \text{ kN}$$

$$7.50 \leq 155.06 / 1.50 = 103.37$$

Benuttingspercentage $\beta_{v,cp} = 7.3\%$

Verificatie in overeenstemming met ETAG 001, TR 029, Vergelijking (5.7)

$$V_{Rk,cp} = k \cdot N_{Rk,p}^0 \cdot (A_{p,N} / A_{p,N}^0) \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,Np} \cdot \psi_{ec,Np,x} \cdot \psi_{ec,Np,y} \cdot \psi_{g,Np}$$

$$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp}$$

De bevestiging bestaat uit 1 groep.

Ankernr. 1, 2

$$V_{Rk,cp} = 2.0 \cdot 55.54 \cdot (178125 / 140625) \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.000 \cdot 1.028 = 144.66 \text{ kN}$$

$$7.50 \leq 144.66 / 1.50 = 96.44$$

Benuttingspercentage $\beta_{v,cp} = 7.8\%$ **Samenvatting van de resultaten**

	Beziijkmethode	Benuttingspercentage
Afschuifkrachten	Staalbreuk	12.0%
	Betonrandbreuk	21.0%
	Beton achteruitbreken	7.8%

Verbinding is VEILIG!**Opmerkingen:**

De resultaten zijn gebaseerd op de condities welke gedefinieerd zijn door de gebruiker van de software en op de door de gebruiker ingevoerde data. De gebruiker is zelf verantwoordelijk voor de juistheid en volledigheid. Daarnaast bent u ook als enige verantwoordelijk voor het laten controleren en bevestigen van de berekeningen en de uitkomsten daarvan door een deskundige, met name waar het gaat om conformering aan geldende normen en voorschriften, voordat u deze toepassing in praktijk brengt. Dit geldt in het bijzonder met betrekking tot de naleving van de geldende normen en goedkeuringen. DesignFix is uitsluitend bedoeld als hulpmiddel bij de interpretatie van normen en voorschriften, zonder dat garanties worden verleend ten aanzien van volledige correctheid en relevantie van de resultaten, noch ten aanzien van geschiktheid voor een specifieke toepassing. Alle voorwaarden conform ETA Goedkeuring (ETA-16/0958) moeten in acht worden genomen.

Het wordt aangenomen dat de ankerplaat niet zal vervormen door het aanwezige krachtspeel. Het DesignFix ankerplaatontwerp is gebaseerd op een spanningstest en staat niet garant voor voldoende stijfheid van de ankerplaat. De benodigde stijfheid van de ankerplaat, kan niet door DesignFix worden berekend.

Om de capaciteit van de structurele onderdelen te garanderen, moeten de voorwaarden, omschreven in sectie 7 van ETAG 001, Bijlage C, worden gevolgd.

Als de randafstand van een anker kleiner is dan de karakteristieke randafstand $c_{cr,N} = 188 \text{ mm}$, dan moet deze in ieder geval met $\varnothing 6$ langswaopening worden versterkt.

Colofon

KRW MAATREGELEN PATERSWOLDSEMEER
DO-BEREKENING VOETGANGERSBRUG HALVE MANEN

KLANT

Waterschap Noorderzijlvest

AUTEUR

Erik Hooijschuur

ONZE REFERENTIE

D10057397:56

DATUM

28 september 2022

STATUS

Concept

Over Arcadis

Arcadis is een toonaangevend wereldwijd ontwerp- en consultancybureau voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. Wij maken het verschil voor onze klanten en de maatschappij met doeltreffende, duurzame en digitale oplossingen. Met 27.000 mensen in meer dan 70 landen genereerden we in 2020 een omzet van €3,3 miljard. Wij ondersteunen UN-Habitat met kennis en expertise om leefomstandigheden te verbeteren in gebieden getroffen door de gevolgen van de klimaatverandering.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 173
1620 AD Hoorn
Nederland

T **+31 (0)88 4261 261**