



Vervanging oever Hooghiemstraplein

Definitief ontwerp

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Referentie: INFR221114-R05

Revisie: 1

Datum: 3 maart 2026

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek



Titel document: Vervanging oever Hooghiemstraplein

Ondertitel document: Definitief ontwerp

Referentie: INFR221114-R05

Revisie: 1

Datum: 3 maart 2026

Opdrachtgever: Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden

Project: INFR221114

Revisie	Status	Datum	Auteur(s)	Gecontroleerd	Goedgekeurd	Omschrijving
0	Concept	25-04-2025	MVE	RHU, TAL	b.a. MVE	Concept
1	Definitief	03-03-2026	MVE	RHU, NDA	GRU	Opmerkingen verwerkt + gegevens K&L verwerkt



Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1.	Aanleiding	5
1.2.	Doel	5
1.3.	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten	6
2.1.	Beschrijving van de bestaande situatie	6
2.2.	Te vervangen oeverdelen	7
2.3.	Type constructies	8
2.4.	Ontwerp volgens normen en richtlijnen	9
2.5.	Betrouwbaarheidsniveau van de oeverconstructie	9
2.6.	Partiele veiligheidsfactoren	9
2.7.	Locatie en aantal rekensneden	9
2.8.	Geotechnische uitgangspunten	9
2.9.	Hydraulische en hydrologische uitgangspunten	11
2.10.	Geometrische uitgangspunten	11
2.11.	Belastingen en belastingcombinaties	13
2.12.	Bomen langs het oevertraject	14
2.13.	Materiaalafname van stalen onderdelen	14
2.14.	Modellering in D-Sheet Piling	15
2.15.	Kabels en leidingen	15
2.16.	Aansluitingen op bestaande objecten	18
3	Oeverconstructie	19
3.1.	Ontwerputgangspunten voor de oeverconstructie	19
3.2.	Ontwerpverificatie	19
3.3.	Installatie damwand	21
3.4.	Vormgeving van de aansluitingen	23
4	Overkluizing	25
4.1.	Vormgeving van de overkluizing	25
4.2.	De Ontwerp van de overkluizing	26
4.3.	Ontwerpverificatie	26
4.4.	Verbindingen	31
4.5.	Installatie damwand	33
5	Raakvlakken en risico's	34
5.1.	Omgang met raakvlakken	34
5.2.	Omgang met risico's	34



6	Veiligheid, gezondheid en milieu	37
6.1.	Ontwerpfase	37
6.2.	Uitvoeringsfase	37
6.3.	Gebruiksfase	37
7	Duurzaamheid	38
7.1.	Materiaalkeuze en hergebruik	38
7.2.	Beperking uitstoot (CO ₂ , NO ₂ , etc.)	38
8	Conclusie	39
8.1.	Conclusie	39
8.2.	Aanbevelingen	40
Referenties		41
BIJLAGEN		42
A.	Programma van Eisen	42
B.	Grondonderzoek	43
C.	D-Sheet Piling berekening lage en hoge oeverdeel	44
D.	Toetsing damwand	45
E.	Tekeningen	46
F.	Drukkracht	47
G.	D-Sheet Piling berekening overkluizing	48
H.	Toetsing damwand overkluizing	49
I.	Verbindingen gordingen aan damwand	50
J.	Onderzoeksrapportages detectie kruisende kabels en leidingen	51

1 Inleiding

1.1. Aanleiding

Het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) heeft in de stedelijke kern van Utrecht een aantal watergangen met oevers in beheer. Met de gemeente zijn afspraken gemaakt om de oevers in eigendom over te dragen, het water blijft in eigendom van het waterschap. Voorwaarde vanuit de gemeente is dat de oevers in goede staat van onderhoud verkeren op het moment dat de oevers worden overgedragen aan de gemeente.



Figuur 1-1 - Tracé Hooghiemstraplein

De oever langs het Hooghiemstraplein (zie Figuur 1-1) verkeert in slechte staat en dient voor de overdracht vervangen te worden. De voorliggende rapportage beschrijft het definitieve ontwerp (DO) van de nieuwe oeverconstructie ter plaatse van het Hooghiemstraplein.

1.2. Doel

Doel van deze rapportage is het presenteren van het DO voor de nieuwe oever ter plaatse van het Hooghiemstraplein.

1.3. Leeswijzer

In hoofdstuk 1 zijn de in- en aanleiding van de voorliggende rapportage opgenomen. Hoofdstuk 2 beschrijft de uitgangspunten die zijn gehanteerd waarna in hoofdstukken 3 en 4 het ontwerp van de oeverconstructie is uitgewerkt. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 zijn de raakvlakken en risico's, veiligheids-, milieu en duurzaamheidsaspecten behandeld. De rapportage sluit in hoofdstuk 8 af met de conclusies en aanbevelingen.



2 Uitgangspunten

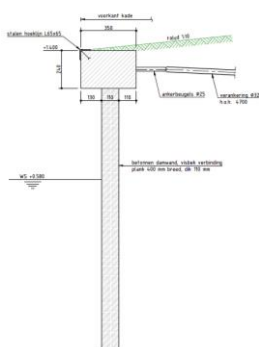
2.1. Beschrijving van de bestaande situatie

De kade langs het Hooghiemstraplein is opgebouwd uit drie verschillende typen [7]:

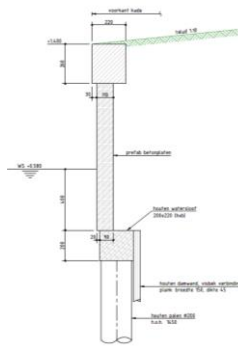
- Kadeconstructie type 1 is de meest zuidelijke constructie en sluit aan op de vleugelwand van de Vaaltbrug. De kade heeft een lengte van ca. 25 m en is opgebouwd uit betonnen damwandplanken met een betonnen deksloof die op de hoeken is voorzien van een stalen hoeklijn. In de deksloof is een ankerbeugel gestort met verankering met een hart-op-hartafstand van 4,7 m. Het bovengelegen talud is ingericht als groenstrook met daarachter een rijweg. In de groenstrook staan bomen op een afstand van 70 cm achter de voorzijde deksloof, de bomen hebben een diameter tot 45 cm.
- Kadeconstructie type 2 heeft een lengte van ca. 6 m en is opgebouwd met een betonwand met deksloof, de betonwand is gefundeerd op een houten fundering, bestaande uit een watersloof met daaronder ronde houten palen. Direct achter de watersloof is een houten damwandscherm aanwezig. Het bovengelegen talud is ingericht als groenstrook met bomen en struiken, de bomen hebben een diameter tot 45 cm.
- Kadeconstructie type 3 is de meest noordelijke constructie en sluit aan op de vleugelwand van de noordelijk gelegen Vaaltwegbrug. De totale lengte van de constructie is ca 90 m, waarvan de noordelijke 25 m een grotere grondkerende hoogte heeft. De constructie is opgebouwd uit een houten damwand met aan de voorzijde een gording, de bovenzijde van de damwand bevindt zich 22 cm onder de waterlijn. Op de gording zijn betonplaten aangebracht die op hun plaats worden gehouden door H-profielen die verticaal in de grond zijn aangebracht. Voor de H-profielen is boven de waterlijn een stalen U-profiel aanwezig met houten wrijfgording.

Een weergave van de verschillende types is opgenomen in Figuur 2-1. De tekening van de bestaande situatie is opgenomen in bijlage E.

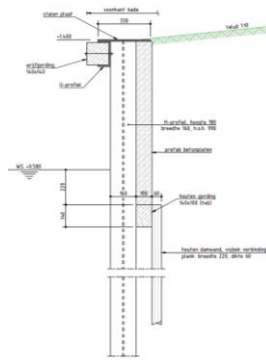
Type 1



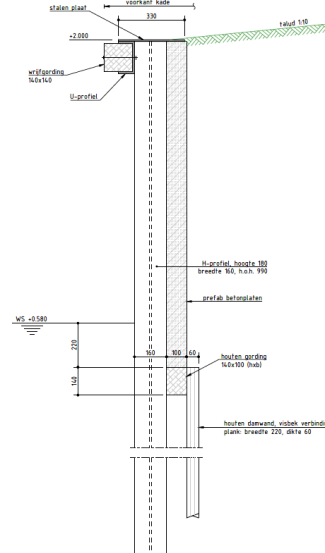
Type 2



Type 3 (laag)



Type 3 (hoog)



Figuur 2-1 - Doorsnedes kadeconstructie Hooghiemstraplein

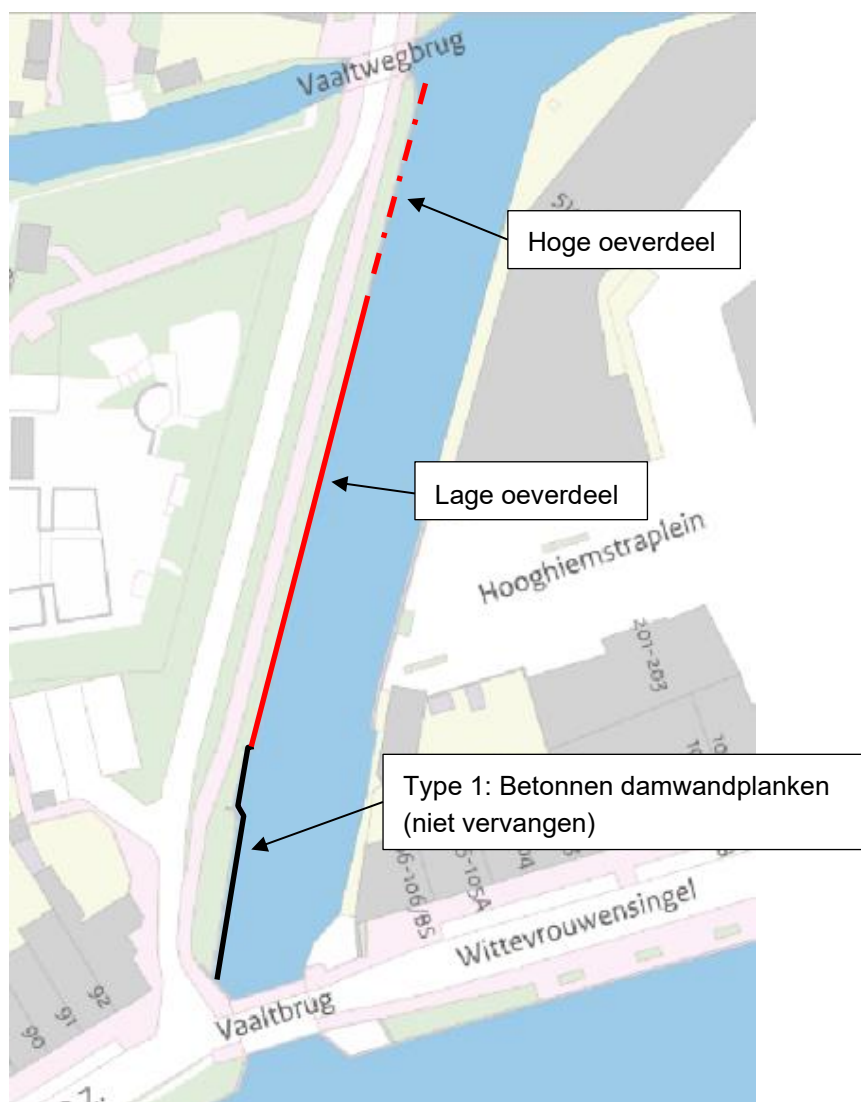
2.2. Te vervangen oeverdelen

Op basis van uitgevoerde inspecties blijkt dat de betonnen damwandplanken (type 1 en 2) in redelijke staat verkeren [7]. Op basis van de beschikbare inspectiegegevens lijkt vervanging van dit oeverdeel niet noodzakelijk, wel dient dit oeverdeel gerenoveerd te worden. Dit deel heeft een lengte van ca. 25 m.

De constructies van het type 3 (laag) en 3 (hoog) bevinden zich in slechte staat en dienen op basis van de inspectiegegevens vervangen te worden [7]. De voorliggende ontwerprapportage heeft betrekking op de vervanging van deze oeverdelen.

Aan de noordzijde sluit de nieuw te plaatsen oeverconstructie aan op de Vaaltwegbrug. Richting de brug loopt het niveau van het maaiveld over ca. 25 m op van ca. NAP+1,4 m tot NAP+2,0 m. Om een goede aansluiting te garanderen met de Vaaltwegbrug dient over dit deel een oeverconstructie met een grotere kerende hoogte aangebracht te worden, in deze rapportage aangeduid met 'hoge oeverdeel'. Het zuidelijke deel van de te vervangen oeverdeel heeft een lengte van ca. 65 m en wordt in de rapportage aangeduid met 'lage oeverdeel'. Dit oeverdeel sluit aan de zuidzijde aan op de bestaande betonnen damwandplanken (type 1).

De strekkingen van de te vervangen oeverdelen zijn weergegeven in Figuur 2-2.



Figuur 2-2 - Te vervangen oeverdelen

2.3. Type constructies

Voor de te vervangen oeverconstructie zijn constructies in verschillende materiaaltypen mogelijk. Hierbij valt te denken aan staal, kunststof (Prolock) en hout. Oeverconstructies in hout of kunststof zijn mogelijk indien deze voorzien worden van een (klap)ankerconstructie. Gezien de bomen langs het tracé zullen zich in de ondergrond wortels bevinden waar de ankers naar alle waarschijnlijkheid op vastlopen. Een verankerde constructie uitgevoerd in hout of kunststof is hierdoor niet mogelijk. Gezien de aanwezigheid van de boomwortels is een onverankerde constructie wenselijk. Een oeverconstructie uitgevoerd in stalen damwandplanken is wel voldoende sterk om als onverankerde constructie uitgevoerd te worden. Om deze reden is gehanteerd dat de nieuwe oeverconstructie uitgevoerd wordt in stalen damwandplanken.



Daarnaast dient de nieuwe oeverconstructie trillingsvrij aangebracht te worden. Bij een kunststof- of houten systeem is dit gezien de ondergrond ter plaatse niet haalbaar om de constructie trillingsvrij zonder schade aan te brengen. Bij stalen damwandplanken is het wel haalbaar om deze trillingsvrij aan te brengen door middel van drukken.

2.4. Ontwerp volgens normen en richtlijnen

De oeverconstructies zijn ontworpen op basis van de vigerende normen en richtlijnen, waarmee voldaan wordt aan de wettelijke kaders die zijn gesteld voor het ontwerp van oeverconstructies. De van toepassing zijnde gehanteerde normen en richtlijnen zijn opgenomen in de referentielijst aan het einde van deze rapportage.

2.5. Betrouwbaarheidsniveau van de oeverconstructie

De kade wordt ontworpen in gevolklasse CC1 en bijbehorende betrouwbaarheidsklasse RC1 conform NEN 9997[1].

2.6. Partiele veiligheidsfactoren

In Tabel 2-1 zijn de gehanteerde partiele veiligheidsfactoren op de grondparameters conform RC1 weergegeven. In Tabel 2-2 zijn de partiele belastingfactoren conform RC1 weergegeven.

Tabel 2-1: Partiele veiligheidsfactoren op grondparameters volgens tabel A.4b uit NEN 9997-1:2017 [1]

Grondparameter	Symbool	factor
Hoek van inwendige wrijving	φ'	1,15
Effectieve cohesie	c'	1,15
Volumiek gewicht	γ	1,0

Tabel 2-2: Partiele belastingfactoren volgens tabel A.3 uit NEN 9997-1:2017 [1]

Belasting	Symbool	Geotechnische belasting	Constructieve belasting
Permanente belasting	γ_G	1,0	1,215
Variabele belasting	γ_Q	1,0	1,35

2.7. Locatie en aantal rekensneden

Voor het Hooghiemstraplein zijn twee rekensneden beschouwd, één ter plaatse van het hoge oeverdeel en één ter plaatse van het lage oeverdeel.

2.8. Geotechnische uitgangspunten

De grondopbouw ter plaatse van de te vervangen oeverconstructie is bepaald op basis van het uitgevoerde geotechnisch onderzoek. Voor de bodemopbouw aan de waterzijde zijn de grondlagen vanuit de landzijde aangehouden.

Het volumegewicht en de sterkteparameters van de grondsoorten zijn ingeschat op basis van tabel 2.b uit NEN9997-1 [1]. De schelpfactoren voor door grond horizontaal belaste palen zijn conform tabel 2.2 uit CUR publicatie 228 [4]. De beddingsconstanten zijn ingeschat conform CUR166 [2]. Voor de wandwrijvingshoek is voor klei en zand is een waarde van $2/3 \cdot \varphi$ aangehouden [1].



Ter plaatse het te vervangen deel van de oever zijn drie sonderingen (DKMP001 t/m DKMP003) beschikbaar, zie bijlage B. Hierbij bevindt sondering DKMP001 zich ter plaatse van het hoge oeverdeel. Sondering DKMP0002 en DKMP0003 bevinden zich ter plaatse van het lage oeverdeel.

2.8.1. Geotechnische uitgangspunten bij het lage oeverdeel

De sonderingen laten een wisselend beeld zien. In alle sonderingen zijn tot ca. NAP-0,5 m – NAP-1,0 m slappe lagen waar te nemen met daaronder zandlagen.

- Bij DKMP002 zijn tot ca. NAP-8,0 m zandlagen te zien met een conusweerstand van ca. 5-10 MPa met daaronder zandlagen met een conusweerstand van ca. 10->20 MPa.
- Bij DKMP003 zijn tot ca. NAP-4,5 m zijn zandlagen te zien met een conusweerstand tot 5 MPa waar te nemen met daaronder lagen met conusweerstand tussen 10->20 MPa.

Gezien de verwachte lengte van de damwaaipalen [8] van ca. 7-10 m is sondering DKMP003 vanwege de hoger gelegen zandlagen met een lage conusweerstand als maatgevend beschouwd voor de stabiliteitsberekening van het lage oeverdeel. De grondopbouw ter plaatse van het lage oeverdeel is weergegeven in Tabel 2-3.

Tabel 2-3: Maatgevende grondopbouw lage oeverdeel o.b.v. sondering DKMP0003

Nr.	Grondsoort	Niveau [m + NAP]	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]	δ_{kar} [°]	Schelp -factor	K1 [kN/m ³]	K2 [kN/m ³]	K3 [kN/m ³]
1.	Klei, schoon, slap	MV tot -0,5	14,0	14,0	1,0	17,5	11,7	1,5	2.000	800	500
2.	Zand, los	-0,5 tot -4,5	17,0	19,0	0	30,0	20,0	2,0	12.000	6.000	3.000
3.	Zand, matig vast	-4,5 tot -8,5	18,0	20,0	0	32,5	21,7	2,3	20.000	10.000	5.000
4.	Zand, vast	-8,5 tot -11,5	19,0	21,0	0	35,0	23,3	2,7	40.000	20.000	10.000
5.	Zand, matig vast	-11,5 tot -13,5	18,0	20,0	0	32,5	21,7	2,3	20.000	10.000	5.000

2.8.2. Geotechnische uitgangspunten bij het hoge oeverdeel

Ter plaatse van het hoge oeverdeel is DKMP0001 gelegen, de gehanteerde grondopbouw is weergegeven in Tabel 2-4.

Tabel 2-4: Maatgevende grondopbouw hoge oeverdeel o.b.v. sondering DKMP0001

Nr.	Grondsoort	Niveau [m + NAP]	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]	δ_{kar} [°]	Schelp -factor	K1 [kN/m ³]	K2 [kN/m ³]	K3 [kN/m ³]
1.	Klei, schoon, slap	MV tot -1,0	14,0	14,0	1,0	17,5	11,7	1,5	2.000	800	500
2.	Zand, matig vast	-1,0 tot -7,0	18,0	20,0	0	32,5	21,7	2,3	20.000	10.000	5.000
3.	Zand, los	-7,0 tot -9,0	17,0	19,0	0	30,0	20,0	2,0	12.000	6.000	3.000



Nr.	Grondsoort	Niveau [m + NAP]	γ_{dr} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c_{kar} [kN/m ²]	ϕ_{kar} [°]	δ_{kar} [°]	Schelp -factor	K1 [kN/m ³]	K2 [kN/m ³]	K3 [kN/m ³]
4.	Zand, matig vast	-9,0 tot -14,0	18,0	20,0	0	32,5	21,7	2,3	20.000	10.000	5.000

2.8.3. Schelpfactoren

De volgende schelpfactoren zijn gehanteerd:

- Zand, los: 1,8
- Zand, matig vast: 2,0

2.9. Hydraulische en hydrologische uitgangspunten

Voor het gebied is een peilbesluit vastgesteld. De waterstanden ter plaatse van het Hooghiemstraplein bedraagt [6]:

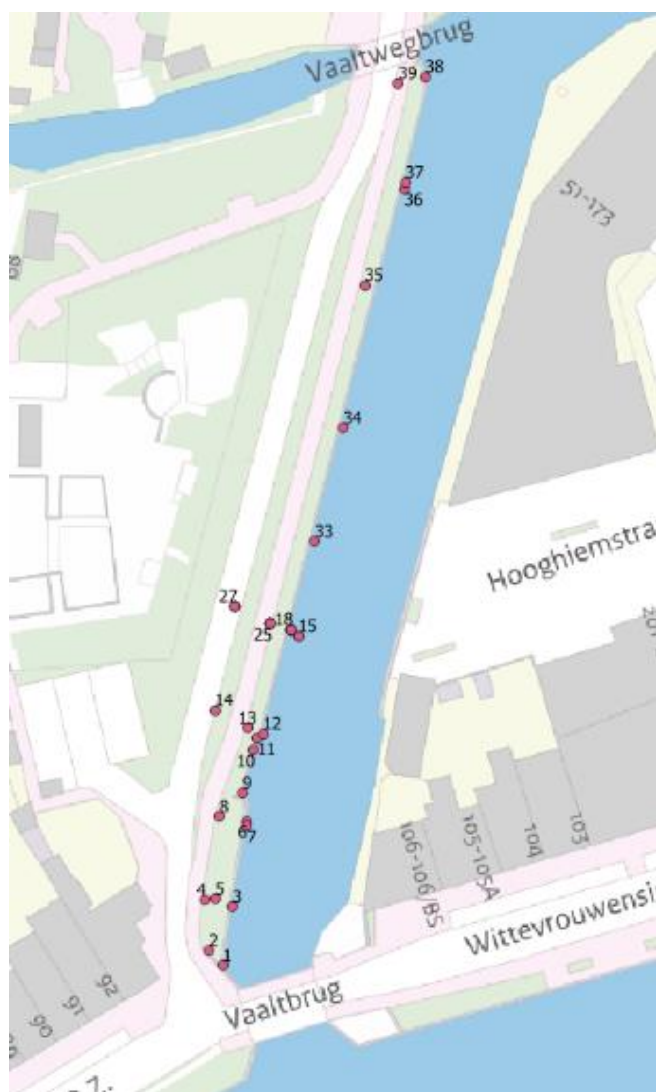
- Laagste waterstand NAP+0,50 m
- Streefpeil NAP+0,58 m
- Hoogste waterstand NAP+0,65 m

Bovenop deze rekenwaterstand worden nog de toeslagen conform CUR166 [2] toegepast.

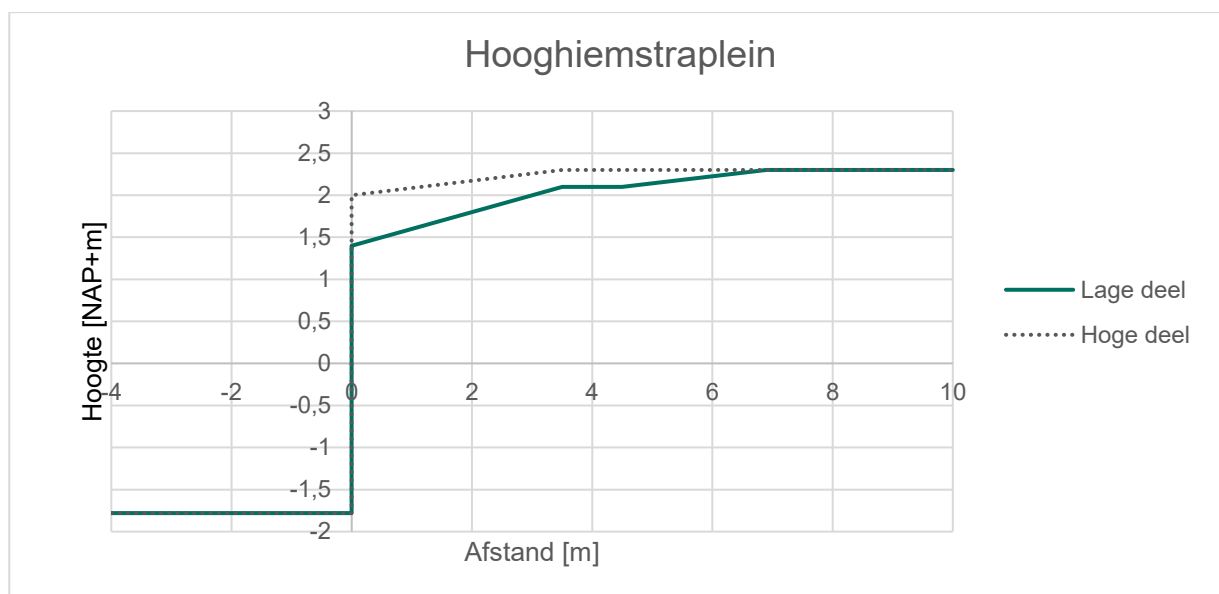
2.10. Geometrische uitgangspunten

2.10.1. Maaiveldniveau achter de oeverconstructie

Voor het ontwerp zijn een aantal hoogtemetingen van de bestaande oeverconstructies langs de Tolsteegsingel en het Hooghiemstraplein uitgevoerd. De metingen zijn uitgevoerd om het maatgevende profiel te bepalen. In Figuur 2-3 is een overzicht weergegeven van de locaties van de gemeten profielen. In Figuur 2-4 zijn de maatgevende profielen weergegeven voor het Hooghiemstraplein. In het figuur zijn een maatgevend profiel voor het hoge deel en het lage deel weergegeven.



Figuur 2-3 - Meetpunten Hooghiemstraplein



Figuur 2-4 - Maatgevende profielen Hooghiemstraplein

2.10.2. Waterbodemoniveau voor de oeverconstructie

Het waterbodemoniveau ter plaatse van het Hooghiemstraplein is eveneens ingemeten, hierbij is alleen het bodemoniveau direct achter de bestaande oeverconstructie ingemeten.

Ter plaatse van het Hooghiemstraplein is direct achter de oeverconstructie een waterdiepte gemeten die 1,7 m bedraagt. Bij een gemiddeld waterpeil van NAP+0,58 m (zie paragraaf 2.8.2) ligt het bodemoniveau op NAP-1,12 m. De waterdiepte bedraagt volgens de legger van HDSR 1,6 m waarmee het bodemoniveau volgens de legger minimaal op NAP-1,02 m dient te liggen. Volgens de legger wordt een onderhoudsdiepte van 0,5 m aangehouden waardoor het bodemoniveau op NAP-1,52 m ligt. Voor het ontwerp wordt een baggertolerantie van 0,2 m aangehouden waarmee het ontwerpbodemoniveau langs het Hooghiemstraplein op NAP-1,72 m dient te liggen.

2.11. Belastingen en belastingcombinaties

2.11.1. Permanente belasting

De permanente belasting afkomstig uit de gronddruk en waterdruk wordt bepaald door D-Sheet Piling aan de hand van de ingevoerde waarden.

2.11.2. Variabele belasting

Ter plaatse van de nieuwe oeverconstructie langs het Hooghiemstraplein dient conform het PvE (zie bijlage 0) rekening gehouden te worden met een bovenbelasting van 5 kN/m².

2.12. Bomen langs het oevertraject

Langs Tolsteegsingel staan in de huidige situatie drie rijen met bomen, waarvan de eerste rij zich vlak (ca. 70 cm) achter de bestaande oeverconstructie bevindt, zie Figuur 2-5. Deze rij bomen zal voor aanvang van de werkzaamheden gekapt worden omdat anders onvoldoende ruimte aanwezig is om de nieuwe oeverconstructie te plaatsen.

De tweede rij bomen staat op een afstand van ca. 5 m uit de bestaande oeverconstructie. Indien de nieuwe constructie wordt voorzien van een verankering is het risico aanwezig dat de verankering in conflict komt met de boomwortels van de tweede rij bomen. Om deze reden is het uitgangspunt gehanteerd dat de nieuwe te plaatsen oeverconstructie onverankerd wordt uitgevoerd.



Figuur 2-5 - Bomen langs de bestaande oeverconstructie

2.13. Materiaalafname van stalen onderdelen

In de berekening wordt voor stalen onderdelen een corrosietoeslag in rekening gebracht. Hierbij is het uitgangspunt gehanteerd dat de oeverconstructie in schone grond wordt geplaatst en zich aan waterzijde zoet water bevindt. Voor de staaldikteafname voor de komende 50 jaar zijn de rekenwaarde van de staaldikteafname conform de NEN6766 [10] gehanteerd. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

- De constructie betreft een stalen damwand: groep 2 (tabel 3 uit de NEN6766)



- Het water betreft schoon water: zone 4 (tabel 2 uit de NEN6766)
- De grond rondom de damwand betreft schone grond met verversing van grondwater: type grondconditie II (tabel 1 uit de NEN6766)

Gezien de opbouw van de (onverankerde) constructie zal het maximale moment in de oeverconstructie zich onder het bodemniveau (grond-grond) bevinden. De gehanteerde staaldikte afname per jaar conform de NEN6766 bedraagt:

- Situatie grond-grond: 2,4 mm (tabel 4 uit de NEN6766)

2.14. Modelleren in D-Sheet Piling

De damwand is gemodelleerd met behulp van D-Sheet Piling versie 23.1.1 (reken-schema B). Met D-Sheet Piling worden de krachtswerking in de constructie (damwand en verankering) en de totale stabiliteit van de oeverconstructie berekend.

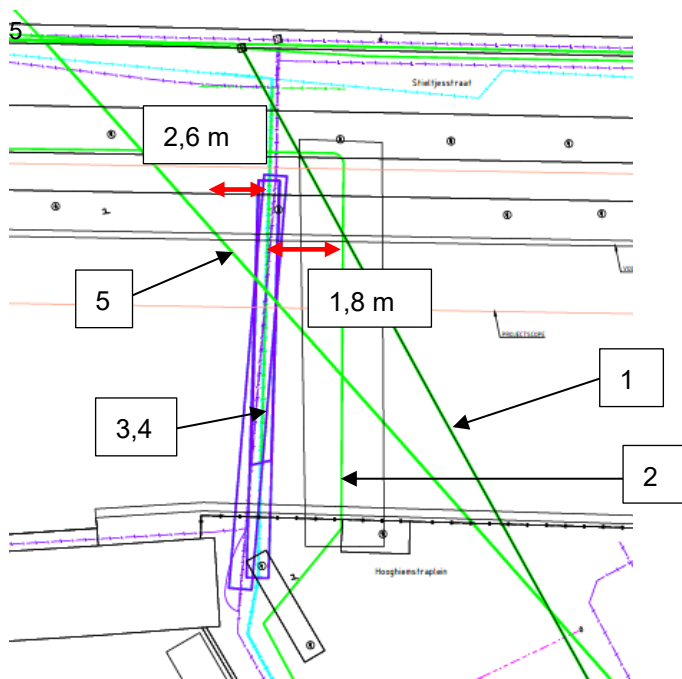
In de modellen is de volgende rekenfasering aangehouden:

- | | | |
|---|---------------------------------|-----|
| 1 | Aanbrengen damwand | RC1 |
| 2 | Aanvullen tot bovenkant damwand | RC1 |
| 3 | Eindsituatie | RC1 |

2.15. Kabels en leidingen

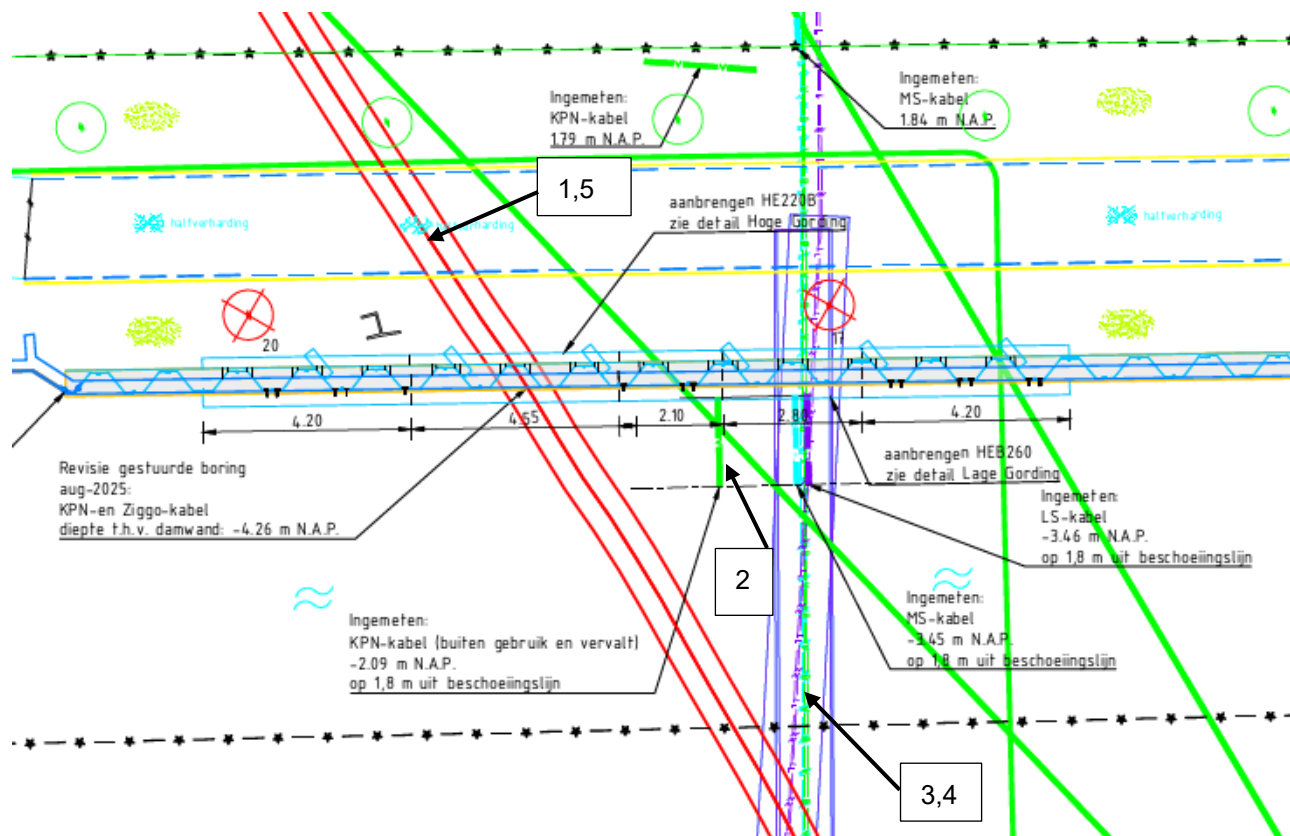
2.15.1. Locatie van de kruisende kabels en leiding

Ter plaatse van het te vervangen oevertracé langs het Hooghiemstraplein is een KLIC-melding gedaan, zie Figuur 2-6. Ter plaatse van het Hooghiemstraplein kruisen diverse kabels en leidingen het oeverdeel dat vervangen dient te worden. Het soort leiding en de beheerder zijn met nummering (corresponderend met de nummering in Figuur 2-6) opgenomen in Tabel 2-5.



Figuur 2-6 - Ligging kruisende kabels conform KLIC

Om de exacte ligging van de kabels en leidingen vast te stellen is nader onderzoek uitgevoerd. Hieruit blijkt dat een aantal kabels en leidingen niet ligt conform de KLIC. De kabels nr. 1 en 5 liggen niet apart maar in dezelfde gestuurde boring. De kabels met de nummers 2, 3 en 4 liggen wel conform KLIC. De ligging op basis van het nader onderzoek is weergegeven in Figuur 2-7.



Figuur 2-7 - Ligging kruisende kabels conform nader uitgevoerd onderzoek

De resultaten van de ligging op basis van het nader onderzoek zijn opgenomen in Tabel 2-5. De rapportages van de veldwerkzaamheden zijn opgenomen in bijlage J.

Tabel 2-5 - Kruisende Kabels en Leidingen

Nr.	Type	Soort	Beheerder	Diepteligging [NAP+m]
1	Datakabel	Gestuurde boring	Ziggo	NAP-4,26 m
2	Datakabel	Mantelbuis / zinker	KPN	NAP-2,09 m
3	Laagspanningskabel	Mantelbuis / zinker	Stedin	NAP-3,45
4	Middenspanningskabel	Mantelbuis / zinker	Stedin	NAP-3,46
5	Datakabel	Gestuurde boring	KPN	NAP-4,26 m

Vanuit KPN is vernomen dat datakabel nr. 2 buiten niet meer in werking is. Het is in het ontwerp niet noodzakelijk rekening te houden met deze kabel, de damwand mag door deze kabel heen geplaatst worden. Kabels die overluid moeten worden. De kabels en leidingen 1, 3, 4 en 5 moeten overluid worden. De kabels 3 en 4 liggen naast elkaar en kruisen de oeverconstructie op hetzelfde niveau, zie Tabel 2-5. Deze kabels liggen naar alle waarschijnlijkheid in de zelfde zinker.

Van de kabels 1 en 5 is tijdens het veldonderzoek vastgesteld dat deze in dezelfde mantelbuis liggen die door middel van een gestuurde boring is aangebracht. Deze kabels kruisen de oeverconstructie dus op dezelfde locatie.

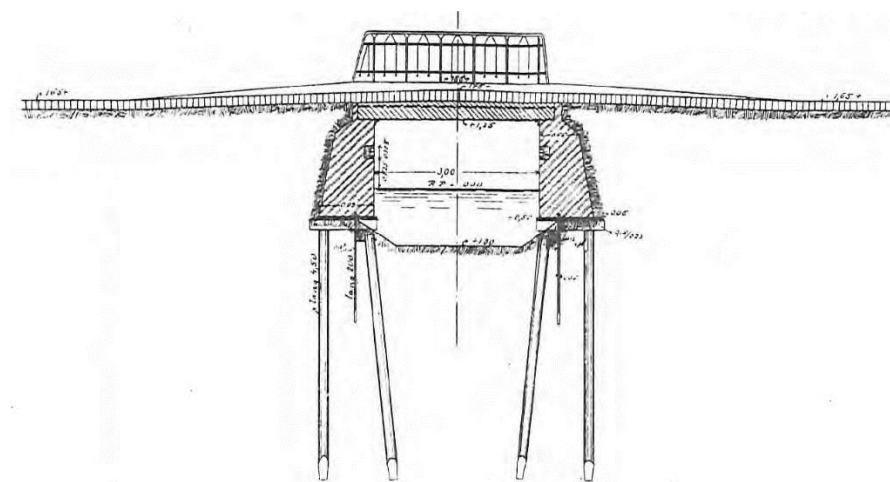
2.15.2. Afstand van objecten uit kabels en leidingen

Ter plaatse van kruisende kabels en leidingen dient de oeverconstructie met een vastgestelde afstand uit de kabels en leidingen te worden geplaatst. Ten aanzien van de kabel en leidingbeheerders dienen de volgende afstanden aangehouden te worden [12]:

- Ziggo: 1,5 m
- KPN: 1,5 m
- Stedin (midden- en laagspanning): 1,0 m

2.16. Aansluitingen op bestaande objecten

Aan de noordzijde sluit de nieuwe oeverconstructie aan op de Vaaltwegbrug. Deze brug is aangelegd omstreeks 1914. Het brugdek is aangebracht op metselwerken gewichtsmuren die zijn aangebracht op een houten kespenrooster wat ondersteund wordt door houten funderingspalen, zie Figuur 2-8. De nieuwe oeverconstructie sluit aan op de gewichtsmuurconstructie van de Vaaltwegbrug.



Figuur 2-8 - Doorsnede Vaaltwegbrug [9]

Aan de zuidzijde sluit de nieuwe oeverconstructie aan op de bestaande betonnen oeverconstructie. Dit betreft constructie type 1 uit paragraaf 2.1. De betonnen damwand is verankerd, vermoedelijk door middel van legankers. De lengte van de ankerstangen is onbekend.



3 Oeverconstructie

3.1. Ontwerputgangspunten voor de oeverconstructie

Voor het ontwerp van de nieuwe oeverconstructie langs het Hooghiemstraplein zijn de volgende ontwerpkeuzes gemaakt.

- Damwandplanken
 - De oever langs het Hooghiemstraplein wordt voorzien van stalen damwandprofielen. Omdat de damwanden trillingsvrij (drukkend) aangebracht worden, is uitgegaan van stalen warmgevormde damwandplanken. Koudgevormde damwandplanken zijn onvoldoende sterk om drukkend aan te brengen. Gekozen is om een AZ18-700 profiel toe te passen met staalkwaliteit S355, dit profiel kan de optredende belastingen opnemen en schadevrij door middel van drukken aangebracht worden (zie paragraaf 3.3.1).
 - De damwandconstructie betreft een onverankerde damwandconstructie.
 - De damwandplanken worden met de punt op minimaal NAP-6,1 m aangebracht. Bij het hoge oeverdeel wordt de kop op NAP+2,0 m aangebracht en bij het lage oeverdeel op NAP+1,4 m.
- Deksloof

De stalen damwand is voorzien van een stalen deksloof.
- Ontlastsleuf

Om de nieuwe damwand aan te kunnen brengen is het uitgangspunt gehanteerd dat een ontlastsleuf achter de damwand wordt aangebracht met een breedte van 0,3 m.
- Installatie

Ter plaatse van de aansluiting van met de Vaaltwegbrug dienen de damwanden trillingsvrij aangebracht te worden. Daarnaast is aan de andere zijde van de watergang bebouwing aanwezig die direct aan de watergang grenst. De funderingswijze van de Vaaltwegbrug en de bebouwing in de omgeving is niet bekend. Om deze redenen gehanteerd dat de gehele oeverconstructie drukkend wordt aangebracht. Gezien de korte tracé lengte van de te vervangen oever loont het niet om de constructie gedeeltelijk drukkend en gedeeltelijk trillend aan te brengen. Aanzien een deel trillingsvrij aangebracht dient te worden en het noodzakelijk materiaal al ter plaatse is, is het uitgangspunt gehanteerd dat het gehele tracé trillingsvrij aangebracht wordt.

3.2. Ontwerpverificatie

3.2.1. Vaststellen belastingen in de damwand

In Tabel 2-6 zijn de berekeningsresultaten uit de D-Sheet Piling weergegeven voor het hoge oeverdeel en in Tabel 2-7 de resultaten van het lage oeverdeel. De uitdraai van de berekening is opgenomen in bijlage C.

Tabel 2-6: Resultaten D-Sheet Piling berekening hoge oeverdeel

Rekenfase	Moment [kNm/m]	Dwarskracht [kN/m]	Vervorming [mm]	Stabiliteits- factor
Aanbrengen damwand	43,1	22,1	2,2	3,0
Aanvullen tot bovenkant damwand	108,6	74,0	16,0	3,0



Rekenfase	Moment [kNm/m]	Dwarskracht [kN/m]	Vervorming [mm]	Stabiliteits- factor
Eindsituatie	176,1	172,6	39,8	2,7

Tabel 2-7: Resultaten D-Sheet Piling berekening lage oeverdeel

Rekenfase	Moment [kNm/m]	Dwarskracht [kN/m]	Vervorming [mm]	Stabiliteits- factor
Aanbrengen damwand	42,7	30,6	3,7	2,8
Aanvullen tot bovenkant damwand	79,4	60,8	11,0	2,8
Eindsituatie	140,0	154,4	30,0	2,5

3.2.2. Sterkte toetsing van de damwanden

De damwanden zijn getoetst in bijlage D, de resultaten van deze toetsing zijn weergegeven in Tabel 2-8. De unity checks (U.C.) zijn kleiner dan 1,0 waarmee de damwanden voldoen.

Tabel 2-8 - Samenvatting ontwerptoetsingen damwand

Ontwerptoetsingen		Hoge oever (AZ18-700)	Lage oever (AZ18-700)
Moment	U.C	0,38	0,30
Dwarskracht	U.C.	0,32	0,19

In bovenstaande tabel is waar te nemen dat de U.C. waarden relatief laag zijn. De reden is dat de gehanteerde damwanden drukkend aangebracht dienen te worden. Lichtere profielen zijn gezien de grondslag ter plaatse van het Hooghiemstraplein niet drukkend en schadevrij aan te brengen (zie paragraaf 3.3.1).

Uitbuiging

De maximale uitbuiging van de damwand treedt op in de eindsituatie en bedraagt bij het hoge oeverdeel 35,4 mm en bij het lage oeverdeel 27,0 mm. Conform het PvE bedraagt de maximaal toelaatbare uitbuiging 50 mm. De berekende uitbuigingen 35,4 mm en 27,0 mm zijn kleiner dan de toelaatbare uitbuiging van 50 mm. Hiermee voldoen de damwanden ten aanzien van de maximale uitbuiging.

De kleine uitbuiging die ontstaat is het gevolg van de keuze voor een AZ18-700 plank. De belangrijkste reden voor dit type plank is dat deze zonder schade en trillingsvrij kan worden aangebracht (zie paragraaf 3.3.1).

3.2.3. Stabiliteitstoetsing van de damwanden

Ten aanzien van de stabiliteit is ten eerste de algehele stabiliteit beschouwd. Daarna wordt ingegaan op de verticale stabiliteit van de damwand.

Algehele stabiliteit

Conform Tabel 2-6 en Tabel 2-7 zijn de stabiliteitsfactoren het kleinst in de eindsituatie waardoor deze situatie maatgevend is ten aanzien van de algehele stabiliteit. De stabiliteitsfactor in de maatgevende situatie



is voor het hoge en lage oeverdeel groter dan 1 waardoor het ontwerp voldoet ten aanzien van de algehele stabiliteit.

Verticale stabiliteit

De damwanden zijn over nagenoeg de gehele planklengte in een los en matig vaste zandlaag aangebracht. De verticale belasting in de damwand komt uit het eigen gewicht van de damwand en de deksloof. Deze belastingen zijn klein in vergelijking tot de draagkracht. Om deze reden wordt voldaan aan de verticale stabiliteit.

3.3. Installatie damwand

3.3.1. Controle op schadevrij installeren van de damwanden

Op basis van de NVAF-PSD grafieken uit de CUR166 [2] is nagegaan of het aanbrengen van de damwandplanken door middel drukken haalbaar is. Hierbij zijn de volgende eigenschappen van de damwanden gehanteerd:

- | | | |
|-----------------------------|------------|----------------------|
| • Hoge oeverdeel (AZ18-700) | L = 8,10 m | Puntniveau NAP-6,1 m |
| • Lage oeverdeel (AZ18-700) | L = 7,50 m | Puntniveau NAP-6,1 m |

Langs de te vervangen oevers zijn drie sonderingen beschikbaar. In de sonderingen is een aanzienlijk verschil in conusweerstand waar te nemen vanaf ca. NAP-1,0 m. In het noordelijke deel (DKMP0001) zijn in de bovenste zandlagen conusweerstand van ca. 15 MPa waar te nemen terwijl in het zuidelijke deel (DKMP0002 en DKMP0003) conusweerstand van ca. 5,0 MPa zijn waar te nemen in de bovenste zandlagen.

Op basis van de conusweerstand bij DKMP0001 (15 MPa) en DKMP0002 (5 MPa) en het drukkend inbrengen van de damwanden zijn de volgende NVAF-grafieken gehanteerd [2]:

- | | | |
|------------------------------------|------------|----------------|
| • Noordelijke oeverdeel (15,0 MPa) | Grafiek 19 | Hoge oeverdeel |
| • Zuidelijke oeverdeel (5,0 MPa) | Grafiek 17 | Lage oeverdeel |

De NVAF-grafieken zijn geldig voor damwandplanken met een breedte van 600 mm. De gehanteerde profielen hebben een breedte van 700 mm, om deze reden dient voor het gebruik van de grafieken het weerstandsmoment van een AZ18-700 gereduceerd te worden:

$$W_{gecorrigeerd} = W_{plank} \cdot \left(\frac{B_{grafiek}}{B_{plank}} \right)^{1,5} = 1.800 \cdot \left(\frac{0,6}{0,7} \right)^{1,5} = 1.428 \text{ cm}^3/\text{m}$$

Op basis van Grafiek 17 en 19 zijn de lengtes bepaald waarmee de damwand drukkend en schadevrij in de ondergrond kan worden aangebracht. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2-9.



Tabel 2-9 - Druklengte damwand

	In te brengen lengte [m]	
	Zonder fluïderen	Met fluïderen
Noordelijke oeverdeel (15,0 MPa)	4,5 m	6,5 m
Zuidelijke oeverdeel (5,0 MPa)	12,0 m	16,5 m

Bij het aanbrengen van de damwandplanken is voor het hoge oeverdeel een ontlastsleuf noodzakelijk. Vanwege de benodigde diepe ontlastsleuf is gehanteerd dat de damwanden door middel van drukken in combinatie met fluïderen worden aangebracht. Bij het drukken aanbrengen dient de ontlastsleuf tot minimaal NAP-1,6 m (= NAP-6,1 m + 4,5 m) te worden aangebracht, bij het drukken in combinatie met fluïderen tot NAP+0,4 m (= NAP-6,1 m + 6,5 m). Bij het lage oeverdeel is geen ontlastsleuf noodzakelijk om de damwandplanken schadevrij aan te brengen.

Een ontlastsleuf is echter bij het lage deel wel noodzakelijk om de bestaande constructie te kunnen verwijderen en de oever stabiel te houden.

3.3.2. Controle op het aanbrengen met gangbaar materieel

Uitgangspunten

Voor het drukkend installeren is de beperkende factor de drukcapaciteit van het gangbare materieel. Voor deze drukcapaciteit zijn verschillende bronnen geraadpleegd:

- CUR166 [2]: Drukcapaciteit silent piler ca. 150 ton (dubbele plank) en voor quattro piler ca. 60 tot 80 ton per cilinder (plank)
- Rondvraag aannemer: ca. 100 ton silent piler (enkele plank) en ca. 90 ton quattro piler per cilinder (plank)

Het uitgangspunt in voorliggende analyse is een drukcapaciteit van 80-90 ton voor een enkele plank. De uiteindelijke materieelkeuze wordt overgelaten aan de aannemer. Voor de voorspelling van de benodigde drukcapaciteit is onderstaande formule uit de CUR166 gehanteerd:

$$F = A_{verf} * \alpha_w * q_{c,gem} * \xi + A_{punt} * q_{c,gem} + F_{wslot}$$

Waarin:

- A_{verf} verfoppervlak (enkel) damwandprofiel voor een AZ18-700 bedraagt dit: $A_{verf}=1,93 \text{ m}^2/\text{m}$ (enkele plank, dubbelzijdig)
- α_w de wrijvingsfactor de CUR166 stelt $\alpha_w = 1\%$ voor zand en $\alpha_w = 2 - 3\%$ voor klei en veen.
- $q_{c,gem}$ is de gemiddelde conusweerstand
- ξ is de verknedingsfactor CUR166 stelt $\xi = 0,6 [-]$
- A_{punt} is het puntoppervlak van een (enkel) damwandprofiel, de onderstaande damwandprofielen en puntoppervlaktes zijn toegepast: voor een AZ18-700 bedraagt dit: $A_{verf}= 121,9 \text{ cm}^2/\text{m}$ (enkele plank)
- F_{wslot} is de slotwrijving in het damwandprofiel. CUR166 stelt $F_{wslot}, = 10 \text{ tot } 20 \text{ kN/m}$, uitgegaan is van 20 kN/m.



Berekening drukcapaciteit

Op basis van een aanvullende berekening is een inschatting gemaakt van de benodigde drukkracht waarmee de damwanden schadevrij ingebracht kunnen worden. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 2-10, de volledige berekening is opgenomen in bijlage F. De drukkracht in bijlage F is echter bepaald op basis van het drukken aanbrengen zonder fluïderen. Met fluïderen mag de benodigde drukkracht gereduceerd worden met 20%, dit is eveneens opgenomen in Tabel 2-10.

Tabel 2-10 - Benodigde drukcapaciteit

Sondering	Benodigde druk capaciteit	
	Zonder fluïderen	Met fluïderen
Sondering DKMP0001	116 ton	93 ton
Sondering DKMP0002	67 ton	54 ton

Op basis van de resultaten in Tabel 2-10 is de benodigde drukcapaciteit voor sondering DKMP0002 gelijk of kleiner dan 80-90 ton. Op basis van de resultaten wordt geconcludeerd voor het zuidelijke oeverdeel drukkend installeren al dan niet met fluïderen in relatie tot de drukcapaciteit van het gangbare materieel haalbaar is.

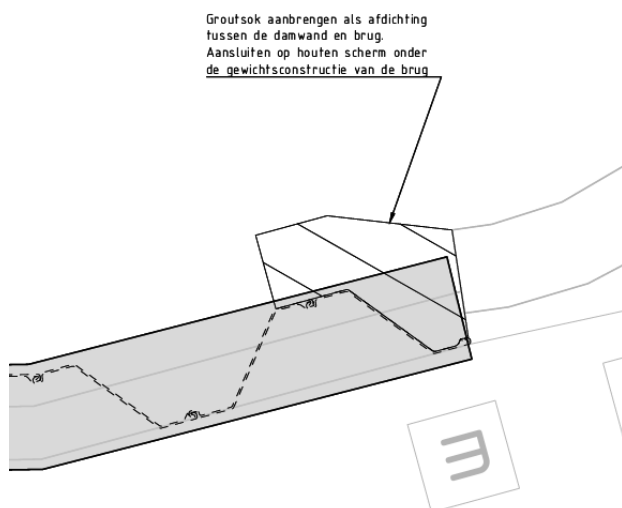
Ter plaatse van het noordelijke oeverdeel bedraagt is de benodigde drukkracht zonder en met fluïderen groter dan 80-90 ton. In de analyse is uitgegaan van de bovengrenzen van 20 kN/m voor de slotwrijving volgens de CUR166. Een realistischere inschatting van de slotwrijving bijvoorbeeld ca. 10 kN/m resulteert in een benodigde drukcapaciteit met fluïderen van 87 ton. Hiermee kan de damwandplank waarschijnlijk met gangbaar materieel worden geplaatst.

Er is nog geen rekening gehouden met maatregelen om de weerstand te verlagen. Mogelijke kan slotvulling toegepast worden om de slotwrijving verder te verlagen en de benodigde drukkracht te verkleinen.

3.4. Vormgeving van de aansluitingen

3.4.1. Aansluiting van de damwand op de Vaaltwegbrug

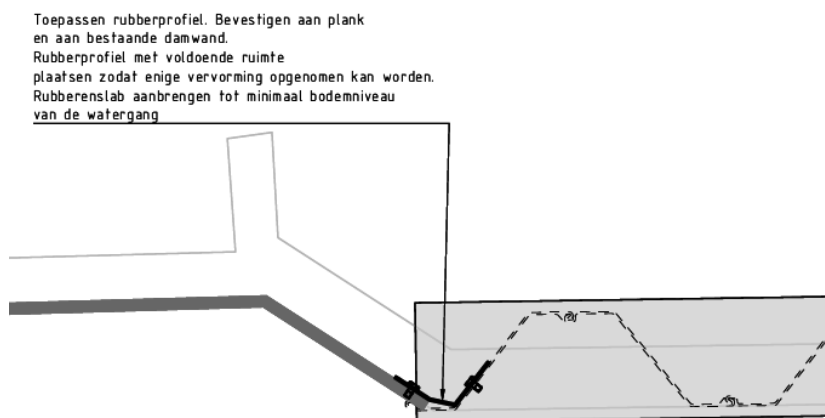
De nieuwe damwand wordt aan de noordzijde van het tracé door middel van een groutsok grond dicht aangesloten op de achterloopsheidschermen van de Vaaltwegbrug.



Figuur 2-9 - Aansluiting op Vaaltwegbrug

3.4.2. Aansluiting van de damwand op de betonnen oeverconstructie

De nieuwe damwand wordt aan de zuidzijde door middel van een flexibel rubberprofiel aangesloten op de bestaande betonnen damwandconstructie. De strip dient zodanig verbonden te worden zodat beide constructies vrij van elkaar in horizontale richting kunnen verplaatsen.



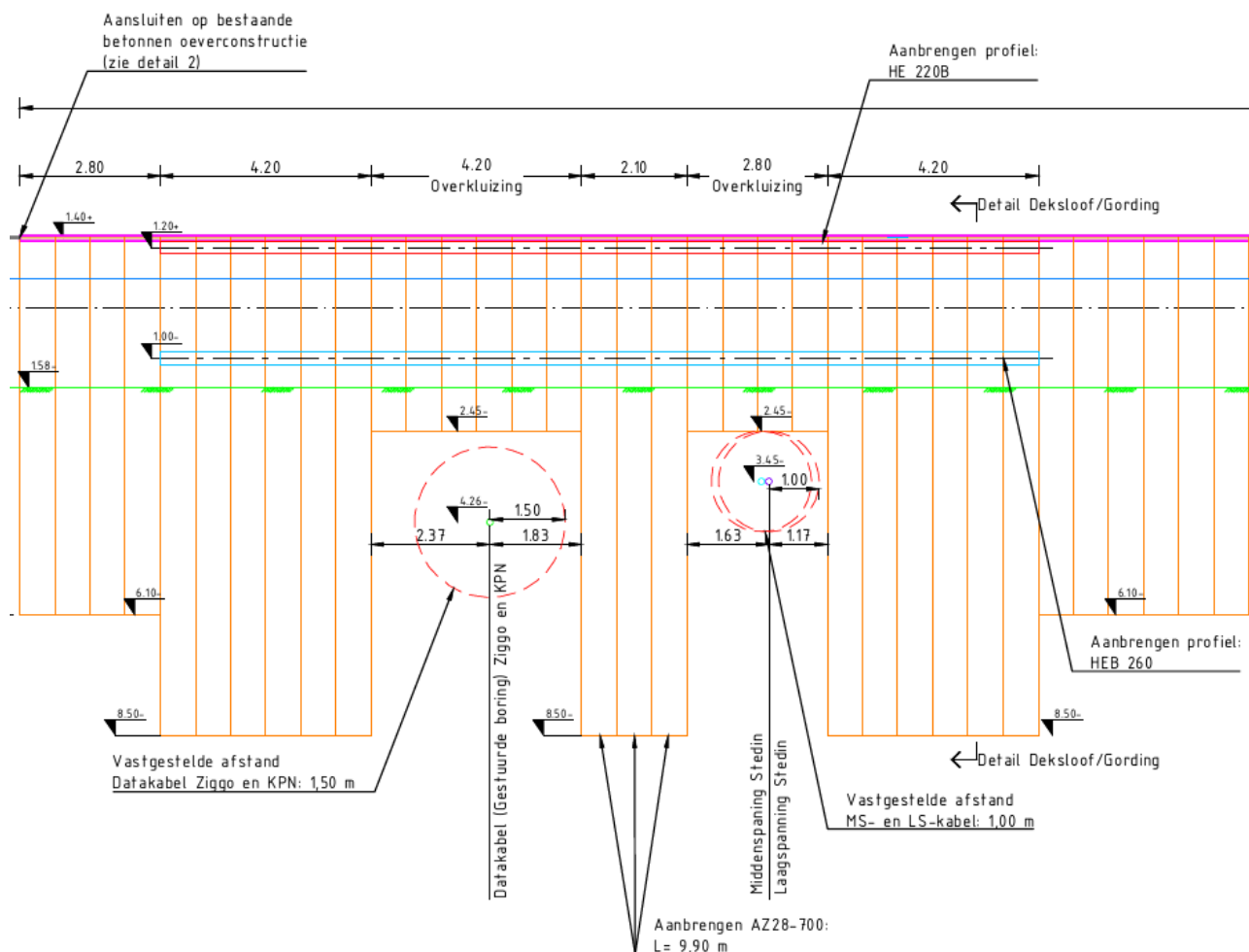
Figuur 2-10 - Aansluiting op betonnen damwand

4 Overkluizing

4.1. Vormgeving van de overkluizing

De kabels en leidingen worden overkluist door twee overkluizingen van 4,2 m en 2,8 m breed. Met de overkluizing van 4,2 m wordt de gecombineerde Ziggo- en KPN-leiding overkluist en met de overkluizing van 2,8 m de midden- en laagspanningskabels van Stedin.

Tussen de twee overkluizingen zijn als tussensteunpunt drie enkele zwaardere lange damwandplanken geplaatst, zie Figuur 4-1. De zwaardere damwandplanken zijn noodzakelijk om de belastingen uit de twee aangrenzende overkluizingen af te dragen. De randplanken naast de overkluizing (zes enkele damwanden) zijn hetzelfde type als de reguliere damwanden maar worden 2,4 m langer uitgevoerd. Daarnaast worden aan de landzijde (net onder de deksloof) en aan de waterzijde (net boven de waterbodem) een gording aangebracht.



Figuur 4-1 - Vooraanzicht overkluizing



4.2. De Ontwerp van de overkluizing

Voor het ontwerp van de overkluizing zijn de volgende ontwerpkeuzes gemaakt.

- Damwandplanken
 - De korte damwandplanken van de overkluizingen en de lange planken naast de overkluizingen zijn AZ18-700 planken met staalkwaliteit S355 GP.
 - De planken ter plaatse van het middensteunpunt bestaan uit AZ28-700 planken met staalkwaliteit S355 GP.
 - De overkluizingen hebben de volgende breedtes
 - Overkluizing 1: een breedte van 4,2 m, dit betekent 3 dubbele AZ18-700 planken.
 - Overkluizing 2: een breedte van 2,8 m, dit betekent 2 dubbele AZ18-700 planken.
 - De damwandplanken van de overkluizingen worden met de punt op minimaal NAP-2,3 m aangebracht en met de kop op NAP+1,4 m. Het puntniveau is ingegeven door de eisen ten aanzien van het profiel van vrije ruimte da is opgegeven door de K&L beheerders (zie paragraaf 2.15).
 - De damwandplanken aan de zijanten van de overkluizingen en ter plaatse van het tussensteunpunt worden met de punt op minimaal NAP-8,5 m aangebracht en met de kop op NAP+1,4 m.
- Gording
 - De onderste gording is een HEB-260 profiel. De gording wordt met het hart op een niveau van NAP-1,0 m aangebracht.
 - De bovenste gording is een HEB-220 profiel. Het gording wordt met het hart op een niveau van NAP+1,2 m aangebracht.
 - De beide overkluizingen hebben gedeelde gordingen die doorlopen over de overkluizingen en het middensteunpunt. De gordingen hebben een lengte van 17,5 m.
- Deksloof

De overkluizing is voorzien van een stalen deksloof.
- Installatie

Net zoals de andere delen van de oeverconstructie worden de lange planken aan beide zijden van de overkluizing drukkend aangebracht.

4.3. Ontwerpverificatie

4.3.1. Vaststellen veerstijfheid van de gordingen

De overkluizing is voorzien van twee gordingen die verbonden zijn met de korte en lange planken van de overkluizing. De korte planken geven hun belastingen door aan deze gordingen. De gordingen zorgen ervoor dat de belasting wordt verdeeld en afgedragen naar de lange planken van het middensteunpunt en de lange planken aan de zijkant van de overkluizingen. De gordingen zijn in de berekening als een verende ondersteuning meegenomen. De te gebruiken veerwaarden zijn:

- Veerstijfheid bovenste gording (NAP+1,2 m): $K_{\text{boven}}: 150 \text{ kN/m/m}$
- Veerstijfheid onderste gording (NAP-1,0 m): $K_{\text{onder}}: 1.500 \text{ kN/m/m}$

De veerwaarden zijn berekend met het uitgangspunt dat de horizontale belastingen op de overkluizingen na rato worden afgedragen naar het middensteunpunt en de zijanten van de overkluizingen. Voor beide



overkluizingen geldt dat de gordingen de belastingen aan de zijkant van de overkluizingen worden afgedragen op drie dubbele planken en ter plaatse van het middensteunpunt op drie enkel planken. Bij de belastingafdracht aan de zijkanten van de overkluizing wordt de eerste dubbele plank naast de overkluizing het zwaarste belast en de derde dubbele plank het minste. Deze ongelijke belastingafdracht is in rekening gebracht door het uitgangspunt te hanteren dat de belastingen uit de gording door 2 van de 3 dubbele planken opgenomen worden.

De belastingen worden over de lengte van de overkluizingen als volgt afgedragen:

- Randplanken overkluizing 2,8 m = $2,8 \text{ m} \cdot 0,5 = 1,4 \text{ m}$
- Randplanken overkluizing 4,2 m = $4,2 \text{ m} \cdot 0,5 = 2,1 \text{ m}$
- Tussensteunpunt = $(2,8 \text{ m} + 4,2 \text{ m}) \cdot 0,5 = 3,5 \text{ m}$

Voor de veerwaarden zijn de volgende verplaatsingen berekend, zie bijlage G. Hiermee is aangetoond dat de veerwaarden juist zijn (in de situatie waarbij geen bovenbelasting aanwezig is):

- Onderste gording
 - Korte planken: 12 mm
 - Lange planken (middensteunpunt): 10 mm
 - Lange planken (randplank): 14 mm¹
- Bovenste gording
 - Korte planken: 27 mm
 - Lange planken (middensteunpunt): 27 mm
 - Lange planken (randplank): 25 mm

4.3.2. Vaststellen belastingen in de damwand

In Tabel 4-1 zijn de berekeningsresultaten uit de D-Sheet Piling weergegeven voor de (korte) planken van de overkluizing en de (lange) planken aan weerszijde van de overkluizing. De uitdraai van de berekening is opgenomen in bijlage G.

Tabel 4-1 - Berekende belastingen in de damwanden van de overkluizing

Maximale snedekracht		Middensteunpunt	Rand overkluizing	Overkluizing (korte planken)
Moment	M_{ed}	693 kNm/2,1m	262 kNm/m	17 kNm/m
Dwarskracht	V_{ed}	291 kNm/2,1m	113 kNm/m	24 kN/m
Vervorming (BGT)	δ	30 mm	42 mm	43 mm

De gordingen dragen de belastingen uit de overkluizing af op de lange damwandplanken. De belastingen (in de UGT) die de gording op de lange damwandplank afdragen, zijn:

- Lage gording:
 - Permanente belasting: 40,0 kN/m
 - Variabele belasting: 6,3 kN/m

¹ De verplaatsingen van de randplanken zullen kleiner zijn. Aan de kant van de overkluizing zal enige schelpwerking zijn.



- Hoge gording
 - Permanente belasting: 4,9 kN/m
 - Variabele belasting: 2,6 kN/m

De bovenstaande permanente belastingen volgen uit de situatie als geen bovenbelasting van 5 kPa aanwezig is. De variabele belasting volgt uit de situatie waarbij wel een bovenbelasting aanwezig is. De belastingen zijn bepaald door de gordingbelasting in de situatie zonder bovenbelasting af te trekken van de situatie waarbij wel een bovenbelasting aanwezig is.

4.3.3. Toetsing van de damwanden middensteunpunt

De toetsing van de damwanden van het middensteunpunt zijn opgenomen in bijlage H. Hierbij is rekening gehouden met materiaalafname t.g.v. corrosie. De unity checks zijn:

- Damwand
 - Moment: u.c. = 0,73
 - Dwarskracht u.c. = 0,20

4.3.4. Toetsing van de damwanden langs de randen van de overkluizing

De damwanden van de overkluizing en aan weerszijden van de overkluizing zijn voldoende sterk om de optredende belastingen in de damwandplanken op te nemen.

De toetsing van de damwanden is opgenomen in bijlage H. De unity checks zijn:

- Moment: u.c. = 0,56
- Dwarskracht u.c. = 0,14

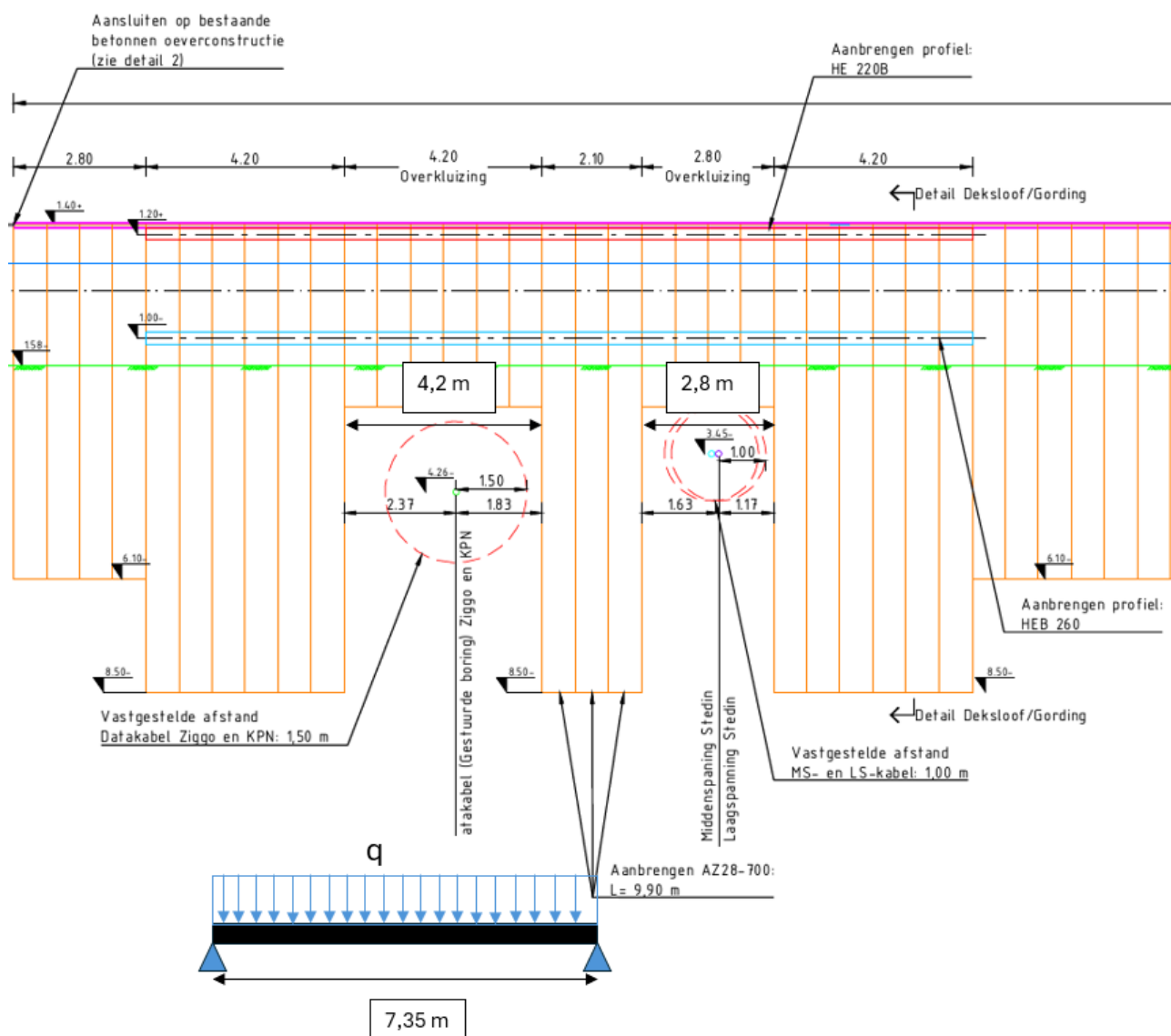
De korte planken van de overkluizing zijn niet getoetst op sterkte. De randplanken zijn van hetzelfde type (AZ18-700). In de randplanken treedt een groter moment en een grotere dwarskracht op dan bij de korte planken en de lange planken voldoen ten aanzien van deze belastingen. De korte damwandplanken voldoen hiermee eveneens.

4.3.5. Vaststellen belastingen in de gording

De gording is geschematiseerd als een ligger op twee steunpunten. Conform **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** treedt ter plaatse van de lange overkluizing het grootste moment op. De gording wordt om deze reden voor de belastingen uit de grote overkluizing getoetst. Hierbij is het uitgangspunt gehanteerd dat de ondersteuningen zich ter plaatse planken van het middensteunpunt en op 2,1 m uit de overkluizing bevinden (halverwege de lange randplanken), zie Figuur 4-2. De te overspannen lengte bedraagt 7,35 m. De belasting op de gording (afkomstig uit de korte planken, zie paragraaf 4.3.2) is geschematiseerd als een lijnlast op de gording. Deze lijnlast bedraagt in de UGT (er wordt een belastingeffectfactor 1,1 gehanteerd):

- Onderste gording: $q = (40,0 + 6,3) * 1,1 = 50,9 \text{ kN/m}$
- Bovenste gording: $q = (4,9 + 2,6) * 1,1 = 8,3 \text{ kN/m}$

Op de gordingen werken voornamelijk horizontale belastingen en nauwelijks verticale belastingen. De lage gording zit immers aan de waterzijde van de damwand en de hoge gording zit net onder maaiveld.



Figuur 4-2 - Schematisatie berekende gording

Het optredende moment in de gordingen bedraagt dan:

- Onderste gording: $M_{ed} = 0,125 * 50,9 * 7,35^2 = 344 \text{ kNm}$
- Bovenste gording: $M_{ed} = 0,125 * 8,3 * 7,35^2 = 56 \text{ kNm}$

4.3.6. Toetsing van de gording op sterkte

Er wordt voor de onderste gording een gordingprofiel type HE 260 B toegepast en voor de bovenste gording een type HE 220 B profiel. Beide profielen worden met staalkwaliteit S355 toegepast. Dit profielen hebben een (ongecorrodeerd) weerstandsmoment van

- Onderste gording (HEB 260 B): $W_{el,y} = 1147,6 * 10^3 \text{ mm}^3$
- Bovenste gording (HEB 220 B): $W_{el,y} = 735,5 * 10^3 \text{ mm}^3$



Hier is 2,4 mm reductie op toegepast om rekening te houden met corrosie, zie 2.13. De bijbehorende reductiefactor is bepaald op basis van de verhouding tussen de originele flensdikte en de gecorrodeerde flensdikte. De reductiefactor voor beide gordingen bedraagt:

- Reductiefactor HEB 260 B: $\frac{17,5-2,4}{17,5} = 0,86$
- Reductiefactor HEB 220 B: $\frac{16-2,4}{16} = 0,85$

De unity check bedraagt:

- Onderste gording (HEB 260 B): $UC = \frac{M_{ed}}{W_{el,y} * f_y * red} = \frac{344 * 10^6}{1147,6 * 10^3 * 355 * 0,86} = 0,98$
- Bovenste gording (HEB 220 B): $UC = \frac{M_{ed}}{W_{el,y} * f_y * red} = \frac{56 * 10^6}{735,5 * 10^3 * 355 * 0,85} = 0,25$

De lage gording is getoetst om de sterke en zwakke as, omdat de UC waarde voor deze gording het hoogste is, is deze gording maatgevend. In de toetsing van de sterke as is getoetst of de gording de (horizontale) belastingen uit de overkluizing over kan dragen aan de lange planken. Bij de toetsing om de zwakke as is getoetst of de gording voldoende sterk is om de (verticale) belastingen van de korte damwandplanken en het gewicht van de gording om de zwakke as af te dragen.

De belastingen in de BGT waarop de zwakke as is getoetst zijn:

- AZ18-700 planken (L= 3,85 m): $109,3 \text{ kg/m}^2 \times 3,85 \text{ m} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 4,1 \text{ kN/m}$
- Gewicht HEB260 profiel : $93,0 \text{ kg/m} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,9 \text{ kN/m}$

Het moment om de zwakke as bedraagt hiermee (incl. belastingsfactor van 1,35):

$$M_{ed,z} = 0,125 * 5,0 * 4,2^2 * 1,35 = 14,9 \text{ kNm}$$

De unity check bedraagt

$$u.c. = \frac{M_{ed,z}}{W_{el,z} * f_y * red} = \frac{14,9 * 10^6}{395 * 10^3 * 355 * 0,86} = 0,12$$

Er is geen negatieve kleef in rekening gebracht, omdat alleen de eerste ca. 2 m uit slappe lagen bestaat en daaronder zand aanwezig is. Het effect van negatieve kleef zal hierdoor beperkt zijn. Gezien de lage u.c. waarde zal enig effect van negatieve kleef opgenomen kunnen worden door de constructie.

Als uitgangspunt is gehanteerd dat het gehele gewicht van de korte planken wordt opgenomen door de onderste gording. De onderste gording voldoet hiermee op twee-assige buiging:

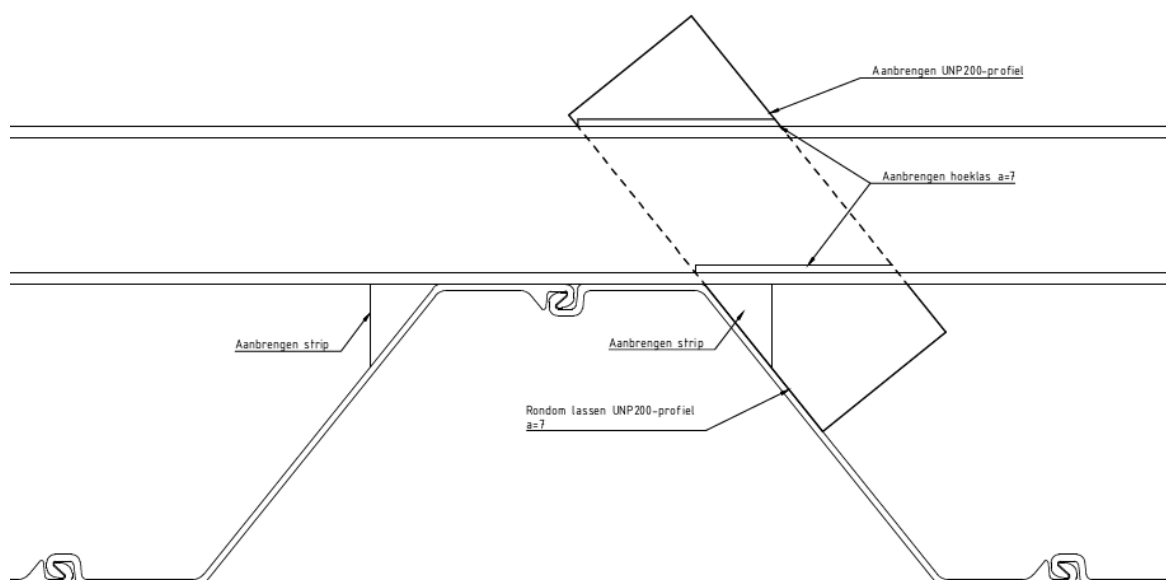
$$UC = \sqrt{0,53^2 + 0,12^2} = 0,54 < 1,0$$

4.4. Verbindingen

4.4.1. Hoge gording - damwand

De hoge gording wordt middels strippen (2 per buik/kas) verbonden aan de stalen damwanden, zie Figuur 4-3. De horizontale belasting wordt afgedragen door de strippen. De strippen hebben een dikte van 10 mm en zijn door middel van een las met een minimale keeldoorsnede van 8 mm verbonden aan de damwand.

Om de verticale kracht vanuit de grond op te nemen, wordt iedere 2,8 m een console gelast aan de stalen damwand. De console wordt uitgevoerd als UNP 220 profiel, zie Figuur 4-3. Deze consoles zorgen ervoor dat de belasting wordt verdeeld en afgedragen aan de lange damwandplanken. Hierbij zijn de lange planken van het middensteunpunt maatgevend. De gording is door middel van een lasverbinding (keeldoorsnede 7 mm) verbonden aan de console.



Figuur 4-3 - Verbinding van de hoge gording op de damwanden

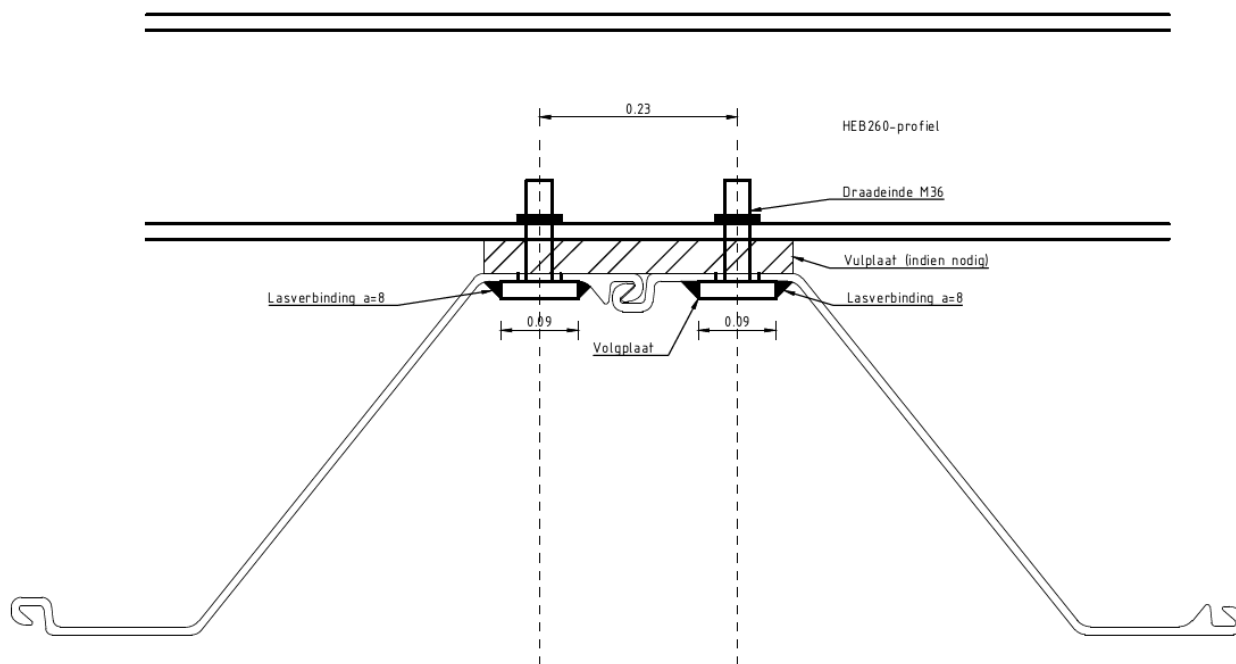
De toetsing van de strippen en consoles is opgenomen in bijlage I. De toetsing resulteert in de volgende u.c. waarden gevonden:

- | | |
|---|-------------|
| • Toetsing sterkte stalen strippen: | u.c. = 0,3 |
| • Toetsing lasverbinding strip-damwand: | u.c. = 0,6 |
| • Toetsing krachtsinleiding op het middensteunpunt door belastingen uit de console: | u.c. = 0,4 |
| • Toetsing krachtsinleiding op randsteunpunten door belastingen uit de console: | u.c. = 0,5 |
| • Toetsing sterkte console: | u.c. = 0,6 |
| • Toetsing lasverbinding console-hoge gording: | u.c. = 0,62 |

Alle gevonden u.c. waarden zijn kleiner dan 1,0 waarmee de verbindingen tussen de gording en de damwand voldoen.

4.4.2. Lage gording - damwand

Bij elke damwandkas/buik worden twee volgplaten met een draadeind (Duplex) aan de damwand (grondzijde) gelast. De draadeinden hebben een lengte van 140 mm en zijn door middel van een las (keeldoorsnede 8 mm) verbonden aan de volgplaten. In de gording zitten boutgaten met overruimte waarmee de gording aan de waterzijde aan de damwand wordt vastgebout. Door de overruimte kan de gording gesteld worden. Indien nodig worden ook vulplaten tussen de damwand en gording aangebracht om de belastingen uit gording goed op de damwandplanken af te dragen.



Figuur 4-4 - Verbinding van de lage gording op de damwanden

De toetsing verbinding is opgenomen in bijlage I. De toetsing resulteert in de volgende u.c. waarden gevonden (zie bijlage I):

- Toetsing draadeinden en boutverbinding:
 - Afschuiving: u.c. = 0,06
 - Trekweerstand: u.c. = 0,20
 - Combinatie trekweerstand – afschuiving: u.c. = 0,21
 - Stukweerstand: u.c. = 0,18
 - Ponsweerstand: u.c. = 0,33
- Toetsing van de maximale lengte van de draadeinden: u.c. = 0,95
- Toetsing flenzen van de gording op trekkracht: u.c. = 0,81
- Toetsing las draadeind – volgplaat u.c. = 0,84
- Toetsing volgplaten op druk/trekkracht u.c. = 0,30
- Toetsing damwand op pons uit volgplaten u.c. = 0,40



Alle gevonden u.c. waarden zijn kleiner dan 1,0 waarmee de verbindingen tussen de gording en de damwand voldoen.

4.5. Installatie damwand

4.5.1. Controle op schadevrij installeren van de damwanden

De drie dubbele damwandplanken aan beide zijden van de overkluizing kunnen drukkend aangebracht worden. De overkluizing bevindt zich in het zuidelijke oeverdeel. Volgens paragraaf 3.3.1 zijn damwanden hier zonder fluïderen tot 12,0 m diep in te brengen. De lange damwandplanken hebben een lengte van 9,9 m en kunnen dus drukkend en schadevrij aangebracht worden.

4.5.2. Controle op het aanbrengen met gangbaar materieel

De randplanken zijn met gangbaar materiaal drukkend aan te brengen. De drukcapaciteit om de randplanken op diepte te krijgen is 92 ton zonder fluïderen en 74 met fluïderen. Zonder fluïderen valt de drukcapaciteit net buiten de bandbreedte van het gangbare materieel (zie paragraaf 0 hierboven). In de analyse is uitgegaan van de bovengrenzen van 20 kN/m voor de slotwrijving volgens de CUR166. Een realistischere inschatting van de slotwrijving van ca. 10 kN/m resulteert in een benodigde drukcapaciteit zonder fluïderen van 83 ton.

De planken van het middensteunpunt hebben een groter weerstandsmoment dan de randplanken. Aangezien de randplanken drukkend geïnstalleerd kunnen worden geldt dit ook voor de planken van het middensteunpunt.

De berekening van de benodigde drukkracht is opgenomen in bijlage F.



5 Raakvlakken en risico's

5.1. Omgang met raakvlakken

In de DO-fase zijn de raakvlakken met de toekomstige oeverconstructie geïnventariseerd en opgenomen in onderstaand raakvlakkendossier. Per raakvlak is aangegeven hoe deze is verwerkt in het huidige ontwerp en/of hoe dit raakvlak in de vervolgfase verwerkt wordt.

Tabel 5-1 - Raakvlakkendossier

Nr.	Raakvlakobject	Omschrijving	Omgang met raakvlak
1	Kabels en leidingen	Het ontwerp van de nieuwe oeverconstructie dient afgestemd te zijn op de bestaande kabels.	Voor de kruisende data- en elektrakabels wordt een overlaping toegepast. Er is een afstand van min. 1,0 m tussen kabel en damwand aangehouden
2	Vaaltwegbrug en belendingen	De realisatie van de nieuwe oeverconstructie mag de Vaaltwegbrug en belendingen aan de overzijde van het water niet beschadigen.	De damwanden van de oeverconstructie worden trillingsvrij (drukend) aangebracht.
3	Aansluiting Vaaltwegbrug	Tussen de nieuwe oeverconstructie en de Vaaltwegbrug dient een grondlichte aansluiting aanwezig te zijn.	De damwand van de oeverconstructie wordt door middel van een groutsok grondlicht aangesloten op de constructie van de Vaaltwegbrug.
4	Aansluiting zuidzijde	De nieuwe constructie dient grondlicht op de betonnen damwanplanken aangesloten te worden.	De nieuwe oeverconstructie wordt door middel van een rubberen slab grondlicht verbonden met de betonnen damwand.

5.2. Omgang met risico's

De belangrijkste technische risico's met betrekking tot het ontwerp en de realisatie en van de oeverconstructie zijn opgenomen in onderstaande tabel. Per risico is aangegeven hoe deze meegenomen is in het huidige ontwerp en/of hoe deze wordt meegenomen in de vervolgfase(n).



Tabel 5-2 - Risicodossier

Nr.	Risico	Oorzaak	Gevolg	Omgang met risico
1	Obstakels in ondergrond	1) Archiefinformatie niet volledig 2) Puin in de ondergrond 3) Wortels van bomen	Damwanden komen niet op diepte	1) Damwandlijn opschonen voor installatie damwand. 2) Doorboren van obstakels met behulp van speciale boorkop.
2	Te hoge weerstand in zandlaag	Grondopbouw wijkt af van het beschikbare onderzoek	Damwanden komen niet op diepte	1) In de DO-fase is een analyse m.b.t. inbrengbaarheid van de damwandplanken uitgevoerd. 2) Zwaarder materieel toepassen.
3	Beïnvloeding fundering Vaaltwegbrug	Draagkrachtverlies van de bestaande funderingspalen t.g.v. installatie damwand.	Schade aan de brugfundering	Trillingsvrij installeren van de damwanden.
4	Kabels en leidingen raken nieuwe constructie	Locatie kabels en leidingen wijkt af van beschikbare informatie	1)Kabels en leidingen worden tijdens (voorbereiding van de) uitvoering geraakt en/of raken beschadigd. 2)Langere doorlooptijd als kabels worden geraakt.	Kabels en leidingen gelokaliseerd en ingemeten. Tijdens de uitvoering is toezicht van beheerders aanwezig.
5	Het trekken van de bestaande stalen binten en houten damwanplanken lukt niet.	1)Grondopbouw wijkt af van het beschikbare onderzoek. 2) de zandgrond ter plaatse van de oever is minder stabiel dan gedacht	Instabiel (onderwater)talud waardoor de oever mogelijk inzakt.	1)Toepassen van ontlastsleuven. 2)Toepassen van een hulpdamwand in de watergang.
6	Stalen binten en houten damwanplanken breken tijdens het trekken	Slechte staat van de bestaande constructie.	Er blijven onderdelen achter in de grond.	1)Vlak voor uitvoering een trekproef van de verschillende te verwijderen elementen uitvoeren. 2)Indien trekken niet lukt onderdelen op 0,8 m onder de waterlijn afbranden/zagen, oeverlijn iets verleggen en op as-build tekening vastleggen.



Nr.	Risico	Oorzaak	Gevolg	Omgang met risico
7	Schade aan kabels en leidingen door trekken van de bestaande stalen binten en houten damwanplanken.	Grond die aan de te trekken onderdelen blijft hangen trekt kabels mee.	Schade aan kabels en leidingen	De bestaande elementen eerst ca. 10 cm de grond in drukken/trillen voordat deze getrokken worden.
8	Instabiel (onder)watertalud. (zie ook risico 5)	Door de aanwezige zandgrond worden de ontlastsleuven en onderwatertaluds mogelijk instabiel	Inzakken van de oever bij de locatie waar de bestaande oeverconstructie wordt verwijderd.	



6 Veiligheid, gezondheid en milieu

6.1. Ontwerpfase

De aspecten ten aanzien voor veiligheid, gezondheid en milieu (VGM) gedurende de ontwerpfase waar in ieder geval rekening mee gehouden is:

- Drukken van damwanden in plaats van trillen om schade aan de omgeving te voorkomen.
- Toepassen van een overkluizing om schade aan bestaande kabels in de ondergrond te voorkomen.
- Tevens is er een V&G-plan ontwerp opgesteld.

6.2. Uitvoeringsfase

De aspecten ten aanzien voor veiligheid, gezondheid en milieu (VGM) waar in ieder geval rekening mee gehouden wordt:

- De hinder voor de omgeving (op het gebied van verkeer, scheepvaart, trillingen en geluid) dient beperkt te blijven.
- Val- en struikelgevaar dient voorkomen te worden door hoogteverschillen duidelijk zichtbaar te maken. Bij grote hoogteverschillen dient er een hekwerk geplaatst te worden.
- Er dienen conditionerende onderzoeken uitgevoerd te worden, zoals milieukundig waterbodemonderzoek, onderzoek naar niet-gesprongen explosieven (NGE), onderzoek naar aanwezige flora & fauna, onderzoek naar asbest in het bestaande constructie.

6.3. Gebruiksfase

De VGM-aspecten in de gebruiksfase zijn:

- Het voorkomen van struikelgevaar door de bovenzijde van de kade aan te sluiten op het maaiveld.



7 Duurzaamheid

7.1. Materiaalkeuze en hergebruik

In het DO zijn de volgende zaken opgenomen ten aanzien van duurzaamheid:

- In de keuze voor de toegepaste materialen wordt rekening gehouden met een levensduur van 50 jaar.
- De betonnen damwand die grenst aan de Vaaltbrug wordt gerenoveerd in plaats van vervangen.
- Het ontgraven materiaal wordt hergebruikt bij het aanvullen langs de kade.

7.2. Beperking uitstoot (CO₂, NO₂, etc.)

Om gedurende de uitvoeringsfase de uitstoot zoveel mogelijk te beperken kan bij de inkoop en realisatie gedacht worden onderstaande maatregelen:

- Bij de keuze voor het toe te passen materieel wordt rekening gehouden met de uitstoot van het betreffende materieel, waar het budgettair mogelijk is het toepassen van emissieloos materieel wenselijk.
- Materiaal aan te voeren over het water.
- Vervoerbeweging (bijvoorbeeld materiaal van- en naar opslag) zo veel als mogelijk te beperken.



8 Conclusie

8.1. Conclusie

In Tabel 8-1 zijn de ontwerpresultaten van de nieuw aan te brengen oeverconstructie langs het Hooghiemstraplein opgenomen.

Tabel 8-1 - Ontwerpresultaten van de nieuwe oeverconstructie

	Hoge oeverdeel	Lage oeverdeel	Overkluizing (lengte 8,4 m)	
<u>Damwand</u>				
Type damwand	AZ18-700 (S355)	AZ18-700 (S355)	Randplanken:	AZ18-700 (S355)
			Middensteunpunt:	AZ28-700 (S355)
			Korte planken:	AZ18-700 (S355)
Bovenzijde	NAP+2,0 m	NAP+1,4 m	NAP+1,4 m	
Puntniveau	NAP-6,1 m	NAP-6,1 m	Randplanken:	NAP-8,5 m
			Middensteunpunt:	NAP-8,5 m
			Korte planken:	NAP-2,45 m
Wijze van inbrengen	Drukken met fluïderen	Drukken met fluïderen / drukken zonder fluïderen	Drukken zonder fluïderen	
<u>Gording</u>				
Type gording	-	-	Hoge gording:	HEB220 (S355)
			Lage gording:	HEB260 (S355)
Niveau	-	-	Hoge gording:	NAP+1,2 m
			Lage gording:	NAP-1,0 m
Lengte			17,5 m	

Aanvullend zijn de volgende zaken geconcludeerd:

- Bij het aanbrengen van de damwandplanken is voor het hoge oeverdeel een ontlastsleuf noodzakelijk. De diepte van de ontlastsleuf dient bij het drukken in combinatie met fluïderen minimaal NAP+0,4 m te zijn. De ontlastsleuf zal in praktijk dieper zijn in verband met het verwijderen van de bestaande constructie.
- Bij het lage oeverdeel is geen ontlastsleuf noodzakelijk om de damwandplanken schadevrij aan te brengen. De ontlastsleuf zal in praktijk wel noodzakelijk zijn in verband met het verwijderen van de bestaande constructie.
- De noordelijke aansluiting van de oeverconstructie op de Vaaltwegbrug wordt grond dicht uitgevoerd door middel van een groutsok.
- De zuidelijke aansluiting van de oeverconstructie op de bestaande betonnen damwanden wordt uitgevoerd door een flexibel rubberprofiel die aan de nieuwe oeverconstructie en de bestaande betonnen damwanden wordt verbonden.



8.2. Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- Er is in de berekening van de drukcapaciteit geen rekening gehouden met maatregelen om de weerstand te verlagen. Aanbevolen wordt om na te gaan of het mogelijk is om slotvulling toe te passen om de slotwrijving te verlagen.



Referenties

- [1] NEN 9997-1+C2; Geotechnisch ontwerp van constructies Deel 1: Algemene regels; november 2017;
- [2] Stichting CUR; CUR-publicatie 166 (zesde druk) Damwandconstructies, 2012;
- [3] Fugro ingenieursbureau b.v.; Vervanging oeverconstructie stadsbuitengracht a/d Maliesingel/Wittevrouwensingel te Utrecht, d.d. 20-07-2010;
- [4] Stichting CUR, CUR-publicatie 228 Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen, 04-02-2010;
- [5] Socotec; Grondonderzoek Hooghiemstraplein nabij de Stieltjesstraat 103 te Utrecht, 09-05-2023;
- [6] Tauw; Bestek en voorwaarden voor het uitvoeren van vervangen van een oeververdedigingsconstructie van de Stadsbuitengracht te Utrecht, d.d. 12-05-2011;
- [7] Nebest, Inspectie 35 – oeverconstructie te Utrecht, d.d. 12-12-2019;
- [8] Iv-Infra, Variantenstudie kadeconstructie Hooghiemstraplein en Tolsteegsingel, d.d. 01-06-2023;
- [9] Gemeente Utrecht, Het maken van een vaste brug in den Vaaltweg over de Koekoeksvaart met bijbehorende werken, ter vervanging van de bestaande brug (besteknr. 20), 12-12-1914;
- [10] NEN 6766; Corrosie van stalen elementen in de ondergrond – Eisen voor ontwerp en toepassing; d.d. februari 2023;
- [11] Aannemingsbedrijf van Leeuwen GWW; Lokaliseren K&L Hooghiemstraplein, Utrecht; d.d. 28-05-2025;
- [12] Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden; E-mail: RE: Hooghiemstraplein: resultaten inmeting Ziggo en KPN, d.d. 19-08-2025.



BIJLAGEN

A. Programma van Eisen



B. Grondonderzoek



C. D-Sheet Piling berekening lage en hoge oeverdeel



D. Toetsing damwand



E. Tekeningen

- E.1.** *Bestaande situatie Hooghiemstraplein*
- E.2.** *Kabels en leidingen Hooghiemstraplein*
- E.3.** *Nieuwe situatie Hooghiemstraplein*



F. Drukkracht

F.1.1. Lage oeverdeel

F.1.2. Hoge oeverdeel

F.1.3. Overkluizing



G. D-Sheet Piling berekening overluiding



H. Toetsing damwand overkluizing



I. Verbindingen gordingen aan damwand



J. Onderzoeksrapportages detectie kruisende kabels en leidingen





Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 PD 's-Hertogenbosch
Nederland

Nevelgaarde 10
3436 ZZ Nieuwegein
Nederland

iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

www.iv-infra.nl
Telefoon +31 88 943 3200
Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
officemanagement@iv-infra.nl