

Willem-Alexanderhaven

Logistieke kade en kerende wanden Besix

**PORT OF
ROERMOND**
COÖPERATIEF U.A.

Port of Roermond Coöperatief U.A.

A Schipperswal 19
6041 TC Roermond
T -

SBE

SBE Rotterdam

A Weena 335, 3013 AL Rotterdam (NL)
T +31 10 745 74 70
E info@sbe-engineering.nl
W www.sbe-engineering.com

REV	DATUM	OMSCHRIJVING	IR	CONTR	GOED
1.0	10/02/2025	Eerste uitgave	YMA	CVM	GRO
A	30/04/2025	Review WL en PoR verwerkt	CVM	GRO	GRO
B					
C					
D					
E					

PROJECT	DOC. TYPE	DISCIPLINE	FASE	DOC. NR	REVISIE
15298	ALG	G	DO	002	A

INHOUDSOPGAVE

	Afkortingen	6
1	Inleiding	7
1.1	Achtergrond	7
1.2	Doel van dit document	8
1.3	Gegevens gebruiker	8
1.4	Objectbeschrijving	9
1.4.1	Locatie	9
1.4.2	Bestaande taluds	9
1.4.3	Bestaande kadeconstructie	9
1.4.4	Bestaande bebouwing en verharding	9
1.4.5	Gebruik van het terrein	10
1.5	Toekomstige situatie	10
2	Uitgangspunten	11
2.1	Veiligheidsfilosofie	11
2.1.1	Ontwerplevensduur	11
2.1.2	Gevolg- en risicoklasse	11
2.1.3	Correctie op partiele factoren	11
2.1.4	Partiele factoren	12
2.2	Geometrische uitgangspunten	13
2.2.1	Hoogte damwanden	13
2.2.2	Waterbodemniveau	13
2.2.3	Bodembescherming ter plaatse van kerende wanden talud	14
2.2.4	Bodembescherming ter plaatse van nieuwe kades	14
2.2.5	Schematisering bodembescherming en geroerde grond	15
2.2.6	Ontgroningen	15
2.2.7	Maaiveldniveau	15
2.2.8	Beschikbare grondonderzoeken	16
2.2.9	Grondlagen	17
2.2.10	Grondprofielen	18
2.3	Hydraulische randvoorwaarden	19
2.3.1	Waterstanden	19
2.3.2	Waterstandscenario's	19
2.4	Maatgevende schepen	20
2.5	Belastingen	20
2.5.1	Eigen gewicht kadeconstructie	20
2.5.2	Bolder- en haalpenbelasting	20
2.5.3	Hydraulische belasting door scheepvaart	21
2.5.4	Algemene opslag, verkeer en laad- losactiviteiten	21
2.5.5	Droge bulkopslag	21
2.5.6	Terreinbelasting bouwphase	21
2.5.7	Kraanbelasting	21
2.5.8	Belasting op de kadeconstructie	21
2.5.9	Belastingschema's	21
2.5.10	Verkeersbelasting	23
2.5.11	IJsbelasting	23
2.5.12	Afmeerbelasting	24

2.6	Belastingcombinaties	24
2.6.1	Belastingfactoren	24
2.6.2	Combinatiefactoren	24
2.6.3	Belastingcombinaties	25
2.7	Materialen	25
2.7.1	Staal	25
3	Ontwerp	27
3.1	Algemeen	27
3.1.1	Ontwerp nieuwe logistieke kaden – sectie 1a, 1b, 3	27
3.1.2	Ontwerp nieuwe kerende wand talud – sectie 2	27
3.1.3	Ladders	27
3.2	Ontwerpaspecten	28
3.2.1	Algemeen	28
3.2.2	Vervormingscriteria	29
3.2.3	Invoer parameters	29
3.2.4	Bouwfaserings	31
3.2.5	Gording	32
4	Modellering	34
4.1	Verticaal evenwicht	34
4.2	Zakkende grond op ankers	34
4.3	Gording	36
4.3.1	Verticale oplegging	36
4.3.2	Horizontale oplegging	36
4.3.3	Gronddruk BGT en UGT	37
5	Resultaten en toetsing	38
5.1	Algemeen	38
5.2	Damwand	38
5.3	Stabiliteit	38
5.3.1	verticaal evenwicht	38
5.3.2	Horizontaal draagvermogen	39
5.3.3	Algehele stabiliteit	39
5.4	Vervormingscriteria	40
5.5	Verankering	40
5.5.1	Ankerstang	40
5.5.2	Groutlichaam	41
5.5.3	Kranz stabiliteit	41
5.6	Ankergording	42
5.7	Verbinding en ondersteuning van ankergording met damwand	43
5.8	Overige mechanismes – piping	43
6	Detailering en afwerking	45
6.1	Overzicht	45
6.2	Stalen deksloof	45
6.3	Haalpen	46
6.4	Wrijflijnen en gordingen	46
6.5	Drenkelingenladders	47
6.6	Kade drainage	48

6.7	Overstortleiding riool t.h.v. sectie 1a	48
7	Ontwerp bodembescherming	49
7.1	Uitgangspunten	49
7.1.1	Ontwerpschepen	49
7.1.2	Waterstanden	50
7.1.3	Bodemniveau	50
7.2	Berekening van de stroomsnelheden	50
7.3	Ontwerp van de bodembescherming	51
7.3.1	Bescherming van de bodem	51
7.3.2	Overzicht aan te brengen bodembescherming	52
8	Contextobjecten en raakvlakken	53
8.1	Aansluitingen	53
8.2	Bestaande constructies	53
8.2.1	Bouwwerken	53
8.3	Kabels en leidingen	54
9	Uitvoeringsaspecten	56
9.1	Uitvoeringsvolgorde	56
9.2	Heibaarheid	56
9.3	Hinder	57
9.4	Kans op schade	57
9.5	Zettingen	58
10	Conclusie en aanbeveling	59
10.1	Samenvatting ontwerp	59
10.2	Aandachtspunten vervolgfases	60
10.2.1	Contract en aanbesteding	60
10.2.2	Uitvoering	60
	Referenties	61
	Bijlagen	63
Bijlage 1	Toetsing D-Sheet piling	63
Bijlage 1 a.	Toetsing D-Sheet piling Sectie 1a	63
Bijlage 1 b.	Toetsing D-Sheet piling Sectie 1b	64
Bijlage 1 c.	Toetsing D-Sheet piling Sectie 2	65
Bijlage 1 d.	Toetsing D-Sheet piling Sectie 3	66
Bijlage 2	Toetsing damwand	67
Bijlage 2 a.	Toetsing damwand Sectie 1a	67
Bijlage 2 b.	Toetsing damwand Sectie 1b	68
Bijlage 2 c.	Toetsing damwand Sectie 2	69
Bijlage 2 d.	Toetsing damwand Sectie 3	70
Bijlage 3	Verankering	71
Bijlage 4	Gording	72
Bijlage 5	Berekeningen bodembescherming	73
Bijlage 6	Sonderingen	74
Bijlage 7	Zakkende grond analyse op ankers – sectie 2	75

Afkortingen

BGT	Bruikbaarheidsgrenstoestand – komt overeen met SLS (Serviceability Limit State)
DO	Definitief Ontwerp
IGT	Incidentele grenstoestand – komt overeen met ALS (Accidental Limit State)
UGT	Uiterste grenstoestand – komt overeen met ULS (Ultimate Limit State)
VSP	Voorspanfase

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Port of Roermond, een collectief van 4 bedrijven aan de Willem-Alexander haven te Roermond (BESIX, Kalle en Bakker, Sif en Smurfit Kappa), heeft de ambitie om de haven te voorzien van een hoogwaterkering welke tevens (deels) functioneert als logistieke kade. Door deze kades kan de haven verder werken aan zijn ambitie als circulaire haven waarbij de Modal Shift (transport over water in plaats van over de weg) optimaal wordt gefaciliteerd. Port of Roermond heeft hiervoor een plan ontwikkeld.

Binnen dit plan zal een deel van de hoogwaterkeringen functioneren als primaire kering en onderdeel worden van het dijktraject Roermond Alexanderhaven (onderdeel van normtraject 76-2). Overige hoogwaterkeringen binnen het integraal plan zijn geen onderdeel van de primaire kering en worden verder aangeduid als maatwerkkering.

Het plan is getoond in Figuur 1.1 en bestaat uit een combinatie van logistieke kaden, in het bestaande talud aan te brengen damwandconstructies (kerende wanden talud) en in het terrein te realiseren kerende wanden.



Figuur 1.1 Overzichtskaat Willem-Alexanderhaven

1.2 Doel van dit document

Dit rapport bevat het definitief ontwerp (DO) waarbij de nieuwe logistieke kadeconstructie (sectie 1a, 1b, 3) en de nieuwe kerende wanden (sectie 2) van Besix op sterkte en stabiliteit getoetst worden. Dit document is als volgt ingedeeld:

- H 1: Algemene projectbeschrijving met scope en doel van dit document. Objectbeschrijving met de locatie van de beschouwde constructies en een globale beschrijving van de huidige en toekomstige situatie.
- H 2: Definitie van technische en project specifieke uitgangspunten, waaronder normen, richtlijnen, en vereisten waaraan de constructie moet voldoen.
- H 3: Beschrijving van het ontwerp met haar inputparameters en de uit te voeren controles.
- H 4: Enkele toelichtingen over de modelleringswijze van specifieke ontwerpelementen en de daarvoor gebruikte softwarepakketten.
- H 5: Overzicht van de rekenresultaten en de toetsing van de constructie. Hierbij wordt gekeken naar de sterkte en stabiliteit van de bestaande damwandplanken, verankering en gordingen.
- H 6: Omschrijving van de detaillering en afwerking van de kademuur en kerende wand met onderdelen zoals deksloof en kademeubilair.
- H 7: Ontwerp van de bodem- en taludbescherming rondom de damwandconstructie.
- H 8: Beschrijving van de objecten of infrastructuur in de directe omgeving van de constructie die raakvlakken hebben met de constructie zoals gebouwen, naastliggende kademuren, leidingen, wegen, etc.
- H 9: Bespreken van relevante aspecten van de uitvoering, zoals heikbaarheid en mogelijke hinder, logistiek, toegankelijkheid.
- H 10: Conclusie met samenvatting van de belangrijkste resultaten en een overzicht van aandachtspunten.

Een referentielijst en de bijlagen zijn opgenomen achterin in dit document.

1.3 Gegevens gebruiker

BESIX Infra is een Nederlands infrastructuurbedrijf dat betrokken is bij diverse bouw- en onderhoudsprojecten. In Roermond richt het bedrijf zich voornamelijk op een asfaltplan dat gericht is op de aanleg en het onderhoud van wegen. Hun activiteiten in de regio omvatten het aanbrengen van asfalt om de weginfrastructuur te verbeteren en te onderhouden, wat bijdraagt aan het regionale wegennet. Het project maakt deel uit van hun bredere activiteiten in Nederland, waar ze gespecialiseerd zijn in infrastructuurontwikkeling en aanverwante diensten.

1.4 Objectbeschrijving

1.4.1 Locatie

Het projectgebied Willem-Alexanderhaven is gelegen in de provincie Limburg ten noordwesten van de stadskern van Roermond. De haven ligt aan de oostelijke oever van de Maas, ten noorden van de provinciale weg N280 (Hornerweg / Wilhelminasingel). De projectgrenzen binnen de Willem-Alexanderhaven lopen vanaf het perceel van BESIX-infra Nederland BV (ter hoogte van Maashaven/Schipperswal) tot en met het perceel van SIF (ter hoogte van Mijnheerkens/Roro weg). De Willem-Alexanderhaven is via de Maashaven verbonden met de Maas en bestaat uit de Schippershaven, de Lisbonnehaven en de Mijnheerkenshaven. De bestaande oevers rondom het perceel van Besix bestaan uit de secties zoals weergegeven in Tabel 1.1:

Tabel 1.1 Gegevens secties ter plaatse van perceel BESIX

Sectie	Naam sectie	Lengte [m]
1a	Nieuwe logistieke kade	90
1b	Nieuwe logistieke kade	95
2	Kerende wand talud 1	95
3	Nieuwe logistieke kade	165

1.4.2 Bestaande taluds

In de huidige situatie bestaan de oevers van secties 1b, 2 en 3 voor het terrein van Besix uit natuurlijk taluds. De helling van deze taluds is onbekend, maar aangenomen wordt een talud van ongeveer 1:2. De taluds zijn volledig begroeid. Het is onbekend of er bescherming aanwezig is op de taluds.

Er wordt aangenomen dat de nieuwe kadelijs / damwandconstructie wordt geplaatst op een peil van NAP+17.0 m in het bestaande talud.

1.4.3 Bestaande kadeconstructie

Van de bestaande kade BESIX dient de globale constructieopbouw bekend te zijn om het raakvlak tussen de nieuwe verankering en de bestaande verankering te kunnen lokaliseren. Ook moet met de uitvoerende partij worden vastgesteld of er voldoende ruimte is om verankering en gording aan te brengen. De huidige inrichting van het terrein is afgestemd op de hoogte van de bestaande kade BESIX (NAP +18,3 m). Aangezien de nieuwe kade BESIX aanmerkelijk hoger komt te liggen, moet nagedacht worden over de herinrichting van het terrein en de bereikbaarheid van de nieuwe kade BESIX.

1.4.4 Bestaande bebouwing en verharding

Voor de verschillende nieuwe verankerde damwanden geldt dat er een potentieel raakvlak is tussen de verankering en de fundering van de bestaande opslagloodsen op het terrein BESIX.

Op het terrein zijn verschillende verhardingen aanwezig, namelijk: asfaltverharding, elementenverharding of ongebonden verhardingen.

Direct naast de oever staan loodsen, diverse sleufsilo's voor de bulkopslag van zand en grind.

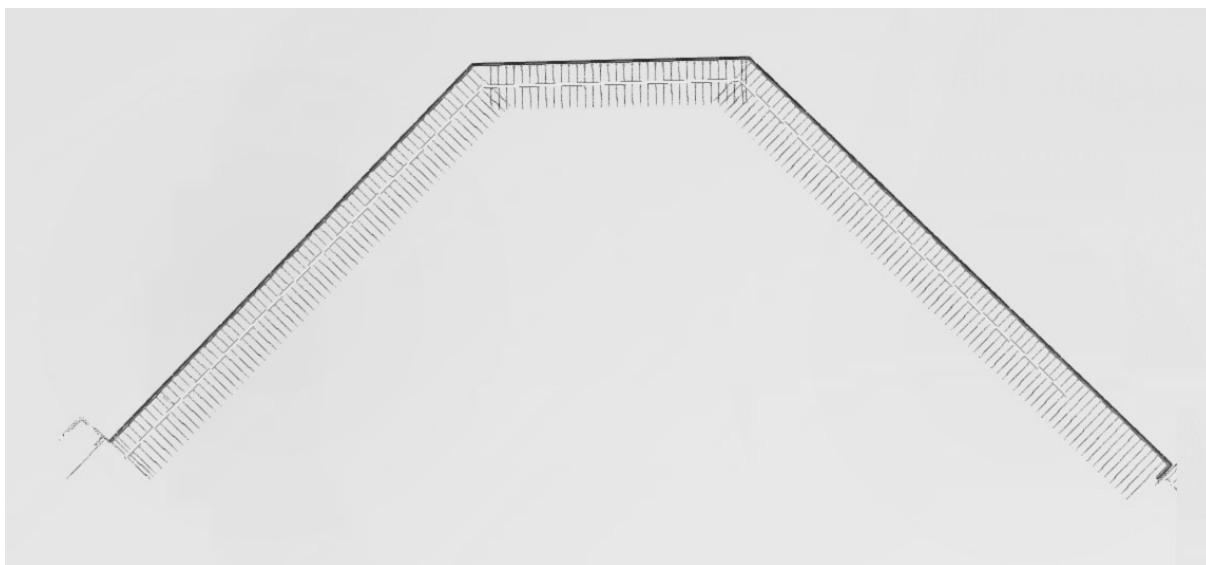
Tot slot is er een aantal afmeerpalen aanwezig in de haven voor het terrein van Besix. Het is nog onduidelijk wat hiermee gaat gebeuren, maar deze kunnen een interferentie hebben met de uitvoering van het ontwerp van de nieuwe kadeconstructie.

1.4.5 Gebruik van het terrein

Het terrein achter de bestaande logistieke kade wordt gebruikt als containerterminal. Het terrein aangrenzend aan de bestaande taluds wordt momenteel voornamelijk gebruikt voor de opslag van droge bulk, materieel en bebouwing/loodsen.

1.5 Toekomstige situatie

Figuur 1.2 toont een overzicht van de nieuwe logistieke kade en kerende wanden rond BESIX-Infra. Het totale traject heeft een lengte van circa 450 m en dient aan de zuidwestzijde aan te sluiten op de logistieke kade van Koopman (sectie 4).



Figuur 1.2 Toekomstige situatie

Voor het toekomstige gebruik van de kade moet rekening worden gehouden met het volgende:

- Het terrein zal gebruikt blijven worden voor droge bulk opslag.
- De nieuwe logistieke kade zal gebruikt worden voor het laden en lossen van containers en droge bulk.
- Merk op dat er een rioolleiding (overstort) door de damwand van Besix (t.h.v. sectie 1a) loopt. Er wordt een put met schuifafsluiter voorzien op deze riolering om de waterveiligheid van deze (primaire) waterkeringslijn te waarborgen.

2 Uitgangspunten

De algemene uitgangspunten, randvoorwaarden en eisen voor de keringen in de Willem-Alexanderhaven zijn beschreven in de uitgangspuntennota van dit project [21]. In onderstaande paragrafen wordt een samenvatting van deze uitgangspunten beschreven.

2.1 Veiligheidsfilosofie

2.1.1 Ontwerplevensduur

De ontwerplevensduur van de logistieke kade en kerende wanden is 100 jaar [14].

2.1.2 Gevolg- en risicoklasse

Voor toetsing conform het Bouwbesluit dienen de betrouwbaarheids- en gevolgklassen RC2/CC2 – en daarmee een minimale betrouwbaarheid over de gehele levensduur van $\beta_{eis;bouwbesluit;levensduur} = 3,8$ – te worden aangehouden.

De keuze van de betrouwbaarheids- en gevolgklassen heeft tot gevolg dat er een verhoging van de partiële materiaalfactoren benodigd is.

2.1.3 Correctie op partiele factoren

De ontwerplevensduur van de constructie is gelijk aan 100 jaar ($\beta = 3,8$), terwijl de standaard referentieperiode gelijk is aan 50 jaar ($\beta = 3,6$). Om te corrigeren voor de langere levensduur dienen correctiefactoren te worden toegepast op de partiele materiaalfactoren (grondsterkte en staalsterkte), zie [9], paragraaf 2.4.7.

Het verschil in betrouwbaarheidsindex dient te worden vertaald tot een verhoging van de materiaalfactoren volgens onderstaande formule [9]:

$$\gamma_{m;corr} = e^{\alpha_R(\beta_N - \beta_{Ref})\sqrt{\ln(1+V_R^2)}}$$

Waarin:

$\gamma_{m;corr}$ = correctiefactor op materiaalfactor

α_R = invloedsfactor voor onzekerheid sterkte = 0,8

β_N = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode langer dan 50 jaar

β_{Ref} = betrouwbaarheidsindex voor referentieperiode van 50 jaar

V_R = variatiecoëfficiënt sterkte

De materiaalafhankelijke variatiecoëfficiënten zijn:

- voor staal: $V_R = 0,10$
- voor beton: $V_R = 0,20$
- voor hout: $V_R = 0,20$

- voor grond – effectieve cohesie c' : $V_R = 0,20$ (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ' : $V_R = 0,10$ (NEN-EN 1997-1, tabel 2.b)

Bij toetsing van de materiaalsterkte dienen de materiaalfactoren daarom als volgt te worden verhoogd:

- voor staal: $\gamma_{m;corr} = 1,02$
- voor beton: $\gamma_{m;corr} = 1,03$
- voor hout: $\gamma_{m;corr} = 1,03$
- voor grond – effectieve cohesie c' : $V_R = 1,03$
- voor grond – hoek van inwendige wrijving φ' : $V_R = 1,02$

Bovenstaande correctiefactoren worden voor de eindfase ($t = 100$ jaar) in rekening gebracht.

2.1.4 Partiele factoren

Tabel 2.1 Partiele factoren. secties 1 t/m 3

Partiële factor		Symbol	RC0	RC2 Nieuwbouw
Permanente last, ongunstig	(GEO)	$\gamma_{G,ongunstig}$	1,00	1,00
Permanente last, gunstig	(GEO)	$\gamma_{G,gunstig}$	1,00	1,00
Variabele last, ongunstig	(GEO)	$\gamma_{Q,ongunstig}$	1,00	1,10
Variabele last, gunstig	(GEO)	$\gamma_{Q,gunstig}$	0,00	0,00
Permanente last, ongunstig	(STR)	$\gamma_{G,ongunstig}$	1,00	1,35
Permanente last, gunstig	(STR)	$\gamma_{G,gunstig}$	1,00	0,90
Variabele last, ongunstig	(STR)	$\gamma_{Q,ongunstig}$	1,00	1,30
Variabele last, gunstig	(STR)	$\gamma_{Q,gunstig}$	0,00	0,00
Hoek v inwendige wrijving ($\tan \varphi$) (DW)		$\gamma_{\tan;\varphi'}$	1,00	1,199
Effectieve cohesie (DW)		$\gamma_{c'}$	1,00	1,288
Mod of sub reactions			1,00	1,326
Hoek v inwendige wrijving (STAB)		$\gamma_{\varphi'}$	1,00	1,275
Effectieve cohesie (STAB)		$\gamma_{c'}$	1,00	1,494
Volumieke massa (STAB)		$\gamma_{\gamma'}$	1,00	1,00
Rep. Waarde van M, D en P_{max}		γ_G	1,00	1,20
Kerende hoogte (max)		Δa_{GL}	0%	10% (0,5 m)
Waterstand passief		$\Delta a_{WL,p}$	0,00	0,25 m
Waterstand actief		$\Delta a_{WL,a}$	0,00	0,05 m

2.2 Geometrische uitgangspunten

2.2.1 Hoogte damwanden

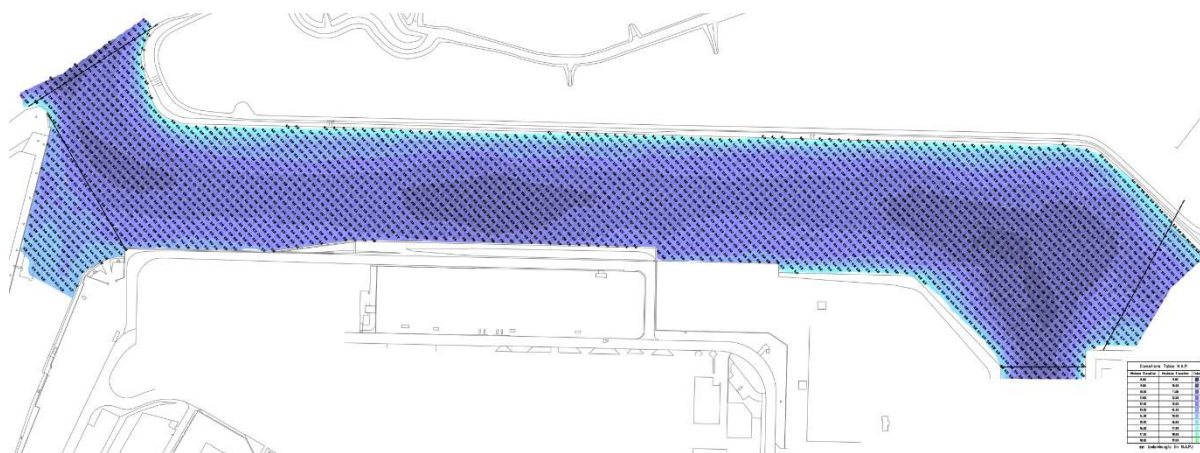
De hoogtes van de nieuwe logistieke kaden (secties 1a, 1b en 3) en kerende wand talud (sectie 2) zullen worden afgestemd op het hydraulisch belastingniveau voor het zichtjaar 2125.

Tabel 2.2 Hoogte maatwerkkering BESIX

Sectie	Naam	Hydraulisch belasting-niveau 2075 [m+NAP]	Hydraulisch belasting-niveau 2125 [m+NAP]	Oriëntatie normaal kering [°N]	Hoogte kering [m+NAP]
1a	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,13	+22,47	315	+22,50
1b	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,13	+22,47	315	+22,50
2	Kerende wand talud [1]	+22,13	+22,47	5	+22,50
3	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,00	+22,34	45	+22,40

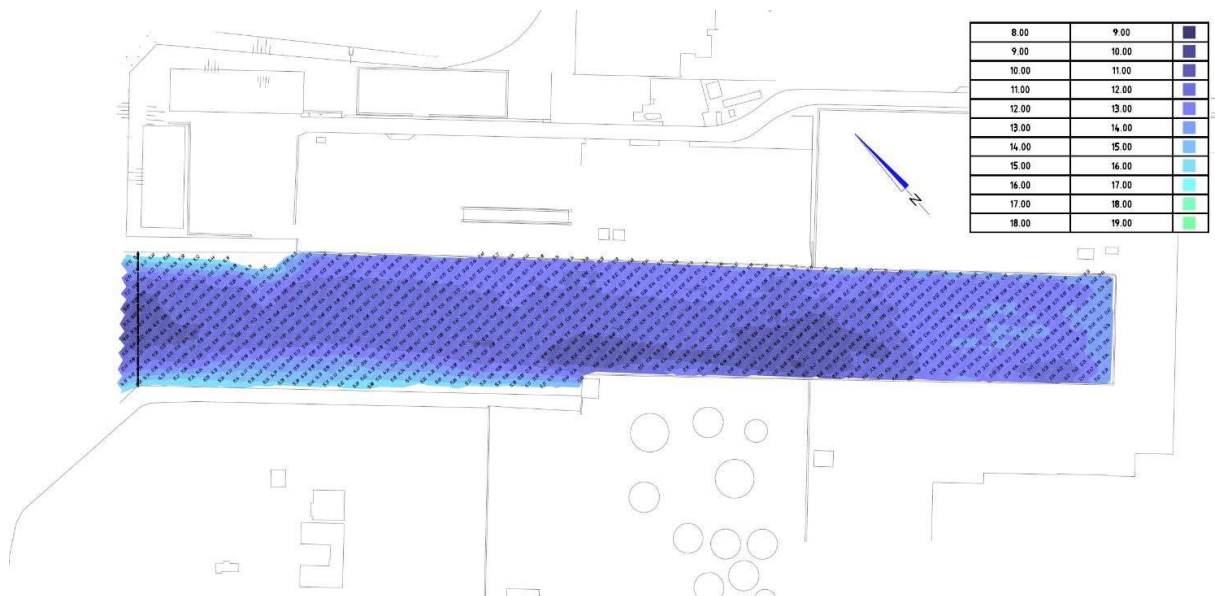
2.2.2 Waterbodemniveau

De bodemhoogte in de Schippershaven op basis van de peiling d.d. november 2021 [26] is gegeven in Figuur 2.1.



Figuur 2.1 Bodemhoogte Schippershaven op basis van peiling d.d. november 2021 [26]

De bodemhoogte in de Lisbonnenhaven op basis van de peiling d.d. november 2021 [26] is gegeven in Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Bodemhoogte Lisbonnenhaven op basis van peiling d.d. november 2021 [26]

Volgens het beheerplan van de gemeente Roermond geldt voor de vaargeul in de Lisbonnenhaven en de Schippershaven een onderhoudsdiepte van NAP +12,50 m. Bij onderhoudsbaggerwerkzaamheden wordt de havenbodem gebaggerd tot het basisniveau van NAP +13,00 m plus een overdiepte van 0,50 m. De overdiepte is hierbij de geschatte aanwas van baggerspecie in 10 jaar.

Voor het ontwerp van de kades dient een bodemdiepte van NAP +12,50 aangehouden te worden. Port of Roermond heeft aangegeven dat geen rekening gehouden dient te worden met een eventuele toekomstige situatie voor diepgang die toereikend is voor CEMT-Vb schepen.

2.2.3 Bodembescherming ter plaatse van kerende wanden talud

Het is niet bekend wat de bekleding is van de bestaande taluds. In de DO fase is in overleg met de Port of Roermond besloten om géén bodembescherming toe te passen t.h.v. de (onderwater)taluds.

2.2.4 Bodembescherming ter plaatse van nieuwe kades

Er wordt bodembescherming aangebracht bij de nieuwe logistieke kades. In [18] is aan de hand van het Ontwerp-Projectplan Waterwet [28] afgeleid waaraan de bodembescherming ten aanzien van hoogte/maatvoering dient te voldoen:

- Niveau bovenkant bodembescherming: NAP +12,50 m
- Niveau realisatie baggerwerk: NAP +12,00 m (uitgaande van een laagdikte van 0,50 m)
- Constructiediepte nieuwe kaden: NAP +11,50 m (uitgaande van 0,50 m geroerde grond)

Voor de bodembescherming wordt uitgegaan van een zinkstuk bestort met breuksteen 10-60 kg, welke tot een afstand van 5,0 m ten opzichte van de voorzijde van de damwand wordt gepenetreerd met colloïdaal beton.

Het ontwerp van de bodembescherming zelf wordt in hoofdstuk 7 besproken.

2.2.5 Schematisering bodembescherming en geroerde grond

Voor de schematisering van bodembescherming en geroerde grond in ontwerpberekeningen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bodembescherming bestaat uit een zinkstuk bestort met breuksteen 10-60 kg.
- De laagdikte van de breuksteenbestorting met breuksteen bedraagt 0,50 m.
- Het poriënvolume van de breuksteenbestorting bedraagt 40%.
- Het volumiek gewicht van de breuksteen bedraagt 26,5 kN/m³.
- Bij het ontgraven van de bodem ten behoeve van de bodembescherming wordt de grond tot 0,50 m beneden niveau realisatie baggerwerk geroerd.
- Het volumiek gewicht van de geroerde grond bedraagt 18 kN/m³.

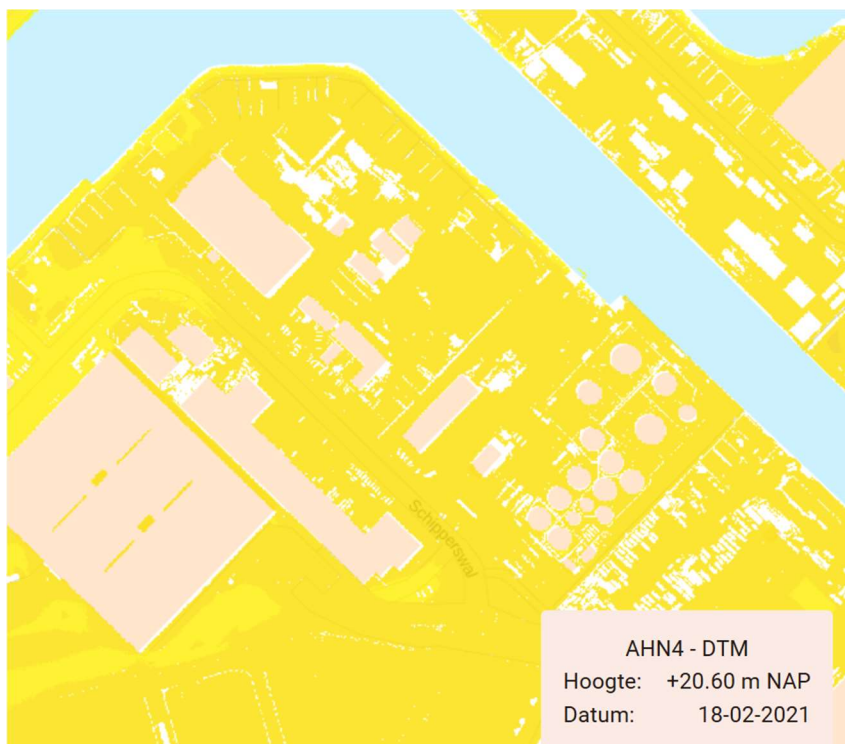
Het effectieve gewicht van de breuksteenbestorting bedraagt dan $60\% \times 0,50 \times (26,5 - 10) = 5 \text{ kN/m}^2$ en wordt in ontwerpberekeningen als bovenbelasting op de passieve grondwig aangebracht. Het effectieve gewicht van de geroerde grond bedraagt $0,50 \times (18 - 10) = 4 \text{ kN/m}^2$ en wordt in ontwerpberekeningen eveneens als bovenbelasting op de passieve grondwig aangebracht. De totale bovenbelasting op de passieve grondwig (boven het niveau van de constructiediepte van de kade) bedraagt derhalve 9 kN/m².

2.2.6 Ontgrondingen

Waar geen bodembescherming wordt aangebracht moet rekening worden gehouden met eventuele ontgrondingen. De ontgrondingsdiepte in de niet-beschermd bodem dient te worden bepaald aan de hand van de lokale bathymetrie, de scheepsmanoeuvres en het door de gemeente Roermond toegepaste baggerregime (inclusief marges)[14]. Er moet ook rekening worden gehouden met eventuele toekomstige ontwikkelingen die kunnen leiden tot ontgrondingen.

2.2.7 Maaiveldniveau

Een overzicht van maaiveldhoogtes op basis van AHN4 is gegeven in Figuur 2.3.



Figuur 2.3 Hoogte maaiveld op basis van AHN4

De hoogtes die zullen worden aangehouden voor het damwandontwerp zijn gebaseerd op de AHN4 profielen en zijn samengevat in Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Hoogte maaiveld in huidige situatie en toekomstige situatie

Sectie	Naam sectie	Hoogte kering [m+NAP]	Hoogte maaiveld	
			Huidige situatie ^(a) [m+NAP]	Toekomstige situatie ^(b) [m+NAP]
1a	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,50	+18,30	+21,50
1b	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,50	+18,30	+21,50
2	Kerende wand talud [1]	+22,50	+20,2/+20,9	+20,90
3	Nieuwe logistieke kade BESIX	+22,40	+20,5/+20,7	+20,60

(a) Hoogte van het maaiveld op basis van AHN4

(b) Hoogte van het maaiveld die in het ontwerp van de damwandconstructie wordt aangehouden.

2.2.8 Beschikbare grondonderzoeken

Een overzicht van de beschikbare boringen en sonderingen is gegeven in de Tabel 2.4 en in de overzichtskaart in Figuur 2.4.

Tabel 2.4 Beschikbare historische grondonderzoeken

Uitvoerder	Opdrachtnummer	Jaar	Referentie
Inpijn-Blokpoel	22ZP1423_1423-RG-01	2023	[28]
Inpijn-Blokpoel	02P005413	2014	[34]
DinoLoket	Onbekend	2021	www.dinoloket.nl



Figuur 2.4 Beschikbare sonderingen

2.2.9 Grondlagen

Er wordt onderscheid gemaakt in een aantal grondlagen met bijbehorende karakteristieke grondparameters doorheen het gehele projectgebied. Vervolgens wordt de grondlagenopbouw per sectie gepresenteerd in §2.2.10 Dit zijn de karakteristieke waarden van grondparameters ten behoeve van het ontwerp van damwand-constructies, hieronder weergegeven in Tabel 2.5. De karakteristieke waarden zijn ontleend aan [5], Tabel 2.b en [9], Tabel 3.10.

Tabel 2.5

LaagID	Lithologie	γ_d [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	c_u [kPa]	k_{h1} [kN/m ³]	k_{h2} [kN/m ³]	k_{h3} [kN/m ³]
1A	KLEI, schoon, slap	14	14	0	17,5	25	2000	800	500
1B	KLEI, schoon, matig	17	17	5	17,5	50	4000	2000	800
1C	KLEI, zwak zandig, slap	15	15	0	22,5	40	2000	800	500
1D	KLEI, zwak zandig, matig	18	18	5	22,5	80	4000	2000	800
2A	ZAND, schoon, los	17	19	0	30,0	-	12000	6000	3000
2B	ZAND, schoon, matig	18	20	0	32,5	-	20000	10000	5000
2C	ZAND, schoon, vast	19	21	0	35,0	-	40000	20000	10000
2D	ZAND, zwak siltig	18	20	0	27,0	-	12000	6000	3000
2E	ZAND, sterk siltig	18	20	0	25,0	-	8000	4000	2000
3A	GRIND, zwak siltig, matig	18	20	0	35,0	-	80000	40000	20000
3B	GRIND, zwak siltig, vast	19	21	0	37,5	-	80000	40000	20000

Er is geconstateerd dat bij veel van de beschikbare sonderingen wrijvingsgetallen ontbreken. Daarnaast is het aantal beschikbare boringen beperkt. Om toch tot een veilig ontwerp te komen, zijn in de onderstaande grondprofielen conservatieve aannames gedaan. Extra grondonderzoek kan bijdragen aan een geoptimaliseerd ontwerp.

2.2.10 Grondprofielen

Op basis van het beschikbare grondonderzoek is per sectie een grondprofiel opgesteld ten behoeve van het ontwerp van de damwandconstructies. Deze grondprofielen zijn gegeven in Tabel 2.6 t/m Tabel 2.8. Steeds is aangegeven welke sonderingen zijn geraadpleegd en welke sondering als maatgevend is beschouwd. De relevante grondparameters zijn terug te vinden in Tabel 2.5.

Tabel 2.6 Grondprofiel ten behoeve van ontwerp nieuwe logistieke kade [BESIX] – sectie 1a/b

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
1 a/b	Nieuwe logistieke kade [BESIX]	SW08A	SW08A	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		DM002		1C	+17.20	Klei, zz, slap
		DM003		2A	+13.80	Zand, schoon, los
		DM004		3A	+12.80	Grind, zs, matig

Sondering SW08A is maatgevend vanwege de dikte van het slappe lagenpakket en de aanwezigheid van los gepakt zand in de overgang naar het grind.

Tabel 2.7 Grondprofiel ten behoeve van ontwerp kerende wand talud 1 – sectie 2

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
2	Kerende wand talud 1	DM004	DM011	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		DM006		1B	+18.40	Klei, schoon, matig
		DM008		2B	+13.60	Zand, schoon, matig
		DM010		2D	+11.80	Zand, zwak siltig
		DM011		3A	+11.10	Grind, zs, matig
		DM012				
		DM013				

Sondering DM011 is maatgevend vanwege de dikte van het slappe lagenpakket (laag 1B).

Tabel 2.8 Grondprofiel ten behoeve van ontwerp nieuwe logistieke kade [BESIX] – sectie 3

Sectie	Naam sectie	Sonderingen geraadpleegd	Sondering maatgevend	LaagID	B.k. grondlaag [m+NAP]	Grondsoort
3	Nieuwe logistieke kade [BESIX]	DM012	DM013	2A	maaiveld	Zand, schoon, los
		DM013		1B	+17.00	Klei, schoon, matig
		DM016		2B	+13.50	Zand, schoon, matig
		DM017		2A	+11.20	Zand, schoon, los
		CPT..161041		3A	+9.10	Grind, zs, matig

Sondering DM013 is maatgevend vanwege de dikte van het slappe lagenpakket. Bovendien ligt slappe laag 1B hier het laagst gelegen, nabij de passieve wig, wat maatgevend is.

2.3 Hydraulische randvoorwaarden

2.3.1 Waterstanden

Kenmerkende waterstanden voor het ontwerp van damwandconstructies zijn gegeven in Tabel 2.9.

Tabel 2.9 Kenmerkende waterstanden

Waterstand	Symbool	Niveau [m+NAP]
Buitenwaterstand	BWS	+16,70
Maatgevend laagwater	MLW	+13,30
Waterstand bij norm 2125	WBN2125	+22,10
Waterstand bij norm 2075	WBN2075	+21,70

2.3.2 Waterstandscenario's

Waterstandscenario's voor het ontwerp van damwandconstructies zijn gegeven in Tabel 2.10. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen normaal gebruik en extreme situaties. Voor extreme situaties worden de in [14] beschreven waterstandscenario's aangehouden. Aangezien er een waterremmende kleilaag aanwezig is (zie paragraaf Figuur 2.4), is [14], Tabel 7.1 van toepassing. Voor de stijghoogte onder de kleilaag worden de scenario's gehanteerd die gelden bij afwezigheid van waterremmende lagen. De kleilaag rond NAP +17 m wordt als waterremmende laag beschouwd waarboven (hemel)water kan blijven hangen. Onder de kleilaag bevindt zich goed doorlatende grond. Daarom wordt voor het grondwater onder de kleilaag een stijghoogte aangehouden dat overeenkomt met de scenario's bij afwezigheid van waterremmende lagen, conform [14], Tabel 7.2. Het grondwater onder de kleilaag kan het buitenwater immers goed volgen.

Tabel 2.10 Waterstandscenario's

Scenario	Buitenwaterstand [m+NAP]	Grondwaterstand boven kleilaag [m+NAP]	Stijghoogte onder kleilaag [m+NAP]
<u>Normaal gebruik</u>			
1. Waterstand bij normaal gebruik	BWS +16,70	BWS +1,55 m +18,25	BWS +1,00 m +17,70
<u>Ontwerpsituaties</u>			
2. Val naar extreem laagwater	MLW +13,30	maaiveld -1,00 m	MLW +1,00 m +14,30
3. Val na maatgevend hoogwater	BWS +16,70	maaiveld	BWS +1,00 m +17,70
4. Waterstand bij norm	WBN2125 / WBN2075 +22,10 / +20,75	maaiveld	WBN2125 / WBN2075 +22,10 / +20,75
5. Gemiddelde buitenwaterstand	BWS +16,70	BWS +16,70	BWS +16,70

Aangezien de waterdrukken aan beide zijden van de damwand ter plaatse van de teen van de damwand gelijk dienen te zijn, worden wateroverspanningen en -onderspanningen gedefinieerd in D-Sheet Piling conform [14], Figuur 4.53.

2.4 Maatgevende schepen

Voor de maatgevende schepen dient te worden uitgegaan van CEMT-klasse Vb [1]. Kenmerken van het maatgevend motorvrachtschip, duwstel en koppelverband zijn gegeven in respectievelijk Tabel 2-25, Tabel 2-26 en Tabel 2-27 [17]. De meest gangbare duwbakken in de Willem-Alexanderhaven zijn van het type Europa II/Europa IIa (11,4 m x 76,5 m). Daarnaast komen ook duwbakken van het type Europa IIa verlengd voor (11,4 m x 90,0 m).

Tabel 2.11 Kenmerken maatgevend motorvrachtschip [17]

CEMT	Typering motorvrachtschip	Breedte [m]	Lengte [m]	Diepgang [m]geladen	Diepgang leeg [m]	Laad-vermogen [ton]
Va	Groot Rijnschip	11,4	110-135	3,5	1,8	2900-3735

Tabel 2.12 Kenmerken maatgevend duwstel [17]

CEMT	Typering motorvrachtschip	Breedte [m]	Lengte [m]	Diepgang [m]geladen	Diepgang leeg [m]	Laad-vermogen [ton]
Vb	2 bakken Europa II lange formatie	11,4	170-190	3,5-4,0	-	3951-7050

Tabel 2.13 Kenmerken maatgevend koppelverband [17]

CEMT	Typering motorvrachtschip	Breedte [m]	Lengte [m]	Diepgang [m]geladen	Diepgang leeg [m]	Laad-vermogen [ton]
Vb	1 voorspanbak type Europa II	11,4	170-190	3,5-4,0	-	3351-7250

OPMERKING

Er wordt een vaste bodemdiepte van NAP+12,50 m aangehouden. Voor deze bodemdiepte wordt geen rekening gehouden met de diepte die toereikend is voor CEMT-Vb schepen bij lage waterstanden.

2.5 Belastingen

2.5.1 Eigen gewicht kadeconstructie

Het eigen gewicht van de kadeconstructie inclusief deksloof, wrijfhout en overige objecten op de kadeconstructie wordt verwaarloosd in berekeningen.

2.5.2 Bolder- en haalpenbelasting

Voor het ontwerp van de nieuwe kaden wordt op basis van de scheepvaartklasse rekening gehouden met een karakteristieke waarde van de haalpenbelasting van 250 kN. Deze belasting wordt gespreid over twee dubbele damwandplanken. Om dit te realiseren, dienen de damwandsloten van deze twee dubbele planken (naast de haalpen) te worden vastgelast vanaf bovenkant damwand tot aan niveau gording.

2.5.3 Hydraulische belasting door scheepvaart

Er wordt uitgegaan van een scheepvaartverbod bij hoogwater. Dit betekent dat er bij hoogwater geen scheepvaart is toegestaan om de kering te ontlasten. Belasting door scheepvaart is dan geen relevante belastingssituatie.

2.5.4 Algemene opslag, verkeer en laad- losactiviteiten

De strook vanaf de kade tot 7,5 m vanaf de kade wordt gebruikt voor algemene opslag, verkeer en toekomstige laad- en losactiviteiten. Hiervoor wordt een minimale veranderlijke bovenbelasting van 30 kPa aangehouden. Deze waarde is gebaseerd op kentallen in [13], Tabel 3.6 en [18], paragraaf 5.4.6.

2.5.5 Droge bulkopslag

Vanaf een afstand van 7.5m vanaf de kade wordt uitgegaan van bulkopslag van items die van plaats tot plaats zullen verschillen. De verschillende situaties worden hieronder gespecificeerd op de belastingsschema's en lopen op tot maximaal 200 kPa.

2.5.6 Terreinbelasting bouwphase

Voor terreinbelasting in de bouwphase wordt een bovenbelasting van 10 kPa aangehouden.

2.5.7 Kraanbelasting

Op de nieuwe kaden BESIX (sectie 1a, 1b, 2 en 3) wordt aangenomen dat de Mobiele kraan: Liebherr 954 gebruikt zal worden.

2.5.8 Belasting op de kadeconstructie

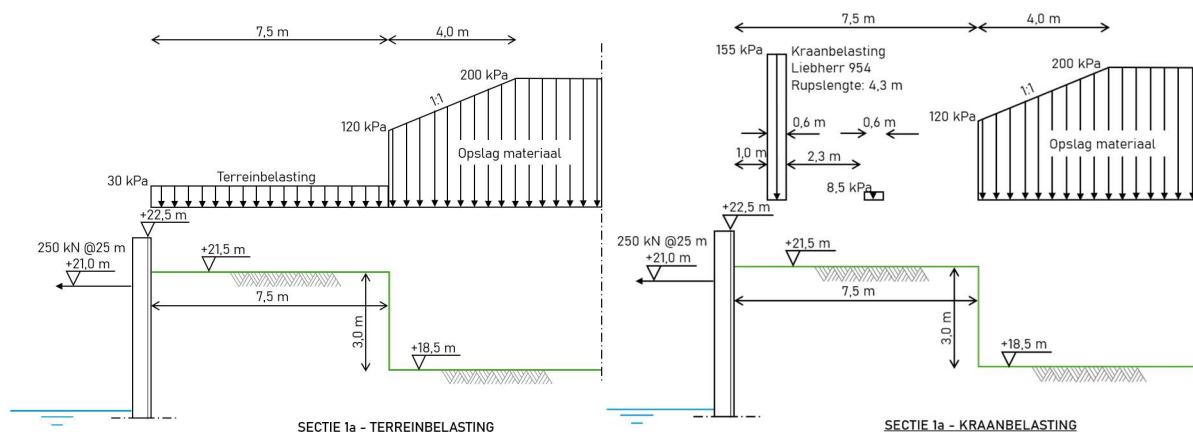
Externe belastingen ten gevolge van overslagvoorzieningen die direct op de kadeconstructie aangrijpen zijn niet toelaatbaar. Dit geldt voor alle bestaande kaden, nieuwe kaden en kerende wanden talud.

2.5.9 Belastingsschema's

Een overzicht van de aan te houden belastingsschema's voor bovenbelasting en kraanbelastingen per sectie in de gebruiksfase is gegeven in Figuur 2.5 t/m Figuur 2.8.

Nieuwe logistieke kade Besix – sectie 1a:

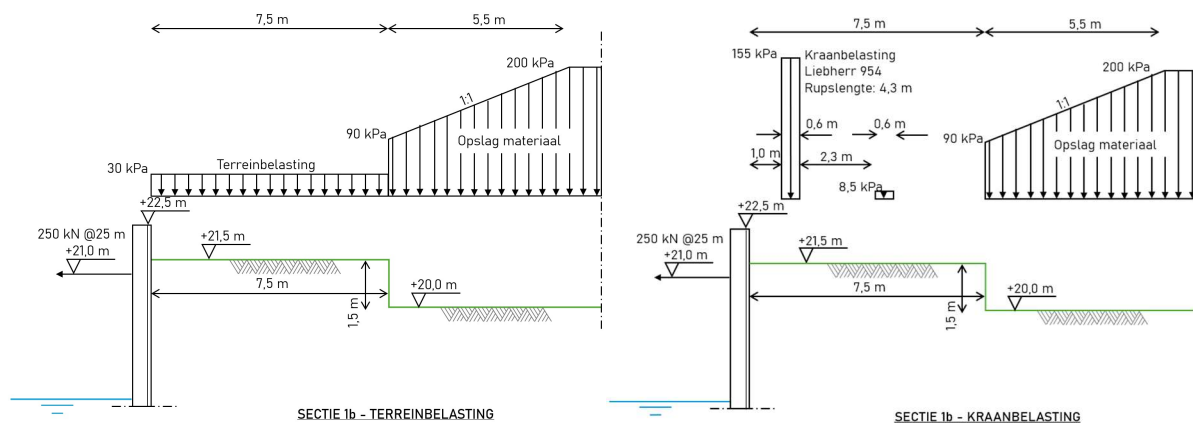
- Terreinbelasting 30 kPa vanaf 0 m tot 7,5 m afstand + opslag bulkmateriaal 120 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 11,5 m afstand.
- Liebherr 954 kraanlast + opslag bulkmateriaal 120 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 11,5 m afstand.



Figuur 2.5 Belastingsschema sectie 1a

Nieuwe logistieke kade BESIX – sectie 1b:

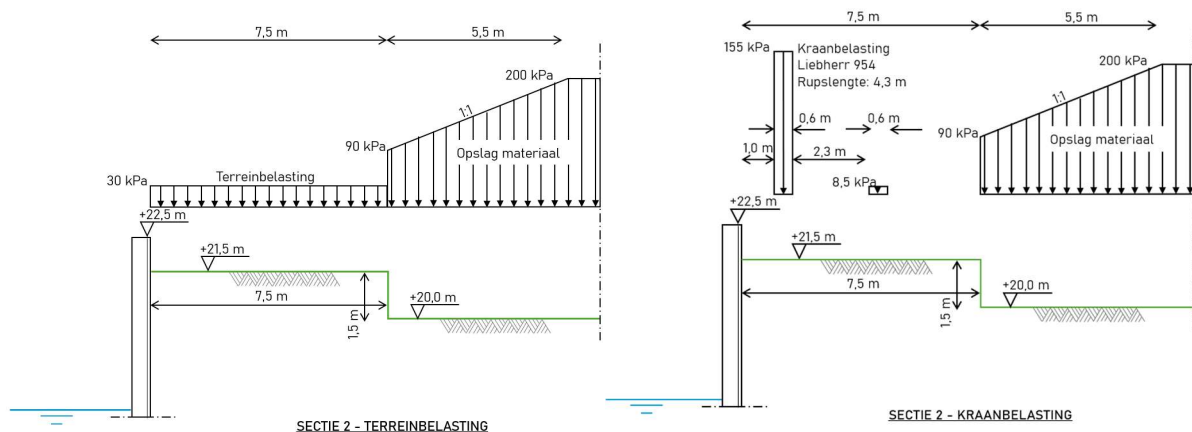
- Terreinbelasting 30 kPa vanaf 0 m tot 7,5 m afstand + opslag bulkmateriaal 90 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,0 m afstand.
- Liebherr 954 kraanlast + opslag bulkmateriaal 90 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,0 m afstand.



Figuur 2.6 Belastingsschema sectie 1b

Kerende wand talud [1] – sectie 2:

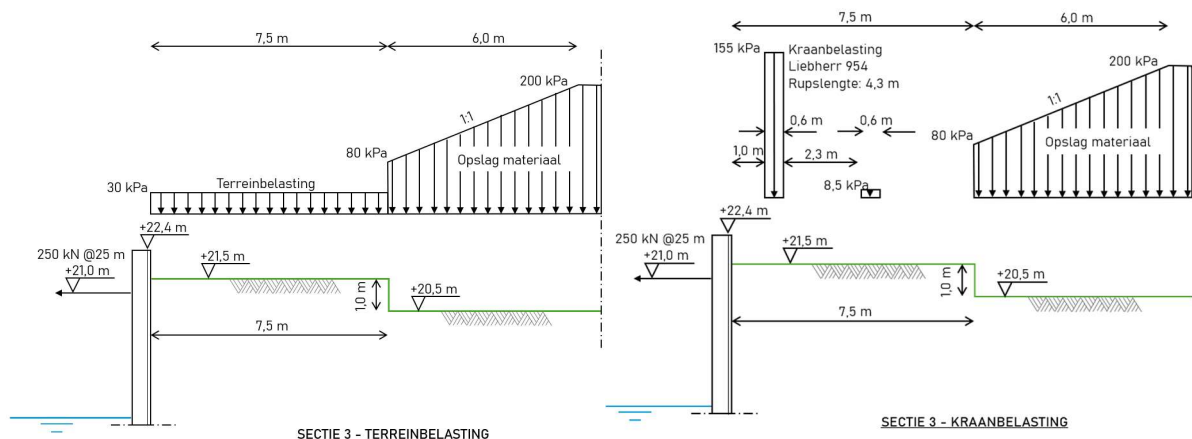
- Terreinbelasting 30 kPa vanaf 0 m tot 7,5 m afstand + opslag bulkmateriaal 90 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,0 m afstand.
- Liebherr 954 kraanlast + opslag bulkmateriaal 90 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,0 m afstand.



Figuur 2.7 Belastingsschema sectie 2

Nieuwe logistieke kade [BESIX] – sectie 3:

- Terreinbelasting 30 kPa vanaf 0 m tot 7,5 m afstand + opslag bulkmateriaal 80 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,5 m afstand.
- Liebherr 954 kraanlast + opslag bulkmateriaal 80 kPa vanaf 7,5 m oplopend tot 200 kPa vanaf 13,5 m afstand.



Figuur 2.8 Belastingsschema sectie 3

2.5.10 Verkeersbelasting

Indien er een verkeersweg aanwezig is, dient er conform [14], paragraaf 8.5 een bovenbelasting van 20 kPa te worden aangehouden op de locatie van de verkeersweg.

2.5.11 Ijsbelasting

Conform [9], paragraaf 3.2.5 wordt gerekend met een gemiddelde horizontaal werkende lijnlast van 400 kN/m (zoet water, rekenwaarde), aangenomen ter plaatse van de ongunstigste in beschouwing genomen waterstand. De representatieve waarde van de lijnlast is op basis van [11], Tabel 6.6 gelijk aan $400/1,1 = 363$ kN/m. Het aangrijpniveau van de lijnlast wordt aangenomen op het niveau van de normale buitenwaterstand (NAP +16,70 m).

2.5.12 Afmeerbelasting

De damwandconstructies worden niet berekend op afmeerbelasting. De snelheid van schepen dwars op de kade bij het aanleggen is dermate laag dat het arbeidsvermogen van het schip dat door de fender/damwandcombinatie moet worden geabsorbeerd niet bijzonder hoog zal zijn. Daarnaast worden de nieuwe kaden uitgerust met wrijfgordingen en -stijlen vergelijkbaar met het ontwerp van de wrijfgordingen en -stijlen bij de bestaande kaden Kalle en Bakker en Sif, waarbij de onderste en zwaarst belasting wrijfgording zich ca. 1-1,5 m onder de verankering bevindt. Bij toepassing van een dergelijk ontwerp van wrijfgordingen en -stijlen vormen scheepsstoten geen maatgevende belastingssituatie. Het aangrijpingspunt van de belasting op de onderste wrijfgording werkt gunstig in de richting van de grond en leidt dan ook niet tot een toename van het veldmoment.

2.6 Belastingcombinaties

2.6.1 Belastingfactoren

Conform NEN-EN 9997-1 [5], Bijlage A.3 gelden de in Tabel 2.14 gegeven partiële factoren voor belastingen.

Tabel 2.14 Partiele factoren voor belastingen nieuwbouw

Belasting	Symbol	Combinatie						
			A1			A2 (damwand)		
			RC1	RC2	RC3	RC1	RC2	RC3
Permanently	Ongunstig	γ_G	1,2	1,35	1,5	1,0	1,0	1,0
	Gunstig		0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0
Veranderlijk	Ongunstig	γ_Q	1,35	1,5	1,65	1,0	1,1	1,25
	Gunstig		0	0	0	0	0	0

Conform CUR 211, Tabel 6.6 (noot d) wordt een partiële factor van 1,3 aangehouden voor een veranderlijke horizontale belasting (haalpenbelasting). Bovenstaande tabel geldt voor sectie 1a, 1b, 2 en 3.

2.6.2 Combinatiefactoren

Er zijn meerdere belastingcombinaties mogelijk, waarbij terreinbelasting, kraanbelasting en bolder-/haalpenbelasting worden gecombineerd. Wanneer meerdere belastingen tegelijkertijd worden gecombineerd, worden de in Tabel 2.15 gegeven combinatiefactoren ψ_0 toegepast op basis van CUR 211.

Tabel 2.15 Combinatiefactoren conform CUR211

Actie	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Terreinbelasting	0,7	0,5	0,3
Verkeersbelasting	0,6	0,4	0
Kraanbelasting	0,6	0,4	0
Bolderbelasting (haalpen)	0,7	0,3	0
Gronddrukken	1,0	1,0	1,0
Waterdrukken	1,0	1,0	1,0
Ijsbelasting	0,7	0,3	0

2.6.3 Belastingcombinaties

De potentieel maatgevende belastingcombinaties zijn afhankelijk van de voor de betrokken sectie van toepassing zijnde belastingen. Met betrekking tot belastingcombinaties worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Ijsbelasting wordt niet gecombineerd met bolderbelasting, aangezien ijs(druk) weerstand biedt tegen een afgemeerd schip. Daarnaast wordt de haalpenbelasting niet gecombineerd met een val naar ELW, aangezien de haven dan niet bevaren kan worden.

2.7 Materialen

2.7.1 Staal

De materiaaleigenschappen van staal conform NEN-EN 1993-1-1 zijn gegeven in Tabel 2.9 waarin:

f_y = vloeigrens staal

f_u = treksterkte staal

Tabel 2.16 Materiaaleigenschappen staal

Staalsoort	t < 40 mm		40 mm < t < 80 mm	
	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]	f_y [N/mm ²]	f_u [N/mm ²]
S235	235	360	215	360
S275	275	390	255	370
S355	355	490	335	470
S420 N/NL	420	520	390	520

Voor corrosiesnelheden worden de richtwaarden uit [8], Tabel 9.2 en Tabel 9.3 aangehouden. Waarden voor aantasting van damwanden in bodem en ophogingen zijn opgenomen in Tabel 2.17. Waarden voor aantasting van damwanden in zoet en zout water zijn opgenomen in Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Aantasting in [mm] van damwanden in bodem en ophogingen met of zonder grondwater (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 ^{c)}	25 ^{c)}	50	75	100
Ongeroerde, schone bodem	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Verontreinigde bodem, geroerde grond	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Zure bodem (veen, moeras)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Onverdichte aanvullingsgrond (klei, zand) ^(b)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Onverdicht, agressief ophoogmateriaal ^(b)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

(b) Corrosiesnelheden zijn in verdichte ophogingen lager dan in onverdichte ophogingen. Voor verdichte ophogingen moeten de gegeven waarden door 2 gedeeld worden.

(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Tabel 2.18 Aantasting in [mm] van damwanden in zoet en zout water (per blootgestelde zijde)

Omstandigheid	Beoogde levensduur [jaar]				
	5 ^{c)}	25 ^{c)}	50	75	100
Schoon, zoet water (rond de waterlijn)	0,15	0,55	0,90	1,15	1,40
Sterk verontreinigd zoet water (rond de waterlijn)	0,30	1,30	2,30	3,30	4,30
Zout water in gematigd klimaat (spatzone en laagwaterzone)	0,55	1,90	3,75	5,60	7,50
Zout water in gematigd klimaat (permanent onderwaterzone)	0,25	0,90	1,75	2,60	3,50

(a) Uit NEN-EN 1993-5. Genoemde waarden zijn ter oriëntatie. Werkelijke waarden zijn afhankelijk van lokale omstandigheden.

(b) In water met getijdebeweging treden de hoogste corrosiesnelheden op ter hoogte van de spatzone en de laagwaterzone.

(c) Getallen voor 5 jaar en 25 jaar zijn gebaseerd op metingen. De overige waarden zijn geëxtrapoleerd.

Op basis van Tabel 2.17 en Tabel 2.18 worden de in Tabel 2.19 gegeven corrosiesnelheden per zone aangehouden.

Tabel 2.19 Aan te houden corrosiesnelheden per zone

Zone	Bovenkant zone [m+NAP]	Corrosiesnelheid	
		Waterzijde	Landzijde
Waterzone	+22,50	1,40 mm/100 jaar	1,20 mm / 100 jaar
Bodemzone	+12,00	1,20 mm/100 jaar	1,20 mm / 100 jaar

Zowel voor damwand als verankering wordt uitgegaan van het toepassen van overdikte van het staal in plaats van het toepassen van corrosiebescherming.

3 Ontwerp

3.1 Algemeen

3.1.1 Ontwerp nieuwe logistieke kaden – sectie 1a, 1b, 3

De nieuwe logistieke kaden worden ontworpen als verankerde damwandconstructie met een doorlopende anker Gording aan de achterzijde van de damwandconstructie. Aan de voorzijde van de damwandconstructie wordt gebaggerd en vervolgens wordt bodembescherming toegepast.

De verankering bestaat uit groutankers. Aangrijpingshoogte van de verankering is NAP +18,0 m. De bovenkant van de damwand wordt afgewerkt met een stalen deksloof.

De nieuwe kaden worden niet voorzien van bolders. Er worden wel haalpenen met een capaciteit van 250 kN toegepast. De h.o.h.-afstand van de haalpenen is 25,2 m. De niveaus waarop de haalpenen worden geïnstalleerd zijn NAP +21,0 m en NAP+17,7 m.

De nieuwe kaden worden voorzien van wrijfhout. Voor het ontwerp van de wrijfgordingen en -stijlen wordt uitgegaan van de toegepaste wrijfgordingen en -stijlen bij de bestaande kaden Kalle en Bakker en Sif (Azobé, 150 mm x 150 mm).

Er zijn geen specifieke eisen ten aanzien van ladders. In het ontwerp van de nieuwe logistieke kade en kerende wanden wordt uitgegaan van de toepassing van ladders, met een onderlinge afstand van maximaal 30 m (conform RVW 2020, paragraaf 4.9.5).

De bovenzijde van de damwand wordt afgewerkt met een stalen deksloof. Aangezien het maaiveld achter de kade circa 1,0 m onder niveau bovenkant damwand wordt uitgevoerd is er geen leuningwerk o.i.d. benodigd t.a.v. valbeveiliging.

Tot slot wordt er t.h.v. sectie 1a een rioolput inclusief schuifafsluiter voorzien op de rioolleiding (overstort) van de Gemeente Roermond, om dit potentiële lek in de waterkering te dichten. Zie ook §6.7 en §8.3.

3.1.2 Ontwerp nieuwe kerende wand talud – sectie 2

De kerende wanden talud wordt ontworpen als verankerde damwandconstructie met een doorlopende anker Gording aan de achterzijde van de damwand.

De damwand wordt aangebracht in het bestaande talud op het niveau van ca. NAP +17 m, net boven de gemiddelde buitenwaterstand en net binnen de erfgrans.

Omdat het niet mogelijk is gebleken dat de damwand onverankerd blijft, wordt een verankering aangebracht met aangrijpingshoogte op NAP +18,0 m.

De bovenkant van de damwand wordt afgewerkt met een stalen deksloof.

3.1.3 Ladders

Voor de inrichting van remmingwerk voor recreatievaart bij damwand en kademuren geldt conform [42], paragraaf 4.9.5 de richtlijn dat er ladders dienen te worden geplaatst met de volgende bepalingen:

- De ladders dienen tot 1 m onder de maatgevende lage waterstand reiken.
- De h.o.h.-afstand van de ladders dient kleiner dan 30 m te zijn.

- De eerste ladder dient op maximaal 10 m van het begin van de opstelruimte te komen.
- Bovenaan dienen de ladders te zijn voorzien van handbeugels.

3.2 Ontwerpaspecten

3.2.1 Algemeen

De toetsing van de damwandconstructie wordt uitgevoerd conform [13]. De te toetsen onderdelen zijn:

- Damwand
 - Opname snedekrachten (moment, dwarskracht, normaalkracht) inclusief corrosie
 - Knik (indien relevant)
- Stabiliteit
 - Verticaal evenwicht
 - Horizontaal draagvermogen
 - Algehele stabiliteit
- Vervormingen
- Verankering
 - Ankerstaal
 - Groutlichaam
 - Kranz-stabiliteit
 - Ankeruitval
- Ankergording (inclusief ankeruitval)
- DekslAAF
- Algehele stabiliteit

De geometrische toeslagen die in D-Sheet Piling worden toegepast conform [8] zijn gegeven in Tabel 3.1. De hier behandelde kade valt onder 'nieuwbouw'. De toeslag op de kerende hoogte zoals hieronder aangeduid wordt enkel toegepast op sectie 2, aangezien hier géén bodembescherming wordt toegepast. Voor de logistieke kade (secties 1a, 1b en 3) wordt gemotiveerd dat er geen aanvullende toeslag op de kerende hoogte is vereist, omdat de aangelegde bodembescherming voldoende zekerheid biedt in de kerende hoogte. Dit is toegestaan conform §9.3.2.2 van de EC7. Merk op dat deze toeslag wel van toepassing is in de tijdelijke fase, maar dat er is gecontroleerd dat dit niet maatgevend is t.o.v. de ontwerpsituaties zonder deze toeslag.

Tabel 3.1 Geometrische toeslagen

Geometrie parameter	Toeslag nieuwbouw
Kerende hoogte (sectie 2)	10% ^(a)
Waterstand, passieve zijde	0,25 m
Waterstand, actieve zijde	0,05 m

(a) Voor de toeslag op de kerende hoogte geldt een maximum van 0,5 m voor nieuwbouw en 0,27 m voor bestaande constructies.

3.2.2 Vervormingscriteria

De maximale doorbuiging van de damwandconstructie dient niet meer te bedragen dan 1% van de kerende hoogte. De kerende hoogte van de damwand wordt hierbij gelijkgesteld aan de bovenkant van de damwand minus de bovenkant van de bodem vóór de damwand. Bovendien geldt er een minimum van 50 mm op deze grenswaarde ($u_{\max} = \text{MIN}(H/100; 50 \text{ mm})$).

3.2.3 Invoer parameters

In Tabel 3.2 zijn de invoergegevens voor de damwand gegeven.

Tabel 3.2 Invoer parameters damwand

		Nieuwe logistieke kade		Kerende wand talud	Nieuwe logistieke kade
		Sectie 1a	Sectie 1b	Sectie 2	Sectie 3
Planktype	-	AZ26-700		AZ18-700	AZ26-700
Niveau top	m NAP	+22,5		+22,5	+22,4
Niveau teen	m NAP	+6,0		+8,0	+5,50
Planklengte	m	16,5		14,5	16,9
Staalsoort	-	S355 GP		S355 GP	S355 GP
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000		210.000	210.000
Doorsnedeklasse	-	3		3	3

In Tabel 3.3 zijn de invoergegevens voor de verankering gegeven.

Tabel 3.3 Invoer verankering

		Nieuwe logistieke kade		Kerende wand talud	Nieuwe logistieke kade
		Sectie 1a	Sectie 1b	Sectie 2	Sectie 3
Type verankering	-	SI-anker			
Doorsnede ankerstang ^(a)	mm	Ø101,6 x 28,0 6474/6096 ^(a)	Ø101,6 x 28,0 6474/6096 ^(a)	Ø101,6 x 17,5 4578 / 4245 ^(a)	Ø114,3 x 25,0 7014/ 6587 ^(a)
Staalsoort	-	E470			
Breukspanning (f_u)	N/mm ²	700			
Vloeispanning (f_y)	N/mm ²	500			
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000			
h.o.h afstand	m	2,8			
Ankerhoek met horizontaal	°	30,00/35,00 ^(b)			
Insteekniveau boven	m NAP	+18,0	+18,0	+18,0	+18,0
Bovenkant groutprop	m NAP	+11,00	+11,00	+8,61	+10,85
Lengte groutprop	m	10,0	10,0	6,0	10,0
Totale ankerlengte	m	24,0 / 22,2	24,0/22,2	24,80/22,4	24,2/22,4
Ankerlengte (D-sheet)	m	16,33	16,33	19,50	16,53
Voorspankracht (axiaal)	kN/anker	280	280	280	280
Boordiameter	mm	380	380	380	380

(a) Oppervlakte verankering gecorrodeerd en ongecorrodeerd (mm²). De strengenankers zijn van een dubbele corrosiebescherming voorzien, waardoor corrosie wordt verwaarloosd.

(b) De ankers in alle secties worden gewaaierd aangebracht met een hoek van +/- 2,5°. De gemiddelde hoek met bijbehorende waarden is in bovenstaande tabel weergegeven en wordt aangehouden in het model. De totale ankerlengte is dus ook variabel.

3.2.4 Bouwfasering

De volgende bouwfasering wordt aangehouden:

Tabel 3.4 Bouwfasering Sectie 1a

Nr.	Fase	Terrein [kPa]	Kraan [kPa]	Opslag [kPa]	Haalpen [kN/m]	IJs [kN/m]	Water Haven	[m NAP] Land	CC/RC
1	Aanbrengen damwand						16,70	16,70	CC0/RC0
2	Bodem reductie						16,70	16,70	CC0/RC0
3	Aanbrengen ankers						16,70	16,70	CC0/RC0
4	Voorspannen ankers						16,70	16,70	CC0/RC0
5	Aanvulling tussen damwanden						16,70	16,70	CC0/RC0
6	Aanvullen + Bodembescherming	10,0					16,70	16,70	CC0/RC0
7	Terrein + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0	30,0		84-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
8	Opslag + Terrein x ψ_0 + Haalpen x ψ_0	21,00		120-200	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
9	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + Haalpen	21,00		84-140	89,30		16,70	18,25	CC2/RC2
10	Kraan + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		220,0/11,0	84-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
11	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + IJs	21,00		84-140		364	16,70	18,25	CC2/RC2
12	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [val ELW]	21,00		84-140			13,30	18,25	CC2/RC2
13	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [MHW]	21,00		84-140			22,10	21,50	CC2/RC2
14	Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 [val MHW]		154,0/7,7	84-140			16,70	21,50	CC2/RC2
15	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 [val MHW]	21,00		84-140			16,70	21,50	CC2/RC2
16	Kranz Stabiliteit: Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		181,2/15,0	84-140	62,50		16,70	18,50	CC2/RC2

Fasen 1 t/m 6 betreffen bouwfasen en worden doorgerekend in RC0/CC0. De gebruiksfase (fase 7 t/m 10) en de extreme situaties (fase 11 t/m 16) worden doorgerekend in RC2/CC2.

Tabel 3.5 Bouwfasering Sectie 1b

Nr.	Fase	Terrein [kPa]	Kraan [kPa]	Opslag [kPa]	Haalpen [kN/m]	IJs [kN/m]	Water Haven	[m NAP] Land	CC/RC
1	Aanbrengen nieuwe damwand						16,70	16,70	CC0/RC0
2	Aanvulling tussen damwanden						16,70	16,70	CC0/RC0
3	Aanbrengen ankers						16,70	16,70	CC0/RC0
4	Voorspannen ankers						16,70	16,70	CC0/RC0
5	Aanvullen + Bodembescherming	10,0					16,70	16,70	CC0/RC0
6	Terrein + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0	30,0		63-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
7	Opslag + Terrein x ψ_0 + Haalpen x ψ_0	21,00		90-200	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
8	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + Haalpen	21,00		63-140	89,30		16,70	18,25	CC2/RC2
9	Kraan + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		220,0/11,0	63-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
10	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + IJs	21,00		63-140		364	16,70	18,25	CC2/RC2
11	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [val ELW]	21,00		63-140			13,30	20,50	CC2/RC2
12	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [MHW]	21,00		63-140			22,10	21,50	CC2/RC2
13	Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 + Haalpen x ψ_0 [val MHW]		154,0/7,7	63-140	62,50		16,70	21,50	CC2/RC2
14	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 + Haalpen x ψ_0 [val MHW]	21,00		84-140			16,70	21,50	CC2/RC2
15	Kranz Stabiliteit: Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		181,2/15,0	84-140	62,50		16,70	18,50	CC2/RC2

Fasen 1 t/m 5 betreffen bouwfasen en worden doorgerekend in RC0/CC0. De gebruiksfase (fase 6 t/m 9) en de extreme situaties (fase 10 t/m 15) worden doorgerekend in RC2/CC2.

Tabel 3.6 Bouwfasering Sectie 2

Nr.	Fase	Terrein [kPa]	Kraan [kPa]	Opslag [kPa]	Haalpen [kN/m]	IJs [kN/m]	Water Haven	[m NAP] Land	CC/RC
1	Aanbrengen damwand						16,70	16,70	CC0/RC0
2	Aanbrengen anker						16,70	16,70	CC0/RC0
3	Aanvulling mv + Voorspannen	10,0					16,70	16,70	CC0/RC0
4	Terrein + Opslag x ψ_0	30,0		63-140			16,70	18,25	CC2/RC2
5	Opslag + Terrein x ψ_0	21,0		90-200			16,70	18,25	CC2/RC2
6	Kraan + Opslag x ψ_0		220,0/11,0	63-140			16,70	18,25	CC2/RC2
7	Kraan x ψ_0 + Opslag		154,0/7,7	90-200			16,70	18,25	CC2/RC2
8	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 + IJs	21,0		63-140		364	16,70	18,25	CC2/RC2
9	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 [val ELW]	21,0		63-140			13,30	20,500	CC2/RC2
10	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 [MHW]	21,0		63-140			22,10	21,50	CC2/RC2
11	Opslag x ψ_0 + Terrein x ψ_0 [val MHW]	21,0		63-140			16,70	21,50	CC2/RC2
12	Kranz Stabiliteit: Opslag + Haalpen	30,0		80,0-140			16,70	18,25	CC2/RC2

Fasen 1 t/m 3 betreffen bouwfasen en worden doorgerekend in RC0/CC0. De gebruiksfase (fase 4 t/m 7) en de extreme situaties (fase 8 t/m 12) worden doorgerekend in RC2/CC2.

Tabel 3.7 Bouwfasering Sectie 3

Nr.	Fase	Terrein [kPa]	Kraan [kPa]	Opslag [kPa]	Haalpen [kN/m]	IJs [kN/m]	Water Haven	[m NAP] Land	CC/RC
1	Aanbrengen damwand						16,70	16,70	CC0/RC0
2	Aanbrengen ankers						16,70	16,70	CC0/RC0
3	Aanvullen + Voorspannen ankers	10,0					16,70	16,70	CC0/RC0
4	Nieuwe bodem + Bodembescherming	10,0					16,70	16,70	CC0/RC0
5	Terrein + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0	30,0		56-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
6	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + Haalpen	21,00		56-140	89,30		16,70	18,25	CC2/RC2
7	Terrein x ψ_0 + Opslag + Haalpen x ψ_0	30,00		80-200	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
8	Kraan + Opslag x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		220,0/11,0	56-140	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
9	Kraan x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + Haalpen		154,0/7,70	56-140	89,30		16,70	18,25	CC2/RC2
10	Kraan x ψ_0 + Opslag + Haalpen x ψ_0		154,0/7,70	80-200	62,50		16,70	18,25	CC2/RC2
11	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 + IJs	21,00		56-140		364	16,70	18,25	CC2/RC2
12	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [val ELW]	21,00		56-140			13,30	20,50	CC2/RC2
13	Terrein x ψ_0 + Opslag x ψ_0 [MHW]	21,00		56-140			22,10	21,50	CC2/RC2
14	Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 + Haalpen x ψ_0 [val MHW]		154,0/7,70	56-140	62,50		16,70	21,50	CC2/RC2
15	Kranz Stabiliteit: Opslag x ψ_0 + Kraan x ψ_0 + Haalpen x ψ_0		154,0/7,70	56-140	62,50		16,70	18,50	CC2/RC2

Fasen 1 t/m 4 betreffen bouwfasen en worden doorgerekend in RC0/CC0. De gebruiksfase (fase 5 t/m 10) en de extreme situaties (fase 11 t/m 15) worden doorgerekend in RC2/CC2.

3.2.5 Gording

De gording wordt toegepast om de ankerkrachten te herverdelen over de damwand. De gording uniform ontworpen voor de maatgevende sectie van alle secties 1 t/m 3. Er worden verschillende ontwerpsituaties getoetst in het ontwerp van de gording.

BGT – Grondruk

De gording wordt gemodelleerd in SCIA Engineer v24 inclusief de ankerstangen met een steunpunt in het hart van het groutlichaam. Vervolgens wordt de horizontale grondruk bepaald en op de gording geplaatst. Deze resulteert in de BGT-ankerkrachten in de stangen. Deze kracht is gelijk aan:

$$q_{grond,k} = \frac{P_k}{h. o. h.} \cdot \cos(\alpha^\circ)$$

Daarnaast worden er verticale grondrukken op de gording geplaatst, conform CUR 166 (deel 2) §4.9.11. De snedekrachten en spanningen in de gording kunnen op deze wijze worden bepaald om BGT.

UGT – Grondruk

Op gelijke wijze wordt de UGT gronddruk bepaald inclusief extra veiligheidsfactor volgens CUR 166 (deel 2) §4.9.11:

$$q_{grond,d} = \frac{P_{max} \cdot 1,10}{h.o.h.} \cdot \cos(\alpha^\circ)$$

De verticale gronddrukken zoals ook voor de BGT-situatie behandeld worden als 'veranderlijk' gezien en hebben een partiële belastingfactor gelijk aan 1,50. De snedekrachten en spanningen in de gording kunnen op deze wijze worden bepaald om BGT.

IGT – Ankeruitval

Ankeruitval wordt beschouwd middels afwezigheden in SCIA Engineer. Aangezien er in IGT geen partiële factoren dienen te worden toegepast, wordt de BGT Gronddruk zoals hierboven behandeld op de gording geplaatst. Vervolgens wordt er afzonderlijk steeds een anker op 'afwezig' gezet om de herverdeling naar de naastgelegen ankers via de gording te beschouwen.

N.B. Ankeruitval van de buitenste ankers wordt niet behandeld, omdat de damwand in de hoek kan steunen op de dwars aangesloten damwand. Dit zou overigens ook tot een onevenredig maatgevende situatie leiden.

VSP – Voorspanfase

De voorspanfase wordt tevens beschouwd in SCIA Engineer. Hierin wordt de volledige fasering meegenomen, waarbij er wordt uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Op alle ankers wordt een controle- of geschiktheidsproef uitgevoerd tot P_{max}
- Een anker wordt eerst tot P_{max} beproefd en vervolgens vastgezet op de voorspankracht.
- Eerst worden alle even ankers beproefd en voorgespannen, en daarna alle oneven ankers.
- Er wordt eerst aangevuld aan de actieve zijde tot aan ontworpen toestand, alvorens de ankers worden voorgespannen (ter bepaling van de horizontale veerstijfheid van de gording).

Omdat dit een tijdelijke ontwerpsituatie betreft met weinig risico, wordt deze voorspanfase in RC1 beschouwd. Partiële veiligheidsfactoren van 1,2 worden toegepast op zowel P_{max} (tijdens de controle- en/of geschiktheidsproef) en op de voorspankracht.

4 Modelling

In onderstaand hoofdstuk worden enkele zaken m.b.t. de modellering verduidelijkt.

4.1 Verticaal evenwicht

Het verticaal evenwicht van de damwand wordt getoetst in D-Sheet Piling. De damwand wordt onderworpen aan verticale krachten t.g.v. negatieve kleeft en de verticale component van de ankerkracht. D-Sheet Piling berekent deze aanvallende krachten automatisch. De weerstand biedende kracht berekent D-Sheet uit de positieve kleeft aan de passieve zijde en uit de puntweerstand van de damwand. Hiertoe wordt de waarde voor $q_{b,max}$ ingevoerd tezamen met de relevante $\xi_{3/4}$ parameter. Tot slot wordt de wandwrijvingshoek manueel 'omgeklapt' (van teken veranderd), opbouwend vanaf de onderzijde van de damwand aan de actieve zijde. Hierdoor wordt er ook op positieve kleeft gerekend aan actieve zijde. Deze methode staat beter bekend als de slipmethode. T.b.v. de puntweerstand worden onderstaande waarden in rekening gebracht:

Tabel 4.1 Sonderingen t.b.v. verticaal evenwicht

Sectie	Sonderingen op voldoende diepte	$q_{b,max}$ [MPa]	$\xi_{3/4}$ [-]
1a	SW08A, DM006, DM011, DM017	15	0,91
1b	SW08A, DM006, DM011, DM017	15	0,91
2	SW08A, DM006, DM011, DM017	15	0,91
3	SW08A, DM006, DM011, DM017	15	0,91

Steeds is er gekeken naar de aanwezige sonderingen binnen de beschouwde sectie. Hier specifiek is er naar Besix in het geheel gekeken (alle secties tezamen), omdat er relatief weinig sonderingen op voldoende diepte zijn gekomen per sectie. Er is een conservatieve inschatting gemaakt van $q_{b,max}$ per sondering en vervolgens is bepaald of de ξ_3 - of ξ_4 -waarde maatgevend is i.c.m. de bijbehorende $q_{b,max}$. Bovenstaande waarden zijn in D-Sheet Piling ingevoerd.

4.2 Zakkende grond op ankers

Conform de CUR 166 (deel 2) §4.9.13 dient er rekening te worden gehouden met zakkende grond op ankerstangen, aangezien deze een significant effect kunnen hebben op de structurele controle. Deze invloed is in grote mate afhankelijk van de relatieve zetting tussen het anker zelf en de grond eromheen. Om deze interactie zo goed mogelijk in te kunnen schatten, wordt een Plaxis2D model opgesteld. Hierin worden zowel de bijkomende buigmomenten $M_{E,k}$ als de bijkomende ankerkracht ΔP_k bepaald. Juist omdat dit zettingsgedrag belangrijk is, wordt er gekozen voor het 'Hardening Soil' materiaal model in Plaxis2D met onderstaande eigenschappen aanvullend op Tabel 2.5.

Merk op dat de bijkomende component van de ankerkracht ΔP_k verwaarloosbaar is, zoals uitgebreid omschreven in nota [23]. Gegeven hetzelfde type grondopbouw en verankering wordt deze analyse niet opnieuw uitgevoerd. Er wordt enkel opnieuw berekend wat het buigmoment in de ankers is in Plaxis2D.

Deze analyse wordt enkel uitgevoerd voor sectie 2, aangezien deze maatgevend wordt beschouwd gezien de dikte van het slappe lagenpakket. Het buigmoment resulterend uit deze Plaxis2D berekening wordt uniform voor alle ankers van Besix aangehouden (secties 1 t/m 3).

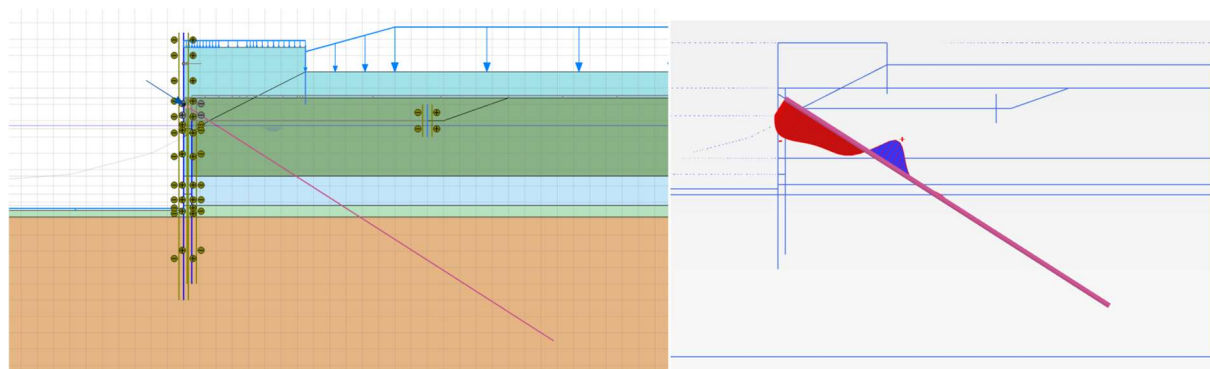
Tabel 4.2 Aanvullende grondparameters 'HS' model in Plaxis2D ter bepaling effect zakkende grond

Laag	Omschrijving	E_{50}^{ref} [MPa]	E_{oed}^{ref} [MPa]	E_{ur}^{ref} [MPa]	P_{ref} [kPa]	m [-]
2A	Zand, schoon, los gepakt	15	15	45	100	0.5
1C	Klei, zwak zandig, slap	2	2	6	100	1.0
1D	Klei, zwak zandig, matig	3	3	9	100	1.0
2B	Zand, schoon, matig	45	45	135	100	0.5
2D	Zand, zwak siltig	35	35	105	100	0.5
2E	Zand, sterk siltig	15	15	45	100	0.5
3A	Grind, zwak siltig, matig	75	75	225	100	0.5

Vervolgens worden de bijkomende snedekrachten in de karakteristieke toestand bepaald in Plaxis2D en worden er partiële factoren op deze snedekrachten geplaatst in de structurele controle conform CUR 166 (deel 1) §7.4.

De ankerstangen worden als 'Embedded Beam' in Plaxis2D gemodelleerd, zodat het buigingseffect hierin wordt meegenomen.

In onderstaand overzicht is het Plaxis2D model weergegeven met illustratief de bijkomende buigmomenten in de ankerstangen. Het wordt duidelijk zichtbaar dat er aan de ankerkop, in de kleilaag, zettingen optreden met bijbehorende buigmomenten.



Figuur 4.1 Indicatie Plaxis2D model (links) ter bepaling van buigmomenten (rechts) in ankerstangen.

Vervolgens worden de ankerstangen getoetst conform de NEN 6770 §11.3, overeenstemmend met NEN-EN 1993-1-1 §6.2.9, geldt er voor de ankerstangen (doorsnede klasse 1):

$$\frac{M_{Ed}}{1,04 \cdot M_{c,Rd}} + \left(\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \right)^{1,7} \leq 1,0$$

Waarin:

- M_{Ed} is het optredend buigmoment in de ankerstangen
- $M_{c,Rd}$ is het plastisch weerstandsmoment = $W_{pl} \cdot f_y / \gamma_{M0}$
- N_{Ed} is de optredende ankerkracht
- $N_{c,Rd}$ is de plastische normaalkrachten capaciteit = $A \cdot f_y / \gamma_{M0}$

4.3 Gording

Zoals vermeld wordt de gording uniform ontworpen voor de logistieke kade (sectie 1a, 1b, 3) en voor de kerende wand talud (sectie 2). De h.o.h.-afstand van de ankers in deze secties is gelijk, waardoor kan worden geconcludeerd dat de sectie met de grootste ankerkracht P_{\max} representatief is voor de rest.

De gording wordt gemodelleerd als staafelement in SCIA Engineer v24. De ankerstangen worden mee gemodelleerd en scharnierend opgelegd in het hart van het groutlichaam. De ankerstangen zijn tevens scharnierend verbonden aan de gording. De belastingen en situaties welke getoetst worden, zijn reeds toegelicht in §3.2.5. Aanvullende modelleringskwesaties worden hieronder beschreven:

4.3.1 Verticale oplegging

De verticale oplegging van de gording komt van de damwand (AZ26-700 o.g.)(sectie 1a, 1b, 3). Deze stijfheid is:

$$k_z = \frac{EA}{l} = \frac{210 \text{ GPa} \cdot 187.2 \frac{\text{cm}^2}{\text{m}}}{+18\text{m NAP} - +5,5\text{m NAP}} = \frac{3.93 \cdot 10^9 \text{ N/m}}{12,5 \text{ m}} = 314 \text{ MN/m}^2$$

De gording wordt verticaal opgelegd op oplegsteunen, elke 2,8 meter, resulterend in een verticale veerstijfheid van deze steunpunten gelijk aan:

$$k_z = 2,8 \text{ m} \cdot 314 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2} = 879 \frac{\text{MN}}{\text{m}}$$

4.3.2 Horizontale oplegging

In de situatie met de BGT- en UGT-gronddrukken en de ankeruitval is de horizontale oplegging verkregen vanuit de ankerstangen. Merk op dat deze ook gewaaid (+/- 2,5°) worden gemodelleerd. In de voorspanfase wordt de horizontale veerstijfheid verkregen uit de grond + damwand. Hierin is belangrijk dat wordt aangenomen dat het bestaande talud/maaiveld achter de damwand is aangevuld tot NAP+20.5 m, alvorens er wordt voorgespannen. Op deze wijze wordt er een hogere horizontale stijfheid verkregen ten gunste van het gordingontwerp in deze fase. De horizontale veerstijfheid in de secties gelijk aan:

$$k_x = \frac{P_{VSP,x}}{\Delta u_{x@+18NA}} = \frac{\frac{280 \text{ kN}}{2,8 \text{ m}} \cdot \cos(32,5^\circ)}{2,59 \text{ mm} - 2,26 \text{ mm}} = 255 \frac{\text{MN}}{\text{m}^2}$$

4.3.3 Gronddruk BGT en UGT

- Voor sectie 1a, 1b, 2, 3:

Voor de gronddruk in BGT wordt een lijnlast op de gording geplaatst, gelijk aan:

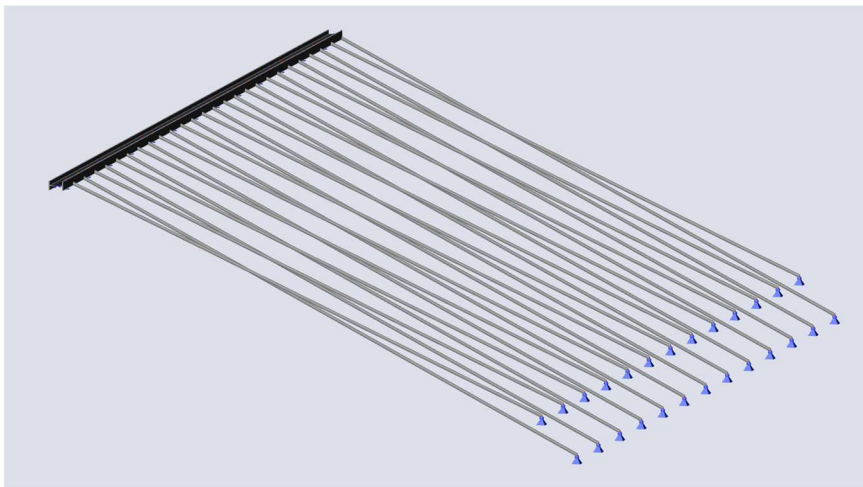
$$q_{grond,k} = \frac{1540 \text{ kN}}{2,8 \text{ m}} \cdot \cos(32,5^\circ) = 464 \text{ kN/m}$$

Dit wordt op gelijke wijze gedaan in UGT o.b.v. $P_{\max} = 2140 \text{ kN/anker}$.

$$q_{grond,d} = \frac{2140 \text{ kN}}{2,8 \text{ m}} \cdot \cos(32,5^\circ) = 645 \text{ kN/m}$$

De verticale gronddruk werkend op de gording is gelijk aan:

$$3,5 \cdot b_g + 3,0 \text{ m grond} \cdot b_g + \text{terreinbelasting} \cdot b_g = b_g \cdot (3,5 + 3 \cdot 17 + 30) = 0,50 \cdot (3,5 + 51 + 30) = 42,2 \text{ kN/m}$$



Figuur 4-1: Impressie van gording in SCIA-model

5 Resultaten en toetsing

5.1 Algemeen

De geotechnische- en sterktoetsingen worden conform vigerende normen CUR166 deel 1+2, EC7 en EC3-5 uitgevoerd.

5.2 Damwand

Een volledige uitdraai van de controle van het damwandprofiel per sectie is opgenomen in Bijlage 2. Hierbij wordt aangenomen dat de maatgevende snedekrachten gelijktijdig optreden. Dit is een conservatieve benadering.

T.a.v. kniktoets wordt de waarde van de normaalkracht (N_{Ed}) in de damwand getoetst. Voor de kniklengte wordt de afstand tussen de momentennulpunten gebruikt.

Een overzicht van de kniktoets is opgenomen in Tabel 5.1. Merk op dat de kniktoets niet van toepassing is indien de unity check lager is dan 4% conform NEN-EN-1993-5 §5.2.3.

Tabel 5.1 Overzicht kniktoets damwandprofiel

Sectie	Bovenste M-nulpunt [m NAP]	Onderste M-nulpunt [mNAP]	L [m]	N_{ED} [kN/m]	N_{CR} [kN/m]	U.C.	Oordeel
1a	+17.0	+9.5	7.5	376	18070	2.08%	n.v.t.
1b	+17.0	+9.5	7.5	376	18070	2.08%	n.v.t.
2	+21.5	+15.0	6.5	220	14492	1.52%	n.v.t.
3	+16.0	+6.0	10.0	410	10.165	4.03%	Controle vereist

In Tabel 5.2 is een samenvatting weergegeven van de toetsing van het damwandprofiel.

Tabel 5.2 Overzicht toetsing snedekrachten damwandprofiel

Sectie	Type	M_{ED} [kNm/m]	V_{ED} [kN/m]	N_{ED} [kN/m]	U.C.
1a	AZ26-700	490	350	376	0.66
1b	AZ26-700	480	355	376	0.63
2	AZ18-700	310	290	220	0.73
3	AZ26-700	610	390	410	0.87

De volledige toetsing is bijgevoegd in Bijlage 2. Hier zit de knik controle van sectie 3 bij meegenomen. De structurele controle voldoet.

5.3 Stabiliteit

5.3.1 verticaal evenwicht

Om de damwand in verticaal evenwicht te krijgen, is het nodig om de delta's (wandwrijving) om te draaien aan de actieve zijde van de damwand. Over het onderste gedeelte van de damwand mag aan de actieve zijde de wandwrijvingshoek δ negatief ingevoerd worden, aangezien de zettingen hier dermate klein zijn zodat er op positieve kleef gerekend mag worden. Dit resulteert overigens in een

verhoging van de snedekrachten in de damwandconstructie. Op deze manier wordt, in combinatie met het (ongeplugde) puntdraagvermogen van de damwandplank, verticaal evenwicht gevonden.

Uitgangspunten t.a.v. toetsing verticaal evenwicht:

- De partiële materiaalfactor voor de puntweerstand is gelijk aan $1,2 \cdot 1,02 = 1,22$ (-), cf. EC7-1 tabel A.6;
- Er wordt uitgegaan van een stijf bouwwerk aangezien de damwanden gelijkmatig zakkingsgedrag vertonen; Tabel A.10b uit EC7-1 mag toegepast worden t.b.v. bepaling van de correlatiefactoren.
- De waarden voor $q_{b,max}$ en ξ_3/ξ_4 zijn weergegeven in §4.1. Er wordt voor de verticale draagkrachtberekening uitgegaan van ξ_4 indien de maximumpuntweerstand bij elke sondering op 15 MPa wordt afgesneden.
- Overzicht toetsing snedekrachten damwandprofiel

Merk op dat onderstaande controles puur indicatief zijn. In werkelijkheid zal er aan actieve zijde enkel positieve kleeft optreden totdat er verticaal evenwicht is en de unity check gelijk is aan 1,00. Het teveel aan positieve kleeft dat hier nu gesimuleerd is in D-Sheet Piling heeft een conservatief effect op het damwandontwerp en wordt derhalve zo aangehouden.

Tabel 5.3 Verticaal evenwicht

Sectie	Optredend [kN/m]	Opneembaar [kN]	U.C.
1a	396	430	0.92
1b	379	451	0.84
2	220	326	0.67
3	446	570	0.78

5.3.2 Horizontaal draagvermogen

In Tabel 5.4 is het percentage van de gemobiliseerde passieve grondweerstand in de maatgevende fase(n) weergegeven.

Tabel 5.4 Overzicht gemobiliseerde passieve weerstand

Sectie	Fase	Gemobiliseerde weerstand [%]
1a	12	59,1
1b	7	63,1
2	5	91,4
3	7	87,5

5.3.3 Algehele stabiliteit

In Tabel 5.5 is de algehele stabiliteit van de maatgevende fase(n) weergegeven.

Tabel 5.5 Overzicht algehele stabiliteit in maatgevende fase:

Sectie	Fase	Veiligheidsfactor [-]
1a	8	1.67
1b	7	1.58
2	5	1.34
3	7	1.51

5.4 Vervormingscriteria

De maximale horizontale verplaatsing dient kleiner of gelijk dient te zijn aan 1% van de kerende hoogte met een maximum van 50 mm.

Tabel 5.6 Controle vervorming per sectie

Sectie	Maaiveld actief [m NAP]	Maaiveld passief [m NAP]	H _{kerend} [m]	δ_x [mm]	$\delta_{gebruik}$ [mm]	Opmerking
1a	+21,50	+11,50	10,0	50	39	OK
1b	+21,50	+11,50	10,0	50	46	OK
2	+22,00	+10,00	11,0	50	39	OK
3	+21,50	+11,50	10,0	50	36	OK

5.5 Verankering

5.5.1 Ankerstang

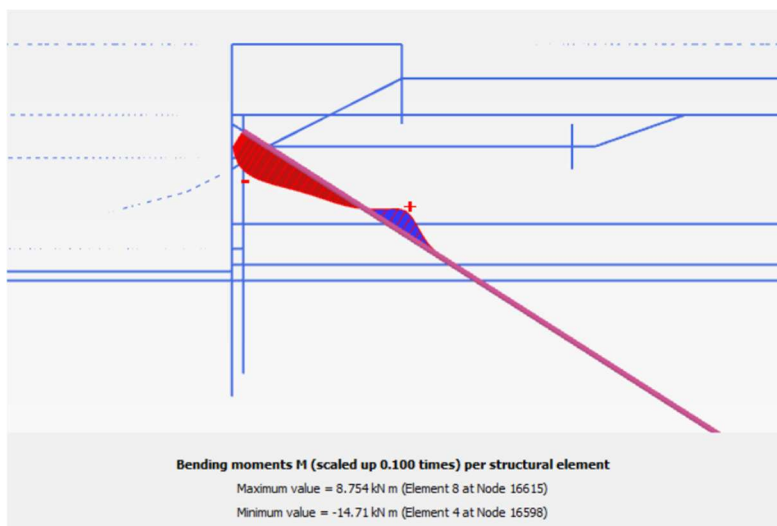
In Tabel 5.7 worden de maatgevende ankerkrachten voor de structurele controle getoond, zie ook Bijlage 3.

Tabel 5.7 Controle ankerstang

Sectie	Anker type	h.o.h. [m]	P _{max} [kN/anker]	P _d (STR) [kN/anker]	M _{max,UGT} [kNm/anker]	UGT U.C.	Ankeruitval [kN/anker]
1a	Ø101,6 x 28.0	2,80	1960	2450	19.8	0.98	-
1b	Ø101,6 x 28.0	2,80	1960	2450	19.8	0.98	-
2	Ø101.6 x 17.5	2,80	1150	1435	19.8	0.87	-
3	Ø114.3 x 25.0	2,80	2140	2680	19.8	0,93	2425 kN (*)

(*) De accidentele ankerlast is bepaald in het ontwerp van de gordingen. Aangezien de accidentele ankerbelasting praktisch gelijk is aan de ontwerplast P_d, wordt geconcludeerd dat deze controle niet maatgevend is en wordt er niet 'geoptimaliseerd'/apart gekeken naar secties 1a, 1b, 2.

De invloed van zakkende grond op de ankers is bepaald m.b.v. Plaxis2D, zoals omschreven in §4.2. Hieruit kan het buigmoment in de ankers direct worden afgeleid, zoals hierboven getoond. De bijkomende trekkracht in het anker t.g.v. de zakking is niet direct af te leiden uit Plaxis2D. Echter, deze analyse is reeds uitgevoerd voor het ontwerp van Smurfit Westrock, zie ook [23]. Hieruit volgt dat dit effect zeer beperkt is voor de ankers, wat hier dus ook wordt aangenomen. Het buigmoment in het anker is bepaald in Plaxis2D voor sectie 2 en wordt uniform aangenomen voor alle secties. Sectie 2 wordt als maatgevend beschouwd, gegeven de dikte van het slappe lagenpakket. Bovendien is er in het Plaxis2D model een bodemdikte van NAP+11.5 m aangehouden (+ bodembescherming) om de omhullende situatie voor secties 1 t/m 3 te genereren. De maatgevende fase is 'Val naar ELW' met een bijbehorend buigmoment gelijk aan 14,7 kNm in GGT, 19,8 kNm in UGT. Zie hieronder:



Figuur 5.1 Buigmomenten in SI-ankers t.g.v. zakkende grond – Fase 16. Val naar ELW – BGT

5.5.2 Groutlichaam

Een overzicht van de toetsing van het groutlichaam in de maatgevende fase en bij ankeruitval is opgenomen in Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Controle groutlichaam

Sectie	$q_{c,gem}$ [mPa]	P_{max} [kN/anker]	$P_{d,grout}$ [kN/anker]	UGT U.C.	Ankeruitval [kN/anker]
1a	15,0	1960	2156	0,87	-
1b	15,0	1960	2156	0,87	-
2	15,0	1150	1265	0,85	-
3	15,0	2140	2355	0,95	2425kN/anker (*)

(*) De accidentele ankerlast is bepaald in het ontwerp van de gordingen. Aangezien de accidentele ankerbelasting praktisch gelijk is aan de ontwerplast P_d , wordt geconcludeerd dat deze controle niet maatgevend is en wordt er niet 'geoptimaliseerd'/apart gekeken naar secties 1a, 1b, 2.

5.5.3 Kranz stabiliteit

De Kranz-stabiliteit (cf. par 9.7.2. EC7) is beschouwd middels D-Sheet Piling. De resultaten van de controle op Kranz stabiliteit in de maatgevende fase zijn weergegeven in onderstaande figuren en tabellen. Een overzicht van de toetsing van de Kranz stabiliteit is opgenomen in.

Tabel 5.9 Controle Kranz stabiliteit

Sectie	$R_{k,rk}$ [kN/m]	$1,5 \times P_{max}$ [kN/m]	U.C.
1a	1395	1050	0,75
1b	1395	1050	0,75
2	1283	615	0,48
3	N/A	1150	<1,00

D-Sheet berekent de Kranz capaciteit van sectie 3 onjuist/onrealistisch. Echter, gegeven de gelijkaardige geometrie en belastingen als voor secties 1a en 1b wordt niet verwacht dat er problemen met Kranz stabiliteit zijn voor sectie 3. Dit kan in een latere fase nog met een Plaxis2D analyse worden aangetoond.

5.6 Anker Gording

De gordingen worden gedimensioneerd in SCIA Engineer v24. De rapportages van deze modellen zijn terug te vinden in Bijlage 4.

Tabel 5.10 Input nieuwe gordingen per sectie

Sectie	Ankerhoe k gem. [°]	$F_{A,max,BGT}$ [kN/m]	$F_{A,max,UGT}$ [kN/m]	$F_{hor,BGTp}$ [kN/m] ^(a)	$F_{hor,UGT}$ [kN/m] ^(b)	Hart anker- gording [m NAP]	H.o.h. afstand verticaal [m]
1a/1b/2/3	32,5	550	765	464	710	+18.0	-

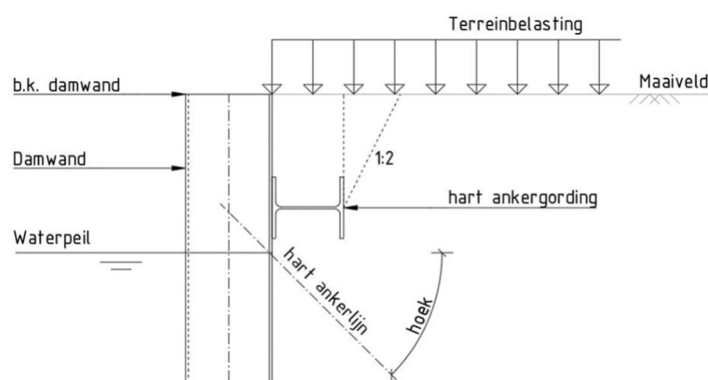
(a) Afhankelijk van de gekozen verbinding tussen gording en damwand kan deze afstand nog verkleind worden en kan een ander profieltype worden gekozen. Nu wordt ervan uitgegaan dat de UNP-ondersteuning de verticale krachtafdracht verzorgt.

(b) Dit leidt tot de volgende rekenwaarden t.b.v. optredende horizontale belasting op de anker gording:

$$F_{hor,BGT} = \cos(\text{hoek}) \times F_{A,max,BGT}$$

$$F_{hor,UGT} = 1,1 \text{ (cf. CUR166)} \times \cos(\text{hoek}) \times F_{A,max,UGT}$$

Buiten de horizontale component, a.g.v. het overbrengen van de gronddrukken richting de verankering, werkt de grond (17/19 kN/m³ onder hoek 1:2) en een uniforme terreinbelasting van 30 kPa in verticale richting op de anker gording. Zie ook onderstaand figuur. Dit is reeds behandeld in §4.3.



Figuur 5.2 Werkende verticale belasting op anker gording

Naast de BGT- en UGT-situatie met bijbehorende gronddrukken zoals hierboven vermeld, is ook de voorspanfase (VSP) en ankeruitval (IGT) beschouwd. In de voorspanfase worden eerst de even ankers en daarna de oneven ankers voorgespannen. Bovendien wordt aangenomen dat er aan de actieve zijde al wordt aangevuld tot de ontworpen toestand, alvorens de ankers worden beproefd en voorgespannen. Zodoende wordt er voldoende horizontale steundruk verkregen van de grond tijdens voorspannen. Bij ankeruitval wordt uitval van het buitenste anker niet beschouwd, omdat de damwand hier op de dwarse aansluitingen steunt en dit tot een te conservatief ontwerp zou leiden.

In onderstaande tabel zijn de snedekrachten weergegeven per belastingcombinatie:

Tabel 5.11 Snedekrachten in gordingen

Sectie		BGT	UGT	VSP	IGT
1a/1b/2/3	N [kN]	0	0	0	0
	V [kN]	600	920	955	1300
	M_y [kNm]	455	700	620	1250
	P_{anker}	-	-	-	2425

Merk op dat het aandeel buiging in de andere richting (M_z) zeer beperkt is, mede doordat de gording op oplegsteunen ligt en de verticale krachten via deze weg naar de damwand worden afgedragen. Dit is gecontroleerd in SCIA.

De doorsnede van de gording wordt vervolgens getoetst conform NEN-EN 1993-1-1 §6.2.8. Deze controle is bijgevoegd in Bijlage 4. Er wordt 1,2 mm corrosie toegepast. Samenvattend:

Tabel 5.12 Eigenschappen gordingen

Sectie	Gording	Staalkwaliteit	A_s [mm ²]	$A_{s,corr}$ [mm ²]	$A_{v,corr}$ [mm ²]	$V_{pl,Rd}$ [kN]	$W_{pl,corr}$ [cm ³]	$M_{cRd,corr}$ [kNm]
1a/1b/2/3	HE500B	S420	23.864	20.639	7225	1752	4815	1831

Ten eerste wordt gecontroleerd of er interactie is tussen dwarskracht en buiging. Dit is het geval, aangezien $V_{Ed} > 0,5 \cdot V_{pl,Rd}$. Derhalve dient de momentweerstand te worden gereduceerd o.b.v.:

$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y$$

Met:

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 1300 \text{ kN}}{1752 \text{ kN}} - 1 \right)^2 = 0,234$$

De effectieve momentweerstand wordt daarmee gereduceerd tot $(1 - 0,234) \cdot 1831 = 1403 \text{ kNm}$. Het maximaal moment is gelijk aan 1250 kNm, waarmee wordt geconcludeerd dat de unity check gelijk is aan 0,89.

5.7 Verbinding en ondersteuning van ankergording met damwand

De gording wordt aan de damwand bevestigd met boutverbindingen. De bouten in de ankerstoel t.b.v. de verticale krachtsafdracht van de ankers naar de damwand (A) worden belast op afschuiving. De bouten in de damwandkassen tussen de ankerstoelen (B) worden gebruikt voor de horizontale verbinding tussen damwand en gording en worden belast op trek. Hieronder wordt een voorstel gedaan voor deze boutverbinding, maar deze dient nader in detail te worden uitgewerkt door de Aannemer. Ditzelfde geldt voor de verticale oplegsteunen van de gording. Er dient elke 2,8 m een verticale oplegsteun te worden geplaatst. Hier wordt nu een UNP-profiel voor aangenomen.

Tabel 5.13 Verbinding tussen gording en damwand

Sectie	Ankergording	MAX ($P_{max} \cdot 1,1$; P_{IGT}) [kN]	P_v (A) [kN]	P_h (B) [kN]	Bouten (A)	Bouten (B)
1a/1b/2/3	HE500B S420	2425	1303	2045 / 2	8 x M30	4 x M30

5.8 Overige mechanismes – piping

Conform de CUR 166 (1^e deel) §3.3.11 dient de controle op piping uitgevoerd te worden. Merk op dat dit volgens de CUR niet kan optreden als er geen vrije waterspiegel aan de actieve zijde aanwezig is, maar dit wordt toch gecontroleerd. Hiertoe worden de waterstanden bij 'normaal gebruik' toegepast uit Tabel 2.10, corresponderend met een waterstandsverschil van $\Delta H = 1,55 \text{ m}$.

De methode van Lane wordt gehanteerd:

$$L_1 + L_2 \geq \gamma_{piping} \cdot C_L \cdot \Delta H$$

Waarin:

- L_1 = kwelengte langs actieve zijde
- L_2 = kwelengte langs passieve zijde
- $\gamma_{\text{piping}} = 1,75$ (RC2)
- $C_L = 4,5$ (middenweg van grof zand en fijn grind)
- $\Delta H = 1,55$ m

Ofwel, de kwelweglengte om piping te voorkomen dient langer te zijn dan 12,2 m. Conservatief wordt er enkel op de kwelweglengte onder de kleilaag 1B/1C gerekend. Deze bevindt zich typisch op NAP+13.5 m (zie grondprofielen in §2.2.10). Het bodempeil (rekenwaarde) aan passieve zijde is gelijk aan NAP+12.0 m. Hiermee kan het maximale (= hoogst gelegen) aanzetpeil (PPN) worden bepaald waarbij wordt voldaan aan piping. De kwelweglengte is namelijk gelijk aan $(13.5 - \text{PPN}) + (12.0 - \text{PPN})$.

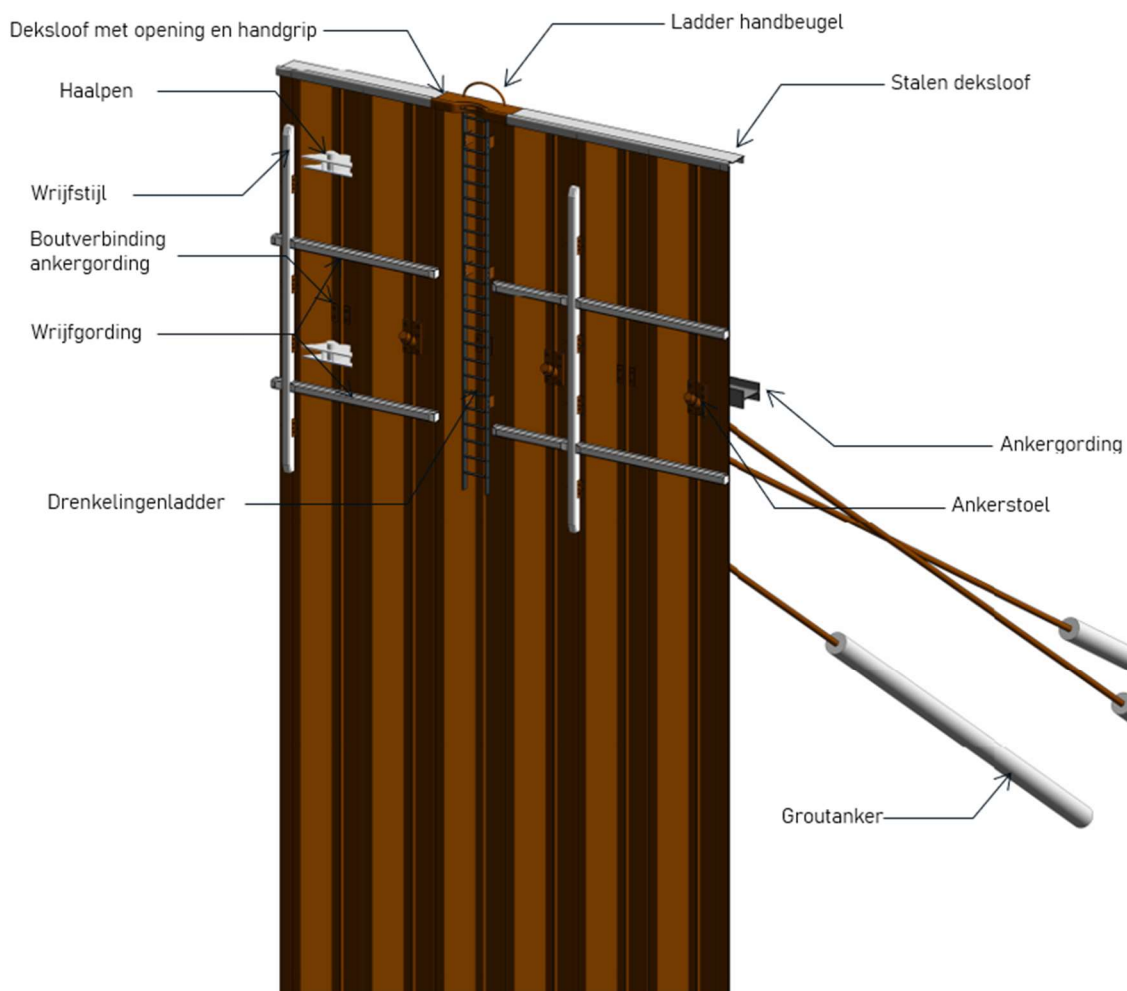
Concluderend, de damwanden dienen maximaal te worden aangezet op NAP+6.5 m. De secties 1a, 1b en 3 voldoen hieraan, waarmee de controle op piping voldoet.

Sectie 2 is aangezet op NAP+8.0 m, maar heeft een talud aan de voorzijde. Hierdoor wordt de kwelweglengte L_2 vergroot. Merk op dat de kortst mogelijke kwelweg is beschouwd en nog voldoende is om piping te voorkomen in sectie 2 ($L_{\text{kwelweg}} = (13.5 - 8.0) + (17 - 8.0) \cdot \cos(24^\circ) = 13,7$ m).

6 Detaillering en afwerking

6.1 Overzicht

Een overzicht van de detaillering van de kademuur (logistieke kade) is getoond in Figuur 6.1.



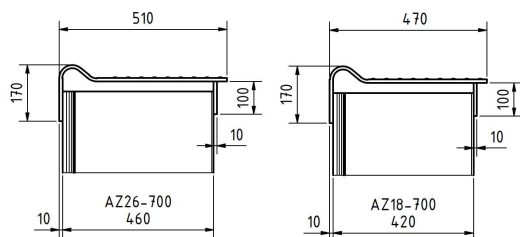
Figuur 6.1 Overzicht detaillering kademuur (logistieke kade)

6.2 Stalen deksloof

De damwanden in de logistieke kades en de kerende wand worden voorzien van een stalen deksloof om de bovenzijde van de damwandconstructie af te dekken en te beschermen tegen invloeden van buitenaf, zoals weersomstandigheden en slijtage. Deze deksloof zorgt ook voor een nette en afgewerkte uitstraling en maakt het mogelijk om kleine beschadigingen (door het installeren van de damwanden) aan de bovenzijde van de damwand te verbergen.

Een speciaal hiervoor ontworpen deksloof in de vorm van een gezette stalen plaat kan worden toegepast. Aangezien de platen te hoog geplaatst zijn om over te lopen worden de platen niet voorzien van antislip ribbels.

De afmeting van de deksloof zal variëren voor de verschillende type toegepaste damwand :AZ26-700 en AZ20-700. Een principe tekening van de dekplaat is hieronder getoond:

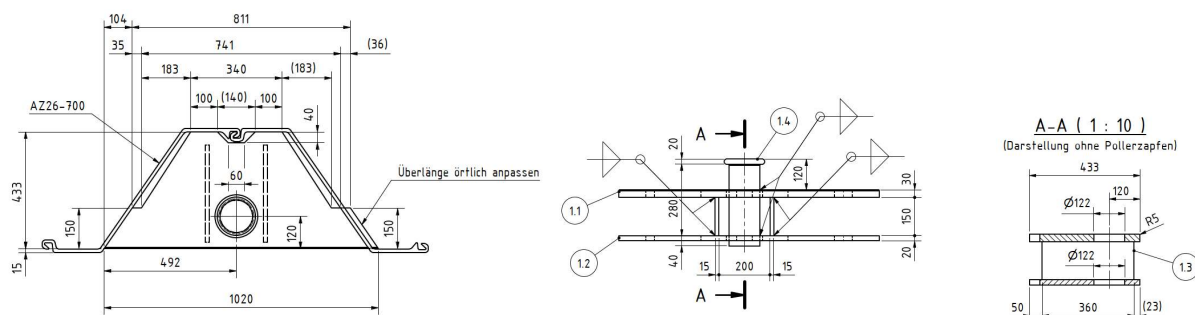


Figuur 6.2 Principe doorsnede deksloof voor AZ26-700 en AZ18-700 damwand

De deksloof wordt doormiddel van een lasverbinding aan de damwand bevestigd.

6.3 Haalpen

Er worden haalpen type Haltekreuze toegepast met een capaciteit van 250kN met een onderlinge afstand van 25,2 m. De haalpenconstructie bestaat uit twee stalen platen met een massieve stalen pin.



Figuur 6.3 Haalpen type Haltekreuze

De twee horizontale platen van de haalpenconstructie worden doormiddel van een lasverbinding bevestigd aan de damplanken. De haalpen worden toegepast op niveaus ca. NAP +17,7 m en ca. NAP +21,0 m.

Zoals vermeld in §2.5.2 dienen de sloten van de twee dubbele damwandplanken naast de haalpen te worden vastgelast over een afstand tussen bovenkant damwand en peil gording.

6.4 Wrijfstijlen en gordingen

De logistieke kades worden voorzien van Azobé wrijfstijlen en wrijfgordingen. kenmerken van de wrijfstijlen zijn gegeven in Tabel 6.1:

Tabel 6.1 Kenmerken wrijfstijlen

Kenmerk	
Profiel	Azobé 150 mm x 150 mm 20 mm x 20 mm vellingkanten aan voorzijde 150 mm x 50 mm vellingkant boven- en onderkant L = 6000 mm
Niveau bovenkant	NAP +21,5 m
Niveau onderkant	NAP +15,5 m
Hart op hart afstand	5,6 m
Bevestiging	Twee hoekstalen L75x75x7, L=300 mm gelast aan damwand met 2x M16 boutverbinding door de wrijfstijl op niveaus: - NAP +20,50 m - NAP +17,725 m - NAP +18,775 m - NAP +20,225 m

De kenmerken van de wrijfgordingen zijn gegeven in Tabel 6.2:

Tabel 6.2 Kenmerken wrijfgordingen

Kenmerk	
Profiel	2x Azobé 150 mm x 150 mm 20x20 vellingkanten aan voorzijde 100 mm x 20 mm vellingkant linker- en rechterkant L = 5400 mm
Niveau hart bovenste gording	NAP +19,5 m
Niveau hart onderste gording	NAP +17,0 m
Hart op hart afstand	5,6 m horizontaal 2,5 m verticaal
Bevestiging	UNP160 gelast aan de damwand achter de gehele gording. Boutverbinding M16 @ 500 mm tussen de wrijfgording en het UNP-steunprofiel.

6.5 Drenkelingenladders

Zowel de logistieke kades als de kerende wand worden voorzien van drenkelingenladders om de 25,2 m die verzonken in de damwandkas worden aangebracht. De ladder reikt van de bovenzijde van de damwand tot 1,0 m onder het streefpeil van NAP +16,70 m bij de logistieke kades (sectie 1a, 1b, 3). Bij de kerende wand (sectie 2) is een talud aanwezig voor de constructie en reikt de ladder vlak boven bodemniveau. In de deksloof wordt aan de voorzijde een opening en handgrip voorzien. Boven op de deksloof wordt een handbeugel aangebracht, die het mogelijk maakt de trap vanaf de kade en vice versa veilig te betreden.

Tabel 6.3 Kenmerken drenkelingenladders

Kenmerk	
Bovenkant ladder	NAP +22,4 m
Onderkant ladder logistieke kade	NAP +15,7 m (L = 6300 mm)
Onderkant ladder kerende wand	NAP +17,9 m (L = 4500 mm)

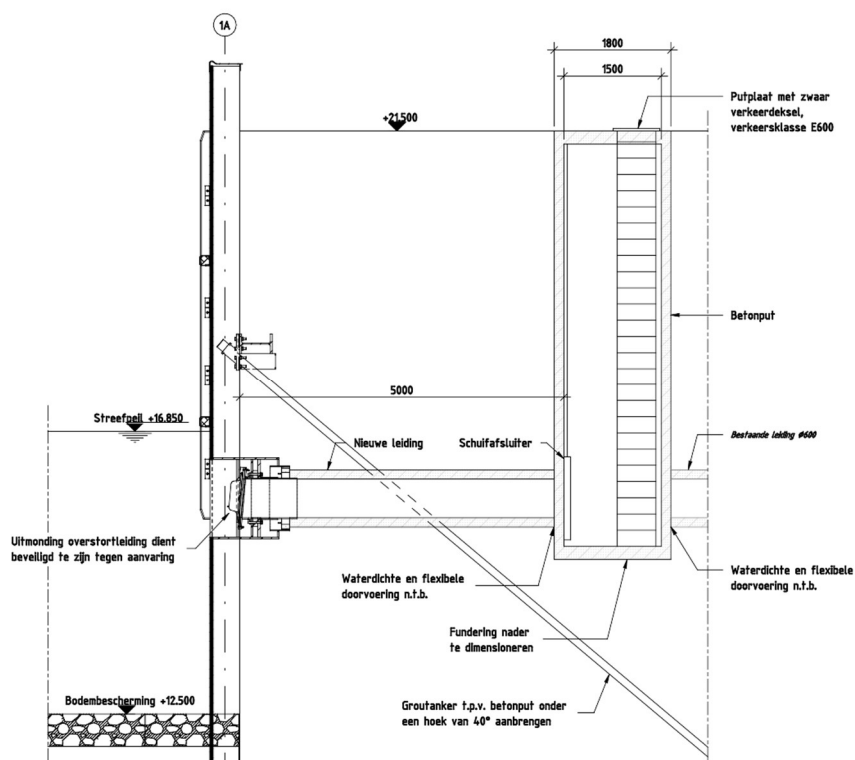
6.6 Kade drainage

Er wordt geen drainage toegepast achter de nieuwe kades van Besix.

6.7 Overstortleiding riool t.h.v. sectie 1a

Ter hoogte van sectie 1a loopt een rioolleiding van de Gemeente Roermond, zoals ook aangeduid in Figuur 8.1 uit §8.3. Deze (overstort)leiding loopt door de damwand (primaire kering) heen en vormt hiermee een 'lek' in de waterkeringslijn. Om de waterdichtheid van de primaire waterkering te garanderen, wordt er een put op deze rioolleiding aangesloten met een schuifafsluiter. Deze put is toegankelijk vanuit het terrein van Besix, t.h.v. sectie 1a. Op deze manier kan de waterveiligheid worden geborgd. Zie ook onderstaande figuur. De uitmonding van de overstortleiding dient te worden beveiligd tegen aanvaarbelastingen.

De constructieve berekening/uitwerking van deze put dient nog te geschieden in een vervolgfase van het ontwerp.



Figuur 6.4 Put inclusief schuifafsluiter op de rioolleiding Gemeente Roermond ter borging waterveiligheid

7 Ontwerp bodembescherming

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd zijn in de berekeningen van de schroefstraalbelastingen en het ontwerp van de bodembescherming. Met het gebruik van de nieuwe logistieke kades neemt het risico op erosie door schroefstralen toe op de bodem voor de nieuwe kadeconstructies. Het doel van de bodembescherming is dat de passieve wig van de nieuwe grondkerende constructies niet erodeert als gevolg van erosie door schroefstralen. Er wordt enkel bodembescherming toegepast t.h.v. de logistieke kades; secties 1a, 1b en 3.

7.1 Uitgangspunten

De berekening van de schroefstraalbelasting is sterk afhankelijk van de ontwerpschepen, de kielspeling, de afstand tussen het schip en de kademuur en het gebruikte vermogen.

Gezien de diepte van de waterbodem wordt aangenomen dat wind- en scheepsgolven niet maatgevend zijn voor de stabiliteit van de bodembescherming.

7.1.1 Ontwerpschepen

De maatgevende schepen voor het bepalen van de schroefstraalbelasting zijn:

- CEMT-klasse Va, groot Rijnschip (hoofd- en boegschroef). De meeste CEMT-klasse Va-schepen zijn uitgerust met één schroef.
- Duwbotten voor een CEMT-klasse Vb koppelverband (alleen hoofdschroef). De duwbotten die worden gebruikt voor Europa II-bakken hebben zelf geen boegschroeven. Dit komt doordat duwbotten zijn ontworpen om vanaf de achterkant te sturen en voort te bewegen. Ze hebben krachtige hoofdschroeven en vaak roerpropellers of zijschroeven aan de achterzijde voor nauwkeurige manoeuvres. Deze achterwaartse propellers en stuurinrichtingen bieden voldoende controle over zowel de duwboot als de gekoppelde duwbakken. De aanname is dat de diepgang van de duwbotten 2,5 m is.
- Europa II Duwbakken (alleen boegschroef).
Europa II duwbakken worden passief voortbewogen door de duwboot. Echter, een aantal van deze bakken kan ook met een boegschroef worden uitgerust om de gehele combinatie bij te sturen en de besturing in complexe situaties te vergemakkelijken.

Het hoofd- en boegschroef motorvermogen en de schroefdiameters van deze maatgevende schepen zijn samengevat in Tabel 7.1. Deze kenmerken zijn deels overgenomen de RVW [42] en de PIANC WG 180.

In PIANC WG 180 wordt aanbevolen om ten behoeve van het ontwerp van de bodembescherming 50% van het geïnstalleerde motorvermogen op de hoofdschroef toe te passen voor grotere binnenvaartschepen met een lengte van 110 m. Aangezien de haven relatief beschermt ligt, is dit een reële aanname.

Verder wordt aanbevolen om 100% van het boegschroefvermogen toe te passen. Bij de binnenvaart neemt het effectief gebruikte vermogen af naarmate het geïnstalleerde vermogen toeneemt. De meeste binnenvaartschepen hebben een boegschroef met een maximaal vermogen van 250 kW. De grootste schepen hebben echter boegschroeven met een geïnstalleerd vermogen van ongeveer 700 kW, waarvan maximaal 60% wordt benut. Op basis hiervan en aangezien de haven niet toegankelijk is voor de grootste binnenvaartschepen wordt een boegschroefvermogen voorgesteld van 450 kW dat 100% kan worden aangewend.

Tabel 7.1 Motorvermogen gebaseerd op RVW 2020 [42] Tabel 2 en 3 en PIANC WG 180

CEMT klasse	Vermogen hoofdschroef [kW]	Diameter hoofdschroef [m]	Aantal schroeven	Vermogen boegschroef [kW]	Diameter boegschroef [m]
Va	1400	1,6	1	450	0,8
Va	2x1000	1,6	2	450	0,8
Duwboot (Vb)	1200	1,8	2	-	-
Europa II duwbak	-	-	-	450	0,8

De hoofdschroef van CEMT-klasse Va binnenvaartschepen en de duwboot is normaal voorzien van een straalbuis.

7.1.2 Waterstanden

De maximale stroomsnelheid op bodemniveau wordt regelmatig berekend bij de waterstand die niet meer dan 70 keer per jaar wordt overschreden conform [40]. In deze situatie is dat waarschijnlijk de waterstand bij normaal gebruik van NAP +16,7 m.

Schepen meren vrij af aan de nieuwe logistieke kade. In situaties waar schepen altijd op dezelfde locatie afmeren (bijvoorbeeld ferry- of RoRo-steigers) wordt een extremere laagwaterstand geadviseerd [40]. Dat is op deze locatie niet het geval. Bovendien is de locatie van de kade relatief beschermt, waardoor het gebruikte motorvermogen naar verwachting laag is.

7.1.3 Bodemniveau

Het niveau van de bovenkant van de bodembescherming is NAP +12,50 m zoals vastgesteld in paragraaf 2.2.4.

7.2 Berekening van de stroomsnelheden

De berekening van de maximale schroefstraalsnelheden is uitgevoerd volgens de Nederlandse methode omschreven in PIANC WG 180 [10].

De maximale stroomsnelheden ter plaatse van de bodem voor de logistieke kade zijn berekend voor de verschillende ontwerpschepen met gebruik van hoofdschroef en boegschroef.

Tabel 7.2 Maximale stroomsnelheden op de bodem voor de logistieke kade (sectie 1a, 1b en 3)

Scheepstype	maximumsnelheid bij bodem via kademuur	
	hoofdschroef [m/s]	boegschroef [m/s]
CEMT-klasse Va enkele schroef	4,7	5,2
CEMT-klasse Va twee schroeven	6,0	5,2
Duwboot (Vb)	5,6	
Europa II duwbak		3,2

7.3 Ontwerp van de bodembescherming

7.3.1 Bescherming van de bodem

Het streven is om tot een gangbare, pragmatische oplossing te komen, die goed aansluit bij de onbeschermd bodem en het beschermde talud. Bovendien is het belangrijk dat de dikte van de bodembescherming klein blijft vanwege de beperkte constructiediepte (=niveau aan de waterzijde waar de kade op ontworpen is) van de grondkerende constructie.

Bij kademuren voor binnenvaart bestaat de meest voorkomende bodembescherming uit een zinkstuk met waterbouwsteen (breuksteen) 10-60 kg (voor specificaties zie [7]). Deze sortering kan goed gepenetreerd kan worden met colloïdaal beton.

Losse waterbouwsteen 10-60 kg is stabiel bij stroomsnelheden tot 1,7 m/s op de bodem. Wanneer deze is gepenetreerd met colloïdaal beton is deze stabiel bij stroomsnelheden tot circa 8 m/s. Hieruit kan worden geconcludeerd dat een bodembescherming met penetratie noodzakelijk is.

In lijn met de aanbevelingen van PIANC WG 180 [10] is de voorgestelde breedte van de bodembescherming voor de kade gelijk aan de breedte van de passieve wig. De breedte van de passieve wig voor de kade wordt als volgt geschat:

- Niveau dwarskrachtennulpunt in de damwand onder waterbodem: NAP+ 7,29 m
- Niveau waterbodem onder de bodembescherming: NAP+ 12,00 m
- Hoek van inwendige wrijving (gemiddeld over de diepte): $30,44^\circ$
- Breedte van de passieve wig: $\tan (45+ \phi/2) \times d = 8,3 \text{ m}$

Tussen de onbeschermd havenbodem en de gepenetreerde steenbestorting dient een overgangsstrook aanwezig te zijn, bestaande uit losse, niet-gepenetreerde breuksteen op een laag geotextiel. Omdat losse breuksteen van 10-60 kg niet stabiel blijkt, dient de overgangsstrook te bestaan uit een verdiept aangebrachte, zwaardere steensortering (40-200 kg). De flexibele overgangsconstructie kan mee verzakken met eventuele bodemdaling als gevolg van erosie van de onbeschermd (haven)bodem naast de bodembescherming. Dankzij de aanwezigheid van deze flexibele overgangsconstructie wordt voorkomen dat het gepenetreerde deel van de bodembescherming gaat overhangen boven een ontgrondingskuil langs de rand van de bodembescherming.

Een overhangende rand van een starre bodembescherming boven een ontgrondingskuil is kwetsbaar voor belasting door schroefstralen die loodrecht op deze rand inwerken. Wanneer de stroming onder een overhangende rand aangrijpt, kan deze rand gemakkelijk worden opgelicht. Dit is onacceptabel nabij ligplaatsen vanwege het risico op schade aan scheepsschroeven en de scheepshuid. Daarnaast kan de schade aan de bodembescherming zich na verloop van tijd verder uitbreiden.

7.3.2 Overzicht aan te brengen bodembescherming

Voor de bodembescherming is gekozen voor waterbouwsteen met een standaard sortering van 10-60 kg.

Deze sorteringen heeft een nominale diameter van 0,24 m bij een aangenomen volumieke massa van 2650 kg/m^3 . De laagdikte van deze sortering (2x Dn50) is gelijk aan 0,48 m. Praktische wordt 0,50 m aangehouden voor de 10-60 kg sortering.

Bij een volumieke massa van 2650 kg/m^3 en een normale holle ruimte van 40% resulteert dit in een gewicht van 770 kg/m^2 . De waterbouwsteen wordt geplaatst op een zinkstuk/zinkstuk met geotextiel.

De strook van 8,5 m langs de kade wordt gepenetreerd met 160 l/m^2 colloïdaal beton en een strook van 1,0 m langs de kade met 200 l/m^2 .

De berekende stroomsnelheden en stabiliteitscontroles, inclusief berekeningsaanpak en resultaten zijn bij dit rapport gevoegd in Bijlage 5.

8 Contextobjecten en raakvlakken

8.1 Aansluitingen

Een overzicht van de aansluiting tussen de secties is gegeven in Tabel 8.1. Aansluitingen dienen grondricht en constructief te worden uitgevoerd.

Tabel 8.1 Aansluitingen

Sectie	Naam sectie	Aansluiting
1a	Nieuwe logistieke kade [BESIX]	Nieuwe logistieke kade [BESIX]
1b	Nieuwe logistieke kade [BESIX]	Nieuwe logistieke kade [BESIX]
		Kerende wand talud 1 [BESIX]
2	Kerende wand talud 1	Nieuwe logistieke kade 1b [BESIX]
		Nieuwe logistieke kade 3 [BESIX]
3	Nieuwe logistieke kade [BESIX]	Kerende wand talud 1
		Nieuwe logistieke kade 4 [Koopmans]

De nieuwe AZ-damwanden in de overgangen tussen de secties 1a t/m 3 worden onderling verbonden met hoekprofielen type Omega 18, C14, Delta 13.

8.2 Bestaande constructies

De bestaande voorzieningen voor het laden/lossen van schepen ter plaatse van de toekomstige nieuwe logistieke kade hebben in de toekomstige situatie geen functie en mogen daarom worden verwijderd.

Daar waar sleufsilo's aanwezig zijn nabij de keringlijn bestaat het risico van instabiliteit tijdens het installeren van damwanden en verankering. In overleg met de bedrijven kunnen wanden opgebouwd uit stapelblokken (type Legioblock) tijdelijk worden verplaatst of verlegd.

Door BESIX is aangegeven dat de apparatuur in het laboratorium op het terrein van BESIX zeer gevoelig voor trillingen is. Het betreft een werkbank voor het uitvoeren van 4-puntsbuigproeven ten behoeve van de CE-markering van asfaltmengsels.

8.2.1 Bouwwerken

In Tabel 8.2 is een overzicht van de bouwwerken in de nabijheid van de nieuwe logistieke kades en kerende wand gegeven en de afstand tot de te realiseren damwandconstructies.

Tabel 8.2 Afstand tot bestaande bouwwerken

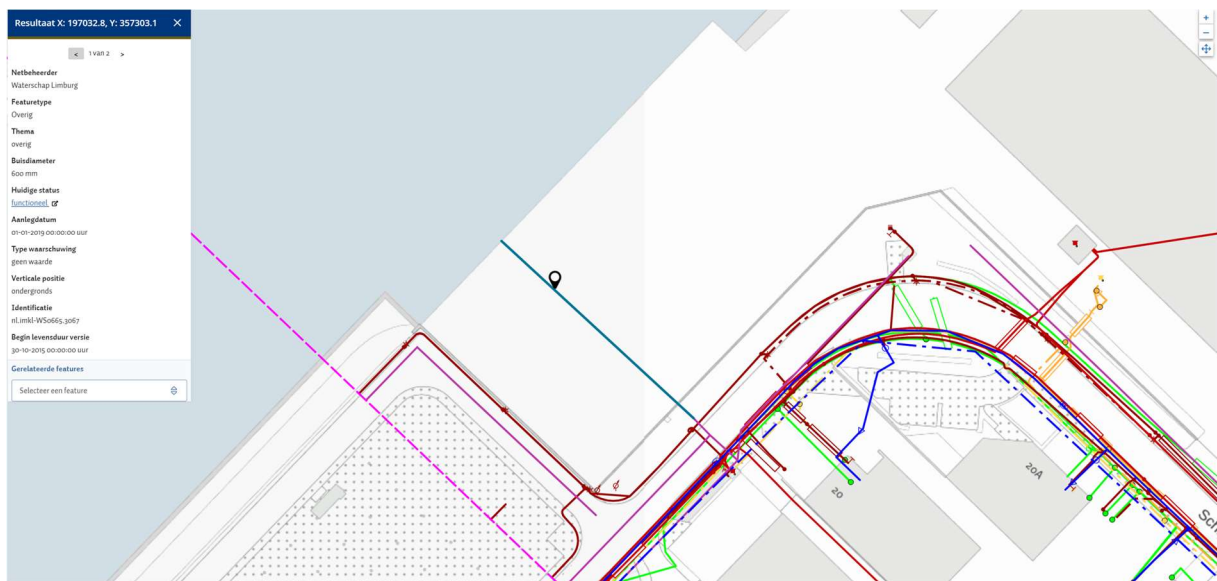
Sectie	Bestaande bebouwing	afstand [m]	Type bouwwerk en fundering
1a	Nieuwe logistieke kade 1b [BESIX]	0	Damwand
1b	Nieuwe logistieke kade 1a [BESIX]	0	Damwand
	Kerende wand talud 1	0	Damwand
		Ca. 35m	Bestaand gebouw
2	Nieuwe logistieke kade 1b [BESIX]	0	Bestaande loods (49 m loods)
	Nieuwe logistieke kade 3 [BESIX]	0	
		Ca. 25	Laboratorium BESIX (trillingsgevoelige apparatuur)
3	Kerende wand talud [1]	0	Damwand
	Nieuwe logistieke kade 4 [Koopmans]	0	Damwand
		Ca. 25	Laboratorium BESIX (trillingsgevoelige apparatuur)

8.3 Kabels en leidingen

Een overzicht van kabels en leidingen ter plaatse van BESIX – de secties 1 t/m 3 – is gegeven in Tabel 8.3. De rioolleiding t.h.v. sectie 1a vormt een lek in de primaire waterkeringslijn, wat wordt opgelost middels een rioolput inclusief afsluiter zoals omschreven in §6.7.

Tabel 8.3 Kabels en leidingen

Sectie	Naam sectie	Kabel/leiding
1a	Nieuwe kade BESIX	Rioolleiding (gemeente Roermond)
1b	Nieuwe kade BESIX	-
2	Kerende wand talud 1	-
3	Nieuwe kade BESIX	-



Figuur 8.1 Kabels en leidingen op basis van KLIC-oriëntatiemelding

Het is nog nader uit te zoeken en na te vragen bij BESIX of er aanvullende kabels en leidingen aanwezig zijn op het terrein die interfereren met het nieuwe ontwerp van de kademuren.

9 Uitvoeringsaspecten

9.1 Uitvoeringsvolgorde

De globale uitvoeringsvolgorde van de hoofdonderdelen is hieronder uiteengezet:

1. Ontwerp, leveranties en vergunningen.
2. Verwijderen beplanting op bestaande taluds en eventueel verwijderen oeverbescherming.
3. Graven heisleuf voor nieuwe damwand.
4. Aanbrengen damwanden voor kerende wand en kademuur door middel van intrillen en eventueel afheien.
5. Aanbrengen grout injectie-ankers kerende wand en kademuur.
6. Aanvullen achter de wand tot maaiveldniveau.
In functie van de stijfheid van de grond op de gording tijdens de voorspanfase kan er een tussenpeil worden gekozen voor deze aanvulling. Dit is ten minste NAP+20.5 m, zoals toegelicht in §4.3.2
7. Afspannen ankers inclusief controle- en/of geschiktheidsproef op alle ankers.
8. Baggeren onderwatertalud voor logistieke kade aan havenzijde.
9. Aanbrengen bodembescherming.
10. Aanbrengen kademeubilair: haalpenen, wrijfstijlen, wrijfgordingen en ladders.
11. Aanbrengen stalen deksloof.
12. Aanbrengen verharding.

Gezien de bredere scope van het project is de verwachting dat een deel van de werkzaamheden parallel aan de realisatie van andere clusters wordt uitgevoerd (BESIX, Smurfit Westrock, Koopmans en Sif).

Speciale aandacht dient te worden geschonken aan de uitvoerbaarheid rondom secties 1a en 1b, gegeven de interferentie met de bestaande logistieke kade. Er zal gewerkt moeten worden met een steunberm op de bestaande verankering (legankers) veilig te kunnen lossen. Vervolgens kan de nieuwe damwand worden geïnstalleerd volgens bovenstaand principe. De precieze uitvoering hiervan dient nader uitgewerkt te worden.

9.2 Heibaarheid

- Op basis van NVAF/PSD-grafieken blijkt dat voor de gekozen type damplanken het niet altijd mogelijk lijkt om deze trillend schadevrij tot de gewenste diepte in te brengen. Wel lijkt het mogelijk om de planken zonder schade op diepte te heien. Deze optie wordt hier genoemd als een van de beheersmaatregelen omdat deze met NVAF/PSD-grafieken onderbouwd kan worden. Wellicht ligt het echter meer voor de hand om voor andere beheersmaatregelen te kiezen (zoals voorboren) vanwege de risico's die verbonden zijn aan het heien van damwanden. Hoewel de grafieken een indicatie bieden van de haalbaarheid van het intrillen of heien van damwanden, zijn er belangrijke verschillen tussen de uitgangspunten van de grafieken (zand, uniforme conusweerstand van 20 MPa) en de lokale omstandigheden (grind, obstakels zoals grover grind of keien in de ondergrond, en conusweerstand > 20 MPa). Ook verwachten wij dat de kans op schade lokaal gerelateerd is aan andere oorzaken: In mindere mate heiweerstand zoals waarneembaar in dicht gepakt zand, en in meerdere mate kans op raken van een obstakel zoals een steen.
- Op basis van empirische formules is voor een groot deel van de secties de benodigde slagkracht van het trilblok zeer hoog (>2300 kN). Op basis van deze resultaten kan niet worden uitgesloten dat voorgeboord zou moeten worden of dat de damplanken over de laatste meters op diepte geheid moeten worden.

- Op basis van resultaten van damwandproeven uitgevoerd in de nabije omgeving van het project in vergelijkbare grondslag kan worden geconcludeerd dat het intrillen van damwanden (zowel het lichtere 1720 cm³/m als het zwaardere 2600 cm³/m profiel) goed mogelijk is en de aanwezige zand/grindlagen op zich geen onoverkomelijke belemmering vormen mits adequaat materieel wordt gebruikt. Hiervoor zijn de volgende aanvullende aanbevelingen gedaan:
 - Intrillen heeft de voorkeur t.o.v. heien gezien snelheid en kleinere kans op schade van de plank.
 - Het toepassen van een hoogfrequent blok is mogelijk. Dit heeft de voorkeur omdat dit type blok minder omgevingshinder veroorzaakt.
 - Het geleiden van de vibrator (met een makelaarstelling) is aan te bevelen.
 - Voorboren is niet strikt noodzakelijk maar kan de intrilsnelheid wel verhogen.
 - Indien op een obstakel gestuit wordt kan na verwijderen van de damwand een ander element met een verzwaarde onderrand in de grond gebracht worden om het obstakel weg te duwen of te splijten.

Naar onze mening is de belangrijkste indicatie voor de installeerbaarheid van de planken, de damwandproef, in combinatie met de succesvolle realisatie van de bestaande kademuur. Op basis van de damwandproef zijn bovendien bruikbare beheersmaatregelen voorgesteld.

9.3 Hinder

De volgende partijen kunnen hinder ondervinden van de bouwwerkzaamheden:

- BESIX heeft een direct raakvlak vanwege aangrenzende bouwwerkzaamheden. Het is daarnaast mogelijk dat BESIX tijdens de bouwwerkzaamheden van de kadeconstructie ook werkzaamheden in de kadezone wil verrichten. Het gebruik en de vervoerstromen in de kadezone moeten tijdens de bouw goed 'gemanaged' worden;
- BESIX-Infra en Koopmans kunnen hinder ondervinden door geluid en trillingen en door bouwverkeer van en naar de projectlocatie;
- Scheepvaart in de Lisboonhaven en de Schippershaven kan hinder ondervinden door licht en drijvend materieel ten behoeve van de bouwwerkzaamheden;

De werkzaamheden hebben daarnaast mogelijk ook invloed op de natuurlijke omgeving. Hierbij wordt vooral gedacht aan overlast door geluid en licht.

De kans op hinder door trillingen dient te worden getoetst aan de hand van SBR Richtlijn B [13].

9.4 Kans op schade

In de directe omgeving van de kadeconstructie zijn verschillende objecten die direct schade kunnen ondervinden van de bouwwerkzaamheden. Hiervan is een overzicht gegeven in Tabel 8.2.

Schade kan worden veroorzaakt door:

- trillingen veroorzaakt door het intrillen en inheien van de damwand;
- deformaties als gevolg van zettingsvloeiingen tijdens het intrillen van de damwand en het baggeren.
- Clashen van de nieuwe verankering en bestaande objecten in de ondergrond, mogelijke paalfunderingen.

Een risico wordt met name onderkend in het plaatsen van de damwanden op circa 10 m afstand van een belendend bouwwerk. De kans op schade dient te worden getoetst aan de hand van de SBR Richtlijn A [12].

Het zijn met name de bestaande loodsen en laboratoria die een relatief grote kans op schade ondervinden aan de werkzaamheden. Het wordt sterk aangeraden om een trilling predictie van het intrillen/heien van de damwanden uit te voeren. Wanneer de loods op palen gefundeerd staat, is dit risico een stuk lager maar ontstaat juist het risico van clashes tussen de nieuw aan te brengen verankering en de bestaande funderingspalen. Hier dient aanvullende informatie te worden verkregen en/of bevestigd.

9.5 Zettingen

Op basis van de uit te voeren werkzaamheden bestaat de kans dat er zettingen optreden ter plaatse van bestaande constructies. Zoals hierboven vermeld, bestaat het vermoeden dat de bestaande loodsen op staal zijn gefundeerd. Het wordt geadviseerd om deze informatie op te halen bij BESIX. Indien de loods op staal staat gefundeerd, bestaat de kans op grote (verschil)zettingen. Een trilling predictie moet uitwijzen wat de orde grootte hiervan is en of er significante schades aan de bestaande gebouwen kunnen optreden.

Er vindt geen bemaling plaats.

10 Conclusie en aanbeveling

10.1 Samenvatting ontwerp

Tabel 10.1 Samenvatting ontwerp

		Logistieke kade		Kerende wand talud	Logistieke kade
		Sectie 1a	Sectie 1b	Sectie 2	Sectie 3
Damwand					
Planktype	-	AZ26-700	AZ26-700	AZ18-700	AZ26-700
Niveau top	m NAP	+22,5	+22,5	+22,5	+22,4
Niveau teen	m NAP	+6,0	+6,0	+8,0	+5,50
Planklengte	m	16,5	16,5	14,5	16,9
Staalsoort	-	S355 GP	S355 GP	S355 GP	S355 GP
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000	210.000	210.000	210.000
Doorsnedeklasse	-	3	3	3	3
Verankering					
Type verankering	-	SI-anker			
Doorsnede ankerstang ^(a)	mm	Ø101,6 x 28.0 6474/6096 ^(a)	Ø101,6 x 28.0 6474 / 6096 ^(a)	Ø101,6 x 17.5 4578/ 4245 ^(a)	Ø114,3 x 25.0 7014 / 6587 ^(a)
Staalsoort	-	E470			
Breukspanning (f _u)	N/mm ²	700			
Vloeispanning (f _y)	N/mm ²	500			
Elasticiteitsmodulus (E)	N/mm ²	210.000			
h.o.h afstand	m	2.8			
Ankerhoek met horizontaal	°	30,00/35,00 ^(b)			
Insteekniveau boven	m NAP	+18,0			
Bovenkant groutprop	m NAP	+11,00	+11,00	+8,61	+10,85
Lengte groutprop	m	10,0	10,0	6,0	10,0
Totale ankerlengte	m	24,0 / 22,2	24,0/22,2	24,80/22,4	24,2/22,4
Ankerlengte (D-sheet)	m	16,33	16,33	19,50	16,53
Voorspankracht (axiaal)	kN/anker	280	280	280	280
Boordiameter	mm	380	380	380	380
Gording					
Profiel	-	HE500B			
Staalkwaliteit	-	S420			

(a) Oppervlaktes zijn ongecorrodeerd/gecorrodeerd

(b) De ankers worden gewaaierd aangebracht met +/- 2,5 ° om te garanderen dat de groutprop op voldoende afstand zit.

Ter hoogte van de logistieke kades (sectie 1a, 1b en 3) wordt een bodembescherming voorzien.

10.2 Aandachtspunten vervolgfases

10.2.1 Contract en aanbesteding

Hieronder zijn enkele aandachtspunten opgenomen voor de contractfase:

- verifiëren of aannames ten aanzien van bouwterrein Aannemer kloppen;
- bestemming bepalen voor gebaggerd zand en waterbouwsteen. Hierbij rekening houden met kwaliteit van het materiaal en eventuele verontreiniging;
- eisen ten aanzien van tijdsdruk Aannemer. Welke versnellende maatregelen zijn onwenselijk (bijvoorbeeld 's nachts werken);

10.2.2 Uitvoering

- T.b.v. de vereiste horizontale stijfheid op de gording tijdens de aanspanfase (incl. beproeven van de ankers) dient er al aangevuld te worden tot maaiveld aan actieve zijde alvorens de aanspanfase start. Er wordt wel pas aangevuld nadat de ankers zijn geïnstalleerd.
- Specifiek op sectie 3 voor de vereiste horizontale stijfheid op de gording tijdens de aanhaalfase (inclusief het testen van de ankers) is het noodzakelijk om aan de actieve zijde tot NAP+20,60m aan te vullen voordat de aanhaalfase begint.
- Voor sectie 1a, waar een nieuwe damwand wordt geïnstalleerd vóór de bestaande, wordt voorgesteld om de hoeveelheid grond die van de actieve zijde wordt afgegraven bij het verwijderen van de bestaande ankers, aan de passieve zijde te plaatsen om horizontale stabiliteit te bieden zodat de bestaande damwand niet grotendeels doorbuigt.
- Er is in dit rapport een indicatie gegeven voor de verbinding tussen de gording en de damwand, zowel t.b.v. de horizontale als de verticale krachtsoverdracht (zie §5.7). Dit dient nader uitgewerkt te worden door de Aannemer inclusief ontwerp van de ankerstoel en de verticale oplegsteunen. Hiervoor zijn nu UNP-profielen aangenomen.
- In de omgeving zijn veel bestaande loodsen aanwezig. De gegevens van de fundering van deze bestaande loodsen zijn onbekend. Het vermoeden bestaat dat deze op staal zijn gefundeerd. Dit houdt in dat er een reëel risico bestaat op grote (verschil)zettingen met mogelijke schades als gevolg. Het wordt aangeraden een trilling predictie uit te voeren en gepaste maatregelen te nemen indien de verwachte trillingen/schades significant zijn. Dit dient te gebeuren in een vervolgfase als de uitvoeringsgegevens bekend zijn.
Anderzijds bestaat de kans dat de bestaande loodsen op palen zijn gefundeerd. In dit geval is het risico aanwezig dat er clashes ontstaan tussen de nieuw aan te brengen verankering en de bestaande funderingspalen. Hier dient nader onderzoek naar te worden uitgevoerd.
- De damwanden naastgelegen aan de haalpen dienen te worden vastgelast over de lengte van bovenkant damwand tot aan peil gording/ankerkop, opdat de haalpenbelasting gespreid wordt over 2 dubbele planken (L = 2,8 m) in overeenstemming met §2.5.2.

Referenties

Normen en richtlijnen

- [1] NEN-EN 1990: Eurocode 0 – Grondslag van het constructief ontwerp.
- [2] NEN-EN 1991: Eurocode 1 – Belastingen op constructies.
- [3] NEN-EN 1993: Eurocode 3 – Ontwerp en berekening van staalconstructies.
- [4] NEN-EN 1997: Eurocode 7 – Geotechnisch ontwerp.
- [5] NEN 9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies.
- [6] NEN-EN 12063 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Damwanden.
- [7] CIRIA, CUR, CETMEF, 2007, “The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering”, London
- [8] CURNET, juli 2012, Damwandconstructies, CUR-publicatie 166, 6e herziene druk, deel 1.
- [9] CURNET, juli 2012, Damwandconstructies, CUR-publicatie 166, 6e herziene druk, deel 2.
- [10] PIANC. (2015). Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships (MarCom Working Group 180). PIANC.
- [11] SBRCURnet, 2014, QuayWalls, Second Edition, CUR-publicatie 211.
- [12] SBRCURnet, 2017, SBR Trillingsrichtlijn A – Schade aan bouwwerken
- [13] SBRCURnet, 2019, SBR Trillingsrichtlijn B – Hinder voor personen

Projectdocumenten

- [14] Waterschap Limburg, november 2020, IO.DR76.26.023 Handleiding ten behoeve van het ontwerp van damwanden welke dienen als waterkering nabij de Alexanderhaven te Roermond, IO.DR76.26.023-1.0-1-Rp-Handleiding damwandontwerp.
- [15] Waterschap Limburg, oktober 2021, IO.DR76.26.021 Ontwerpnota planfase normtraject 76-2 Roermond Alexanderhaven 1.0-2.
- [16] Gemeente Roermond, april 2017, Beheerplan havens en waterpartijen 2017 – 2026.
- [17] Waterschap Limburg, november 2021, PP.DR76.26.010 Ontwerp-Projectplan Waterwet dijkversterking Roermond.
- [18] WSP, januari 2023, Hoogte kering integraalplan, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
- [19] WSP, februari 2023, Bepaling constructiediepte nieuwe kaden, doc.nr. BIKR-04-N-006, versie 1.
- [20] WSP, mei 2023, DO Bestaande Kaden Kalle en Bakker en Sif
- [21] SBE, 2024, Uitgangspuntennotitie Willem-Alexanderhaven Roermond 15298-ALG-G-DO-001
- [22] SBE, 2024, Haalbaarheid installeren damwanden 15298-MEM-G-DO-002
- [23] SBE, 2024, Logistieke kade en kerende wand Smurfit Kappa, 15298-ALG-G-DO-005
- [24] Van Ratingen, april 2022, Nieuwbouw overslag BCTN Toermond B.V.; Eindsituatie, 5571-15
- [25] Acécon, 2007/2008, Landtong Willem-Alexanderhaven te Roermond: Berekening permanente groutankers, 07186-r-001 en -003,

Onderzoeken en metingen

- [26] IGL, november 2021, Mijnheerkenshaven Roermond; Bodemhoogten multibeam, GER007B_MIJNHEERKENSHAVEN-BODEM_20211109.
- [27] IGL, november 2021, Lisbonnehaven Roermond; Bodemhoogten multibeam, GER007B_LISBONNEHAVEN- BODEM_20211109.
- [28] Inpijn-Blokpoel, augustus 2011, Nieuwbouw kunstmestopslag, kantoren en betonmixer te Roermond, 02P000399- 01.
- [29] Inpijn-Blokpoel, november 2011, Nieuwbouw opslagloods voor zout op terrein Kalle Bakker aan de Lisbonnehaven te Roermond, 02P000399-02.
- [30] Inpijn-Blokpoel, februari 2012, Nieuwbouw opslagloods op terrein Kalle Bakker aan de Lisbonnehaven te Roermond, 02P000399-04.
- [31] Inpijn-Blokpoel, juli 2012, Nieuwbouw opslagloods op terrein Kalle Bakker aan de Lisbonnehaven te Roermond, 02P000399-05.

- [32] Inpijn-Blokpoel, juli 2013, Nieuwbouw opslagloods (fase II) op terrein Kalle Bakker aan de Lisbonnehaven te Roermond, 02P000399-06.
- [33] Inpijn-Blokpoel, oktober 2014, Nieuwbouw bedrijfspand Sif op landtong aan de Mijnheerkensweg te Roermond, 02P005243.
- [34] Inpijn-Blokpoel, november 2014, Kadeverbetering Alexanderhaven te Roermond, 02P005413.
- [35] Inpijn-Blokpoel, september 2015, Nieuwbouw kantoor Sif op locatie Kasdorp aan de Mijnheerkensweg te Roermond, 02P006543.
- [36] Inpijn-Blokpoel, juni 2001, Bebouwing aan de Mijnheerkensweg te Roermond, VG4027.
- [37] Inpijn-Blokpoel, april 2023, BIZ-kaden en HWK Roermond - Willem-Alexanderhaven te Roermond, 22ZP1423-RG-01.

Overige documenten en referenties

- [38] "DSM AHN4", Actueel Hoogtebestand Nederland, (22-09-2022)
<https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- [39] Liebherr Technical Description Crawler Excavator R 954C
- [40] Port of Rotterdam, juni 2016, Bodembescherming belast door schroefstralen, Rekenmethodiek Port of Rotterdam versie 1.0
- [41] Rijkswaterstaat, december 2021, RTD 1001 Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken, versie 2.0.
- [42] Rijkswaterstaat, juli 2020, Richtlijnen Vaarwegen 2020.
- [43] Rijkswaterstaat, <https://waterinfo.rws.nl/>.

Bijlagen

Bijlage 1 Toetsing D-Sheet piling

Bijlage 1 a. Toetsing D-Sheet piling Sectie 1a

Bijlage 1 b. Toetsing D-Sheet piling Sectie 1b

Bijlage 1 c. Toetsing D-Sheet piling Sectie 2

Bijlage 1 d. Toetsing D-Sheet piling Sectie 3

Bijlage 2 Toetsing damwand

Bijlage 2 a. Toetsing damwand Sectie 1a

Bijlage 2 b. Toetsing damwand Sectie 1b

Bijlage 2 c. Toetsing damwand Sectie 2

Bijlage 2 d. Toetsing damwand Sectie 3

Bijlage 3 Verankering

- Sectie 1a
- Sectie 1b
- Sectie 2
- Sectie 3

Bijlage 4 Gording

Bijlage 5 Berekeningen bodembescherming

Bijlage 6 **Sonderingen**

Bijlage 7 Zakkende grond analyse op ankers – sectie 2