



Waterschap **Scheldestromen**

Memo

aan : Bas van Hese (gemeente Reimerswaal), Richard Klein (gemeente Reimerswaal)
van : Arco van Sabben (Waterschap Scheldestromen)
review : Constantijn Steenbergen (Waterschap Scheldestromen)
afschrift : Martin van Kempen (Waterschap Scheldestromen)
datum : 6 februari 2023
betreft : Aanscherping analyse constructieve veiligheid kades Julianahaven te Yerseke
o.b.v. veldonderzoek
registratienr : -

1 Inleiding

Deze memo is een aanvulling op de reeds uitgevoerde analyses zoals beschreven in de rapportage 'Constructieve veiligheid kades Julianahaven te Yerseke', [7]. De aanvulling bestaat hierin dat in deze memo inzichtelijk is gemaakt wat het effect is van de nieuwste inzichten verkregen op basis van de uitgevoerde onderzoeken [4], [5] en [6]. Eerst wordt ingegaan op het algemene beeld van de staat van de damwand op basis van de visuele inspectie (paragraaf 2). Vervolgens worden de gehanteerde uitgangspunten (paragraaf 3) voor de nadere analyse gegeven en op grond daarvan worden de resultaten en consequenties van de nieuwste onderzoeken gegeven (paragraaf 4).

2 Algemeen beeld naar aanleiding van inspecties

Het visuele beeld is opgenomen in [4] en geeft een duidelijk beeld van de staat van de damwanden. De onderzochte delen zijn weergegeven in Figuur 2-1. Samenvattend kan gesteld worden dat:

- Bij deel 1 (de pier) tot en met deel 4 (de overslaglocatie) is veel roestvorming waargenomen waaronder ook relatief veel putcorrosie in de spatzone.
- Op enkele locaties langs de damwand zijn gaten waargenomen waaruit water sijpelt (deel 2/deel 3).
- Binnen deel 3 sijpelt zand en water langs de ankerstangen. Dit is ook het deel waar holle ruimtes onder het straatwerk zijn aangetroffen.
- Langs alle kadedelen zijn verzakkingen van straatwerk waarneembaar.

Postadres:

Postbus 1000,
4330 ZW Middelburg

Bezoekadressen:

Kanaalweg 1,
4337 PA Middelburg

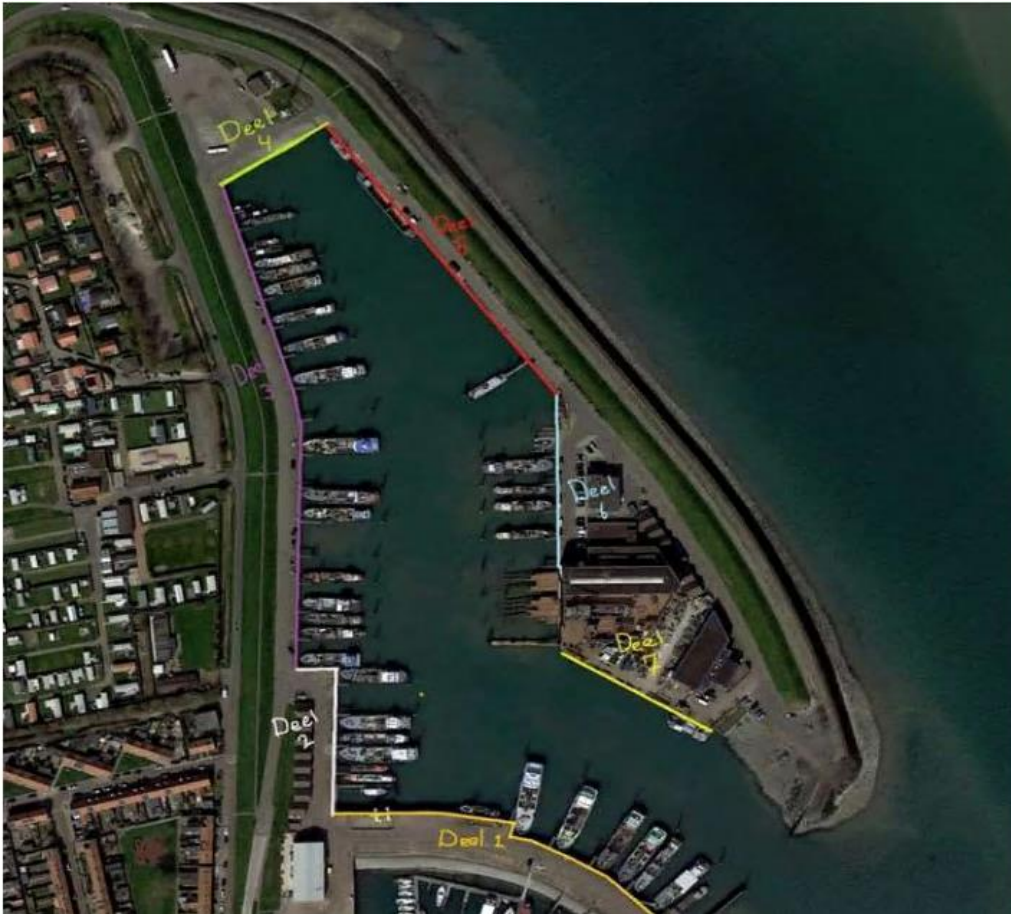
Kennedylaan 1,
4538 AE Terneuzen

t 088 2461000 (lokaal tarief)

f 088 2461990

e info@scheldestromen.nl

s www.scheldestromen.nl

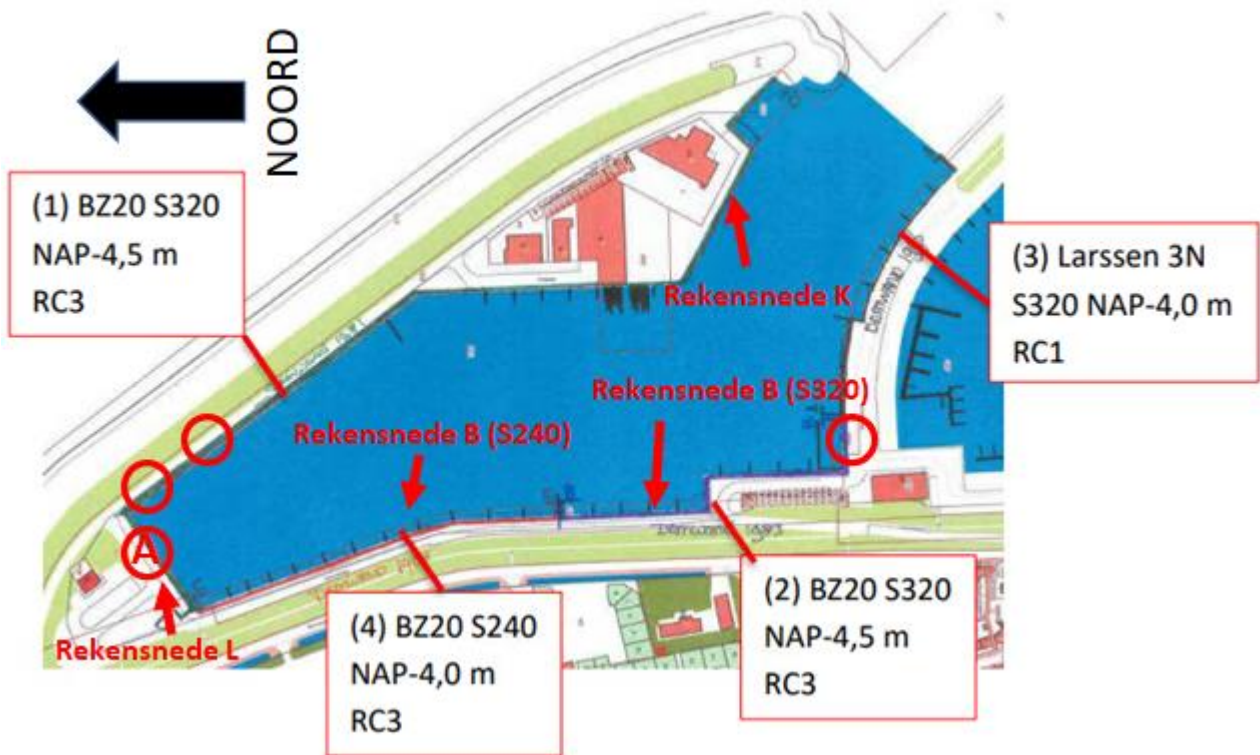


Figuur 2-1: Visueel geïnspecteerde delen van de damwanden in de Julianahaven [4]

3 Uitgangspunten nadere analyses

3.1 Uitgangspunten algemeen

Voor deze analyse is gebruik gemaakt van de uitgangspunten uit de reeds uitgevoerde analyse [7]. In de betreffende analyse zijn voor drie locaties rekensneden opgesteld en doorerekend, zie Figuur 3-1. In de in deze memo vastgelegde analyse zijn op basis van de beschikbaar gekomen meetresultaten afwijkende uitgangspunten gehanteerd voor de grondopbouw en de constructieve eigenschappen van de damwand. Deze afwijkende uitgangspunten zijn in de volgende paragrafen van dit hoofdstuk opgenomen en toegelicht.



Figuur 3-1: Locatie met rekensnedes [7]

3.2 Uitgangspunten damwand

De sterkte van de damwand is in de eerder uitgevoerde analyse [7] ingeschat op basis van theoretische afroesting. Door Van der Straaten zijn diktemetingen uitgevoerd [5] volgens het protocol van de CROW [2]. De locaties van de diktemetingen zijn weergegeven in Figuur 3-2. Deze diktemetingen zijn in bijlage A verwerkt met het bij het protocol beschikbaar gestelde Excelbestand. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten aangehouden:

- Het jaar van aanleg is overgenomen uit [3], dit bepaalt de leeftijd van de damwand en dus ook de afroestingsnelheid.
- De afroestingsnelheid van de flenzen is aangehouden als bepalend voor de afroesting van het gehele profiel omdat de flenzen de grootste bijdrage aan de momentcapaciteit leveren. Uit de metingen blijkt dat de afroestingsnelheid van de flenzen iets groter is dan gemiddeld. Dit is dus een enigszins conservatief uitgangspunt maar de invloed is beperkt.
- Voor de extrapolatie van de afroestingsnelheid is gebruik gemaakt van de afroestingsnelheid volgens Jongbloed. Het verschil tussen de lineaire afroesting en de afroesting volgens Jongbloed is beperkt.
- De diktemeting DM2 en DM3 zijn beide uitgevoerd langs de Bakenweg maar het betreft constructies die verschillen in jaar van aanleg en staalkwaliteit. Het blijkt dat de afroesting bij meetlocatie DM2 gunstiger is en omdat dit de damwand is met een hogere staalkwaliteit (staalkwaliteit S320) zal dit een gunstiger beeld geven voor de restlevensduur. Om die reden zijn voor de Bakenweg beide snedes doorgerekend, verder benoemd als respectievelijk locatie B (S240) en B (S320). Voor het zuidelijke deel langs de Bakenweg, locatie B(S320) is meting DM2 aangehouden en voor die locatie is gerekend met een reguliere bovenbelasting omdat verwacht wordt dat dit vanwege de hogere staalkwaliteit ook zal voldoen. Voor het noordelijke deel (locatie B(S240), meetlocatie DM3) is gerekend met een aangepaste bovenbelasting (gereduceerd naar 3 kPa en op een afstand van minimaal 2 m van de kaderand). Dit is overeenkomstig de belastingbeperking op de kade langs de Bakenweg (rekensnede B) zoals beschouwd in de eerdere analyse [7].

- De diktemetingen bij meetlocatie DM4 geven rond het bodemniveau significant slechtere waarden dan bij de metingen DM5 en DM6. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat bij meetlocatie DM4 (rekensnede L) overslag plaatsvindt. Mogelijk dat door morsen van overslagmateriaal lokaal een ongunstiger milieu ontstaat waardoor meer aantasting is opgetreden of dat door de woeling van de bodem door schroefstralen meer zuurstof is toegetreden met een effect op de afroesting. Alleen de diktemetingen in raai DM4 zijn voor rekensnede L meegenomen omdat deze een sterk afwijkend beeld geven t.o.v. de overige meetraaien langs dezelfde kadeopbouw.

De uiteindelijk aangehouden traagheidsmomenten en momentcapaciteiten zijn opgenomen in bijlage A.



Figuur 3-2: Locaties waar diktemetingen zijn uitgevoerd [5]

Naast de diktemetingen zijn tevens magnetosonderingen uitgevoerd om de planklengte te bepalen [6] op grond waarvan de aangehouden planklengte is ingeschat.

- Op basis van de rapportage blijkt dat voor slechts 3 van de 11 sonderingen de einddiepte bereikt is. Voor de overige sonderingen is het op basis van de sonderingen lastig vast te stellen hoe lang de damwandplanken zijn. Het lijkt in de meeste gevallen dat het einde van de plank nog niet bereikt is. Dit resultaat is door het onderzoeksbedrijf ook als zodanig gerapporteerd en mondeling toegelicht. Dit betekent voor die specifieke sonderingen dat de planklengte langer is dan het eindpunt van de sonderingen.
- De sonderingen 5 en 6 zijn niet dieper uitgevoerd dan tot NAP-12,5 m. Op grond daarvan en de resultaten van de magnetosonderingen, waaruit de einddiepte van de damwand nog niet lijkt te zijn bereikt, wordt voor de locatie langs de Bakenweg een plankpuntniveau aangehouden van NAP-12,5 m.
- Bij de overige locaties zijn sonderingen (1, 2 en 10) die een duidelijk eindpunt geven rond NAP-14,0 m uitgevoerd. Voor de locaties langs de Ankerweg (rekensnede L) en het bedrijventerrein (rekensnede K) is een plankpuntniveau van NAP-14,0 m aangehouden.

3.3 Grondopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek door Van der Straaten [6] blijkt dat er wat verschil in grondopbouw is langs het traject:

- De veenlaag is in het zuiden van de haven op een wat lager niveau aanwezig (rond NAP-4,0 m i.p.v. NAP-2,5 m).
- In afwijking van de gehanteerde grondopbouw bij de eerdere analyse blijkt bij de bedrijven op de havendam (machinefabriek Bakker b.v. en de scheepswerf) het terrein aangevuld met zand, hier is een dik pak stevig zand aanwezig tussen mv-niveau en NAP-4 / -5 m.
- De zandige kleilaag rond het bodemniveau van de haven (NAP-4 m tot NAP-8 m) verschilt in zandigheid per locatie. Het rekenen met de stijfheidsparameters zoals aangehouden in de voorgaande analyse [7], is niet zondermeer conservatief (en soms zelfs wat optimistisch). Om de analyse niet te conservatief uit te voeren is deze schematisering van de sterkte- en stijfheidsparameters aangehouden.¹
- De onderzoekspunten in de haven (verkregen via DINO-loket) geven in de haven ook relatief slappe lagen in de eerste meters vanaf de bodem. Deze onderzoekspunten liggen wel relatief ver uit de damwand in het midden van de haven en geven daarom een iets ongunstiger beeld van de sterkte van de ondergrond ter plaatse van de damwanden.

Op basis van deze constatering geldt dat aan de actieve zijde beperkte verschillen in grondopbouw zijn aangetroffen. Alleen voor de locatie bij Bakker geldt dat de actieve belasting door het zand mogelijk wat ongunstiger uitpakt. Voor deze locatie wordt daarom gekozen om de grondopbouw aan de landzijde (actieve zijde) aan te passen naar de opbouw volgens sondering 11, zie Tabel 3-1. Aan de waterzijde (passieve zijde) zijn geen aanpassingen doorgevoerd.

Voor de sterkteparameters zijn waarden aangehouden van corresponderende grondsoorten uit de eerdere analyse [3].

Tabel 3-1: Aangehouden grondopbouw landzijde locatie Bakker op basis van sondering 11 [6]

Bovenkant laag [m+NAP]	Grondsoort
mv	Zand
-5,8	Klei, zwak
-8,9	Zand

3.4 Uitgevoerde analyses

Voor de drie rekensneden zijn dezelfde belastingsituaties beschouwd als bij de eerdere analyse, zie [7], par. 2.8. De volgende aanpassingen zijn gemaakt:

- Voor rekensnede B is een extra analyse uitgevoerd voor het deel met een hogere staalkwaliteit (rekensnede B(S320), meetlocatie DM2). Daarbij is een bovenbelasting aangehouden van 5 kPa tot 0,5 m van de kaderand. Dit betreft een situatie zonder belastingbeperkende maatregel.
- Rekensnede K is getoetst (situaties K6 tot en met K10) met een buitenwaterstand van NAP-2,03 m (LLWS volgens de uitgangspunten uit [7]) en NAP-1,9 m. Uit de resultaten blijkt een significant verschil in doorsnedekrachten.

Een toelichting op de resultaten is opgenomen in hoofdstuk 4.

¹ De gevoeligheid is op een later moment nog onderzocht en de invloed is verwaarloosbaar.

4 Resultaten

Voor alle drie de rekenlocaties zijn opnieuw de berekeningen uitgevoerd met de nieuwste inzichten vanuit de uitgevoerde onderzoeken. Dit hoofdstuk bevat de resultaten op basis van deze nieuwe analyses. De resultaten en de rekenkundige uitwerking van de toetsing op de momentcapaciteit is opgenomen in bijlage B. Er is voor tien jaar geëxtrapoleerd (tot 2033) om inzicht te krijgen in de verwachte levensduur. Extrapolatie verder in de toekomst is niet uitgevoerd omdat het een toetsing betreft van een bestaande constructie en gezien de aanwezige putcorrosie geadviseerd wordt om over tien jaar de staat van de constructie opnieuw te beschouwen.

4.1 Locatie B, Bakenweg

Uit de resultaten in bijlage B volgt dat voor rekensnede B(S240), de sterkte van de damwand (de momentcapaciteit) wordt overschreden met enkele procenten. Gedurende de tijd (zichtjaren 2028 en verder) loopt deze overschrijding verder op. Deze overschrijding treedt op in de zone onder water, met name omdat daar het maximale moment optreedt. De afroesting onder water en in de spatzone verschilt niet veel. De afroesting blijkt iets lager dan voorspeld op basis van theoretische waarden en daarmee is de overschrijding van de momentcapaciteit iets lager dan eerder geschat (1,01 op basis van de huidige gemeten afroesting tegen 1,05 op basis van de theoretische afroesting).

De geotechnische stabiliteit van de kade blijkt in alle gevallen voldoende. Uit de gevoeligheidsanalyses volgt dat een beperkte verlaging van het bodemniveau (tot NAP-3,8 m) niet direct leidt tot een instabiele damwand maar dat de overschrijding van de momentcapaciteit wel toeneemt.

De rekensnede B(S320) is enerzijds minder afgeroest en heeft daarnaast een hogere staalkwaliteit. Om die redenen voldoet dit deel van de kade nog wel bij een reguliere belasting op momentcapaciteit. Ook voor een zichtperiode tot 2033 wordt geen overschrijding verwacht. Rond 2033 dient de veiligheid van deze kade opnieuw beschouwd te worden om een restlevensduur te bepalen.

De ankerstangen zijn niet opnieuw beschouwd omdat geen metingen zijn verricht aan de ankerstangen, de nieuw berekende ankerkrachten niet significant zijn gewijzigd en uit de reeds uitgevoerde analyse blijkt dat deze ruim voldoen.

4.2 Locatie L, loslocatie

Uit de resultaten in bijlage A volgt dat de afroesting voor dit deel significant groter is dan op basis van de theoretische voorspellingen was te verwachten. De afroesting is met name significant groter onder de waterlijn. Een specifieke oorzaak is hiervoor niet direct aan te geven. Mogelijk heeft dit te maken met morsen van overgeslagen goederen waardoor lokaal een agressiever milieu ontstaan is wat tot extra afroesting heeft geleid.

Op basis van de analyses in bijlage B geldt dat de kade momenteel nog juist voldoet bij een waterstand van NAP-1,2 m of hoger. Vanuit de eerdere analyse is eenzelfde conclusie getrokken maar in dat geval was de damwand geotechnisch niet stabiel. Verlaging van de bovenbelasting vermindert de optredende momenten slechts minimaal en biedt daarom geen afdoende remedie om de veiligheid van de damwand op orde te brengen bij lagere waterstanden. Anderzijds geldt dat de damwand onder de huidige omstandigheden waarbij maandelijks waterstanden rond NAP-2 m optreden, geen onaanvaardbare vervormingen of falen laat zien. Dit betekent dat de kade sterker en stabiel is dan uit de analyses volgt.

De ankerstangen zijn niet opnieuw beschouwd omdat geen metingen zijn verricht aan de ankerstangen, de nieuw berekende ankerkrachten niet significant zijn gewijzigd en uit de reeds uitgevoerde analyse blijkt dat deze ruim voldoen (opneembare ankerkracht bedraagt 381 kN/m [7]).

4.3 Locatie K, overslaglocatie Bakker b.v.

Uit de resultaten in bijlage A volgt dat de afroesting voor dit deel ongeveer overeenkomt met de theoretische afroesting (rond het bodemniveau is de afroesting iets groter, rond de spatzone iets kleiner). Verder blijkt dat het puntniveau van de damwanden dieper ligt (geschat op NAP-14 m of dieper).

Op basis van de analyses in bijlage B geldt dat de kade momenteel nog ruim voldoet bij een waterstand van NAP-1,9 m of hoger. Bij een verdere verlaging van de buitenwaterstand naar NAP-2,03 m, het LLWS, neemt het buigend moment in de damwand sterk toe waardoor de momentcapaciteit overschreden wordt. Wordt wat nauwkeuriger gekeken naar de resultaten uit het D-Sheet-Piling model, dan blijkt dat de momentcapaciteit nog juist voldoet bij een buitenwaterstand van NAP-2,03 m in 2028 bij een situatie zonder bovenbelasting.

De geotechnische stabiliteit is in alle gevallen voldoende (gemobiliseerde grondweerstand bedraagt maximaal 65%).

De ankerstangen zijn niet opnieuw beschouwd omdat geen metingen zijn verricht aan de ankerstangen, de nieuw berekende ankerkrachten niet significant zijn gewijzigd en uit de reeds uitgevoerde analyse blijkt dat deze ruim voldoen. Op basis hiervan geldt dat de ankerstangen nog steeds ruim voldoen aan de vereiste veiligheid.

5 Conclusie

In deze memo is ingegaan op de resultaten van de uitgevoerde onderzoeken naar de damwanden in de Julianahaven en de impact hiervan op de eerder uitgevoerde berekeningen t.a.v. de constructieve veiligheid. De onderzoeken betreffen een visuele inspectie [4], diktemetingen van de damwanden [5] en magnetosonderingen om de grondopbouw en de lengte van de damwanden te bepalen [6]. Op grond van de onderzoeksresultaten zijn aanvullende analyses uitgevoerd waarbij rekening is gehouden met de werkelijk gemeten afroesting. Hierbij is ook gekeken naar de geschatte restlevensduur waarbij tot tien jaar in de toekomst is geëxtrapoleerd. Verdere extrapolatie is niet uitgevoerd omdat het een toetsing betreft van een bestaande constructie en gezien de aanwezige putcorrosie geadviseerd wordt om over tien jaar de staat van de constructie opnieuw te beschouwen. Dit alles bij elkaar leidt tot de hieronder opgenomen conclusies.

5.1 Bakenweg (rekensnede B)

Voor de Bakenweg geldt dat er vanwege het verschil in toegepaste staalkwaliteit ook een onderscheid gemaakt wordt in de restlevensduur van de twee delen. Voor het deel waar de staalkwaliteit lager is (S240) geldt dat de berekende momenten de momentcapaciteit net overschrijden (ca. 1%).

Uit de magnetosonderingen volgt dat de damwandlengte groter is dan eerder is verondersteld. De geotechnische stabiliteit voldoet daarom ruim voor beide strekkingen.

De nieuwe analyse geeft een gunstiger beeld dan de eerdere analyse maar er blijft gelden dat de damwand met de staalkwaliteit S240 voor de huidige toepassing niet meer voldoet en dat op korte termijn (binnen 2 jaar) maatregelen moeten worden getroffen. De belastingbeperkende maatregelen dienen voor dit deel in stand gehouden te worden. Daarnaast moet periodiek gecontroleerd worden op het ontstaan van sinkholes.

Voor het deel met de hogere staalkwaliteit geldt dat de constructie voor een zichttermijn van 10 jaar nog voldoet. Op basis van de analyse geldt dat de belastingbeperkende maatregelen voor dit deel van de Bakenweg eventueel kunnen worden opgeheven. Ook hier geldt dat wel periodiek moet worden gecontroleerd op verzakkingen van het straatwerk/sinkholes.

5.2 Loslocatie (rekensnede L)

De staaldiktemetingen geven voor deze locatie een significant grotere afroesting weer dan op basis van de theoretische waarden verwacht is. Dit geldt voornamelijk voor de zone onder de

waterspiegel waar ook de grootste momenten in de damwand optreden. Dit leidt voor deze locatie tot een overschrijding van de momentcapaciteit bij waterstanden lager dan NAP-1,2 m bij het huidige gebruik.

Uit de magnetosonderingen volgt dat de damwandlengte groter is dan eerder is verondersteld. Waar in de eerdere analyse de geotechnische stabiliteit niet voldeed, geldt dat op basis van de nieuwe meetgegevens ruim wordt voldaan.

Vanwege de grote afroesting onder de waterlijn, geldt dat deze damwand rekenkundig niet meer voldoet voor het huidige gebruik. Ondanks dat de sterkte van de damwand rekenkundig niet voldoet, blijkt in de praktijk dat er meer sterkte aanwezig is omdat bij lagere waterstanden geen onacceptabele vervormingen zijn waargenomen. Dit kan o.a. een gevolg zijn van 3D-werking in de hoeken van de kades en spreiding via de in de berekeningen niet in rekening gebrachte betonnen deksloof. Een directe falen van de kade wordt daarom niet verwacht maar gezien de mate van afroesting en overschrijding van de momentcapaciteit is toch aan te bevelen voor deze locatie op korte termijn maatregelen te nemen. Daarnaast moet periodiek gecontroleerd worden op het ontstaan van verzakkingen en sinkholes.

5.3 Overslaglocatie Bakker b.v. (rekensnede K)

De staaldiktemetingen langs de havendam en het bedrijventerrein geven een vergelijkbare afroesting weer als de eerder aangehouden theoretische afroesting. Uit de sonderingen blijkt dat het bedrijventerrein is aangevuld met zand wat een grotere actieve grondbelasting op de damwand geeft. Uit de sonderingen blijkt ook dat de damwandlengte een stuk langer is dan eerder is aangehouden. Op basis van de magnetosonderingen is een damwandplanklengte tot een niveau van NAP-14 m aangehouden. Verwerking van deze onderzoeksgegevens in de analyse resulteert in een gunstiger oordeel dan de eerdere analyse. In de eerdere analyse was de geotechnische stabiliteit onvoldoende bij waterstanden beneden NAP-1,2 m. Vanwege de langere damwandplanken geldt dat de geotechnische sterkte ruim voldoende is maar dat de sterkte van de damwand maatgevend is. De resultaten zijn gevoelig voor de optredende buitenwaterstand. Zo blijkt dat bij een waterstand van NAP-1,9 m de kade tot 2033 rekenkundig voldoet ongeacht de bovenbelasting. Bij een waterstand van NAP-2,03 m (LLWS, deze waterstand treedt slechts enkele keren per jaar op) blijkt dat de momenten significant toenemen en dat de momentcapaciteit niet meer voldoende is. Bij een waterstand van NAP-2,03 m voldoet de kade nog wel zonder bovenbelasting. Gezien de resultaten en het huidige gedrag van de kade, geldt voor dit deel van de kade dat niet direct aanleiding is om op korte termijn maatregelen te nemen.

Omdat eerder wel problemen zijn geconstateerd met uitspoeling, dient ook voor dit stuk kade periodiek gecontroleerd te worden op uitspoeling en hierdoor het ontstaan van sinkholes.

6 Referenties

- [1] Deltares, *Handreiking Faalkansanalyse Macrostabieliteit*, Groene versie, doc.nr. 11200575-016-GEO-0005, versie 03, 3 oktober 2017
- [2] CROW, *Protocol gemiddelde staaldiktebepaling van 6 aangrenzende stalen damwandplanken met ultrasone meting*, 1 juni 2021, definitief
- [3] LievenseCSO, *Maatregelen kades Koningin Julianahaven*, doc.nr. GREK-N-002, revisie 1,, 12 maart 2018
- [4] Van der Straaten geotechniek B.V., *Visuele Inspectie van de Koningin Julianahaven te Yerseke*, project nr. 22.11, 21 november 2022, versie 1.0
- [5] Van der Straaten geotechniek B.V., *Staaldiktemeting van de damwand aan de Koningin Julianahaven te Yerseke*, project nr. 22.11-02, 17 november 2022, versie 1.0
- [6] Van der Straaten geotechniek B.V., *Rapport geotechnisch bodemonderzoek, Lengtebepaling damwand Koningin Julianahaven*, project nr. 22.11-03, 10 januari 2023, versie 1.0
- [7] Waterschap Scheldestromen, *Constructieve veiligheid kades Julianahaven te Yerseke*, 1 november 2022, versie 1

7 Bijlage A Diktemetingen en sterkte- en stijfheidseigenschappen

Deze bijlage bestaat uit een aantal Excelbestanden waarin de uitgevoerde diktemetingen zijn verwerkt. De volgende bestanden maken deel uit van deze bijlage:

- *Meetprotocol-beta-v0.3.3_U_Larsen(DM1)*, meetlocatie DM1 (rekensnede B).
- *Meetprotocol-beta-v0.3.3_Z-profielen_S320(DM2)*, meetlocatie DM2, let op dat in dit bestand ook alle andere metingen van de Z-profielen zijn opgenomen, deze zijn echter niet gebruikt om de afroesting op locatie DM2 te bepalen, zie ook de uitgangspunten in paragraaf 3.2.
- *Meetprotocol-beta-v0.3.3_Z-profielen_S320_Bakenweg(DM4)*, ook hiervoor geldt dat alle metingen van de Z-profielen zijn opgenomen in de sheet, in deze sheet zijn alleen de resultaten van meetlocatie DM4 (rekensnede L) gehanteerd.
- *Meetprotocol-beta-v0.3.3_Z-profielen_S320(DM5,6)*, ook hiervoor geldt dat alle metingen van de Z-profielen zijn opgenomen in de sheet, in deze sheet zijn alleen de resultaten van meetlocatie DM5 en 6 (rekensnede K) gehanteerd.

Op basis van de in de rekensheets uitgevoerde berekeningen volgen de waarden voor de stijfheid (EI) (kolommen 6 tot en met 9) en de momentcapaciteit (kolommen 10 tot en met 12) voor de verschillende zichtjaren en zones. Voor de afroesting is

Tabel 7-1: Aangehouden stijfheids- en sterkte-eigenschappen voor verschillende zichtjaren voor de verschillende locaties

	Zone	Afroesting (mm)			EI (kNm ² /m)			Momentcapaciteit (kNm/m)		
		2023	2028	2033	2023	2028	2033	2023	2028	2033
Locatie B, S240 (DM3)	Lucht	4,00	4,67	5,39	44557	41618	38409	356	333	309
	Spat	2,42	2,66	2,89	51604	50548	49507	410	402	394
	Onder water	2,31	2,49	2,66	52085	51283	50553	414	408	402
Locatie B, S320 (DM2)	Lucht	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Spat	0,99	1,08	1,16	57976	57601	57207	611	608	604
	Onder water	1,35	1,45	1,56	56390	55912	55457	595	591	586
Locatie L (DM4)	Lucht	4,50	5,12	5,81	42353	41507	38759	470	444	416
	Spat	2,15	2,30	2,44	53562	52966	52398	567	561	555
	Onder water	5,44	5,95	6,47	40236	38170	36081	431	410	388
Locatie K (DM5 t/m DM6)	Lucht	2,03	2,18	2,32	54054	53456	52861	572	566	560
	Spat	2,74	2,98	3,21	51174	50194	49259	543	533	523
	Onder water	2,93	3,14	3,35	50394	49524	48699	535	526	518

8 Bijlage B Toetsing damwand

Deze bijlage bevat voor de verschillende locaties de toetsing van de damwand. De verschillende belastingsituaties zijn in de eerdere analyse genummerd. Voor de beschouwde belastingsituaties wordt verwezen naar de volledige analyse zoals opgenomen in [7]. De verschillende belastingsituaties zijn per locatie in één som ingevoerd als 'stages' waarbij steeds een zwaardere belastingcombinatie is aangehouden. Concreet betekent dit dat de laatste 'stages' in principe resulteren in de grootste belasting en snedekrachten. De hier uitgevoerde toetsing is alleen gericht op de sterkte van de damwand en de ankerstang. De sterkte van de gordingen, deksloof en de houdkracht van de ankers is niet getoetst. De verwachting is dat de sterkte van de damwand maatgevend is omdat deze het meest onderhevig is aan degradatie (corrosie). De andere onderdelen zijn daarom niet maatgevend.

8.1 Rekensnede B (Bakenweg)

In Tabel 8-1 zijn de resultaten van de maatgevende belastingsituaties opgenomen voor het noordelijke deel van de Bakenweg. Voor belastingsituatie B3 is een bodemniveau aangehouden van NAP-3,8 m, B4 heeft een bodemniveau van NAP-4,0 m. Uit de resultaten volgt:

- Voor alle belastingsituaties geldt dat voldoende geotechnische weerstand aanwezig is.
- Uit Tabel 8-3 en Tabel 8-2 blijkt dat bij belastingsituatie B3 (bodemniveau op NAP-3,8 m) de momentcapaciteit net overschreden wordt. Bij een lager bodemniveau (belastingssituatie B4) wordt de overschrijding uiteraard groter. Verder neemt de overschrijding toe verder in de toekomst.
- Aan de ankerstangen zijn geen diktemetingen uitgevoerd om de afroesting te bepalen. Uit de voorgaande analyse blijkt dat de capaciteit van de ankerstang ruim voldoet, de opneembare ankerkracht op basis de theoretische afroesting bedraagt 381 kN/m, dit is ruim meer dan de verwachte ankerkrachten op basis van de hier uitgevoerde analyses. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de ankerstangen voldoen.

Tabel 8-1: Maatgevende resultaten voor de Bakenweg (noordelijke deel, DM3, S240)

Zichtjaar	Analyse	Max. moment spatzone [kNm]	Max. moment onder waterlijn [kNm]	Fanker [kN/m]	% gemobiliseerde grondweerstand
2023	B3	388 (Stap 6.3)	420 (Stap 6.3)	233 (Stap 6.4)	67 (Stap 6.4)
	B4	426 (Stap 6.3)	471 (Stap 6.3)	258 (Stap 6.4)	73 (Stap 6.4)
2028	B3	387 (Stap 6.3)	419 (Stap 6.3)	234 (Stap 6.4)	67 (Stap 6.4)
	B4	425 (Stap 6.3)	470 (Stap 6.3)	258 (Stap 6.4)	73 (Stap 6.4)
2033	B3	387 (Stap 6.3)	418 (Stap 6.3)	235 (Stap 6.4)	67 (Stap 6.4)
	B4	425 (Stap 6.3)	469 (Stap 6.3)	259 (Stap 6.4)	73 (Stap 6.4)

Tabel 8-2: Toetsing momentcapaciteit belastingsituatie B3 (bodemniveau NAP-3,8 m, noordelijke deel, DM3)

Zichtjaar	Zone	Max. opneembaar moment [kNm/m]	Optredend moment [kNm/m]	UC
2023	Spatzone (tot NAP-2 m)	410	388	0,95
	Onder water (beneden NAP-2 m)	414	420	1,01
2028	Spatzone (tot NAP-2 m)	402	387	0,96
	Onder water (beneden NAP-2 m)	408	419	1,03
2033	Spatzone (tot NAP-2 m)	394	387	0,98
	Onder water (beneden NAP-2 m)	402	418	1,04

Tabel 8-3: Toetsing momentcapaciteit belastingsituatie B4 (bodemniveau NAP-4,0 m, noordelijke deel, DM3)

Zichtjaar	Zone	Max. opneembaar moment [kNm/m]	Optredend moment [kNm/m]	UC
2023	Spatzone (tot NAP-2 m)	410	426	1,04
	Onder water (beneden NAP-2 m)	414	471	1,14
2028	Spatzone (tot NAP-2 m)	402	425	1,06
	Onder water (beneden NAP-2 m)	408	470	1,15
2033	Spatzone (tot NAP-2 m)	394	425	1,08
	Onder water (beneden NAP-2 m)	402	469	1,17

In Tabel 8-4 zijn de resultaten van de maatgevende belastingsituaties opgenomen voor het zuidelijke deel van de Bakenweg. Tabel 8-5 geeft de toetsing van de momentcapaciteit van de damwand. Voor deze locatie is een reguliere bovenbelasting (5 kPa) tot aan de rand van de kade aangehouden. Voor dit deel is alleen de toetsing uitgevoerd voor een zichttermijn van 10 jaar. Uit de resultaten volgt:

- Voor alle belastingsituaties geldt dat voldoende geotechnische weerstand aanwezig is.
- Uit Tabel 8-5 blijkt dat de momentcapaciteit voor alle beschouwde configuraties voor dit deel van de damwand voldoet. De momentcapaciteit is ruim groter dan de optredende snedekracht.
- Aan de ankerstangen zijn geen diktemetingen uitgevoerd om de afroesting te bepalen. Uit de voorgaande analyse blijkt dat de capaciteit van de ankerstang ruim voldoet, de opneembare ankerkracht op basis de theoretische afroesting bedraagt 381 kN/m, dit is ruim meer dan de verwachte ankerkrachten op basis van de hier uitgevoerde analyses. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de ankerstangen voldoen.

Tabel 8-4: Maatgevende resultaten voor de Bakenweg (zuidelijke deel, DM2, S320)

Zichtjaar	Analyse	Max. moment spatzone [kNm]	Max. moment onder waterlijn [kNm]	Fanker [kN/m]	% gemobiliseerde grondweerstand
2033	B3	394 (Stap 6.3)	428 (Stap 6.3)	242 (Stap 6.4)	67 (Stap 6.4)
	B4	431 (Stap 6.3)	479 (Stap 6.3)	269 (Stap 6.4)	73 (Stap 6.4)

Tabel 8-5: Toetsing momentcapaciteit belastingsituatie B3 (bodemniveau NAP-3,8 m) en B4 (bodemniveau NAP-4,0 m), zuidelijke deel (DM2)

Zichtjaar	Zone	Max. opneembaar moment [kNm/m]	Optredend moment [kNm/m]	UC
2033 (B3)	Spatzone (tot NAP-2 m)	604	394	0,65
	Onder water (beneden NAP-2 m)	586	428	0,73
2033 (B4)	Spatzone (tot NAP-2 m)	604	431	0,71
	Onder water (beneden NAP-2 m)	586	479	0,82

8.2 Rekensnede L (loslocatie)

In Tabel 8-6 zijn de resultaten van de beschouwde belastingsituaties opgenomen voor de loslocatie (rekensnede L). De beschouwde belastingsituatie die nog juist voldoet is een situatie waarbij de waterstand niet lager is dan NAP-1,2 m. Tabel 8-7 geeft de toetsing van de momentcapaciteit van de damwand. Bij deze toetsing is geen rekening gehouden met 2^e-orde effecten als gevolg van een normaalkracht door op de damwand rustende vrachtwagens. In de eerdere analyse is gebleken dat de optredende normaalkracht niet significant bijdraagt aan de snedekrachten ($N_{Ed} < 0,04 * N_{cr}$, zie [7]). Uit de resultaten volgt:

- Voor alle belastingsituaties geldt dat voldoende geotechnische weerstand aanwezig is.
- Uit Tabel 8-7 blijkt dat de momentcapaciteit voor de beschouwde belastingsituatie bij een zichttermijn van 1 jaar nog juist voldoet (UC's zijn nog juist kleiner dan 1,00 op bodemniveau). Concreet betekent dit dat bij lagere buitenwaterstanden en hogere belastingen de damwand niet meer voldoet aan de gestelde eisen. Ook voor een langere zichttermijn wordt de momentcapaciteit overschreden.
- Aan de ankerstangen zijn geen diktemetingen uitgevoerd om de afroesting te bepalen. Uit de voorgaande analyse blijkt dat de capaciteit van de ankerstang ruim voldoet, de opneembare ankerkracht op basis de theoretische afroesting bedraagt 381 kN/m, dit is ruim meer dan de verwachte ankerkrachten op basis van de hier uitgevoerde analyses. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de ankerstangen voldoen.

Tabel 8-6: Maatgevende resultaten voor de loslocatie (rekensnede L)

Zichtjaar	Analyse	Max. moment spatzone [kNm]	Max. moment onder waterlijn [kNm]	Fanker [kN/m]	% gemobiliseerde grondweerstand
2023	L6	394 (stap 6.3)	425 (stap 6.3)	266 (stap 6.4)	49 (stap 6.4)
2028	L6	393 (stap 6.3)	424 (stap 6.3)	269 (stap 6.4)	49 (stap 6.4)
2033	L6	391 (stap 6.3)	423 (stap 6.3)	271 (stap 6.4)	50 (stap 6.4)

Tabel 8-7: Toetsing momentcapaciteit belastingsituatie L6, loslocatie, let op: Dit zijn resultaten bij een buitenwaterstand van NAP-1,2 m, bij lagere waterstanden nemen de UC's toe en wordt de momentcapaciteit overschreden

Zichtjaar	Zone	Max. opneembaar moment [kNm/m]	Optredend moment [kNm/m]	UC
2023	Spatzone (tot NAP-2 m)	567	394	0,69
	Onder water (beneden NAP-2 m)	431	425	0,99
2028	Spatzone (tot NAP-2 m)	561	393	0,70
	Onder water (beneden NAP-2 m)	410	424	1,03
2033	Spatzone (tot NAP-2 m)	555	391	0,70
	Onder water (beneden NAP-2 m)	388	423	1,09

8.3 Rekensnede K (overslaglocatie Bakker b.v.)

In Tabel 8-8 zijn de resultaten van de beschouwde belastingsituaties opgenomen voor de overslaglocatie bij Bakker b.v. (rekensnede K) voor een waterstand van NAP-1,9 m. Tabel 8-9 geeft de toetsing van de momentcapaciteit van de damwand. Bij deze toetsing is geen rekening gehouden met 2^e-orde effecten als gevolg van een normaalkracht door op de damwand rustende vrachtwagens. In de eerdere analyse is gebleken dat de optredende normaalkracht niet significant bijdraagt aan de snedekrachten, met name de momenten in de damwand ($N_{Ed} < 0,04 * N_{cr}$, zie [7]). Uit de resultaten volgt:

- Voor alle belastingsituaties geldt dat voldoende geotechnische weerstand aanwezig is.
- Uit Tabel 8-9 blijkt dat de momentcapaciteit voor alle beschouwde belastingsituaties en zichtjaren voldoen.
- Aan de ankerstangen zijn geen diktemetingen uitgevoerd om de afroesting te bepalen. Uit de voorgaande analyse blijkt dat de capaciteit van de ankerstang ruim voldoet, de opneembare ankerkracht op basis de theoretische afroesting bedraagt 381 kN/m, dit is ruim meer dan de verwachte ankerkrachten op basis van de hier uitgevoerde analyses. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de ankerstangen voldoen.

Tabel 8-8: Maatgevende resultaten voor de overslaglocatie Bakker b.v. (rekensnede K)

Zichtjaar	Analyse	Max. moment spatzone [kNm]	Max. moment onder waterlijn [kNm]	Fanker [kN/m]	% gemobiliseerde grondweerstand
2023	K8	411 (Stap 6.3)	485 (Stap 6.3)	265 (Stap 6.4)	59 (Stap 6.4)
	K10	405 (Stap 6.3)	479 (Stap 6.3)	280 (Stap 6.3)	59 (Stap 6.4)
2028	K8	410 (Stap 6.3)	484 (Stap 6.3)	266 (Stap 6.4)	59 (Stap 6.4)
	K10	405 (Stap 6.3)	479 (Stap 6.3)	280 (Stap 6.3)	59 (Stap 6.4)
2033	K8	409 (Stap 6.3)	483 (Stap 6.3)	266 (Stap 6.4)	59 (Stap 6.4)
	K10	404 (Stap 6.3)	478 (Stap 6.3)	281 (Stap 6.3)	59 (Stap 6.4)

Tabel 8-9: Toetsing momentcapaciteit belastingsituatie K8, overslaglocatie Bakker b.v.

Zichtjaar	Zone	Max. opneembaar moment [kNm/m]	Optredend moment [kNm/m]	UC
2023	Spatzone (tot NAP-2 m)	543	411	0,76
	Onder water (beneden NAP-2 m)	535	485	0,91
2028	Spatzone (tot NAP-2 m)	533	410	0,77
	Onder water (beneden NAP-2 m)	526	484	0,92
2033	Spatzone (tot NAP-2 m)	523	409	0,78
	Onder water (beneden NAP-2 m)	518	483	0,93