

HWBP Den Helder

Faalmechanismen bekledingen



Resultaten nadere analyse Havendijk CONCEPT

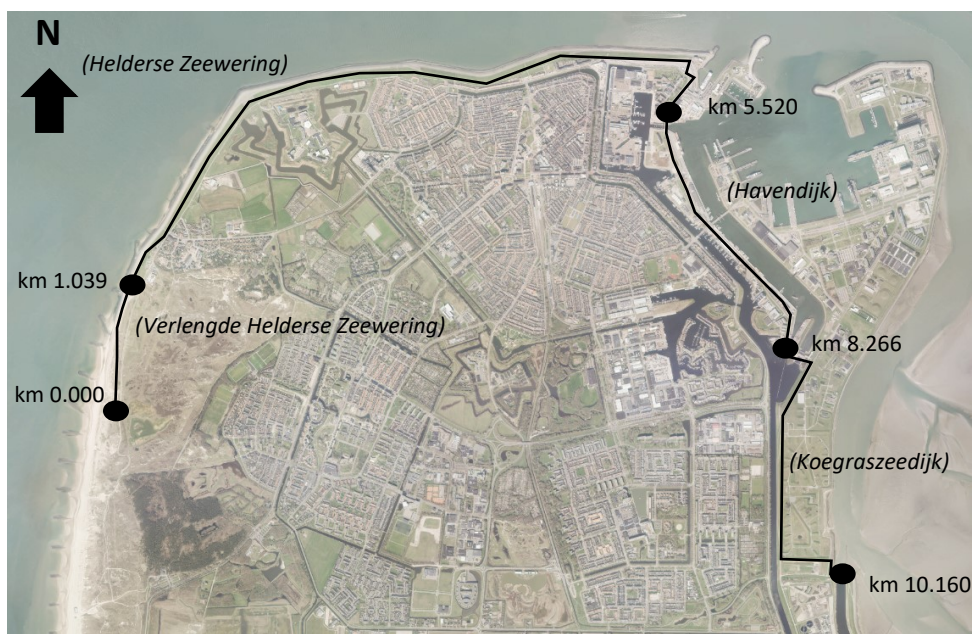
Datum
17 augustus 2023

Registratienummer
23.0947046

Opsteller
R. Mom

1 Inleiding

In het kader van de eerste Landelijke Beoordelingsronde Overstromingskans van primaire waterkeringen (LBO-1) heeft de beoordeling plaatsgevonden van normtraject 13-4 bestaande uit: de (Verlengde) Helderse Zeewering, de Havendijk en de Koegraszeedijk (zie *Figuur 1*). Hiervoor heeft het ILT de conformiteitsverklaring afgegeven. Uit de beoordeling volgt dat het traject in veiligheidscategorie C valt [1]. Omdat de waterkering niet voldoet aan de ondergrens dient deze op termijn versterkt te worden.



Figuur 1: Overzichtskartaal van normtraject 13-4

De versterking van dijktraject 13-4 wordt opgepakt binnen het project Dijkversterking Den Helder. Binnen dit project worden twee deeltrajecten beschouwd: Helderse Zeewering en Havendijk. Voor beide trajecten is een nadere veiligheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij is voor de vakken waar op doorsnedeniveau versterking noodzakelijk is nagegaan of er tot 2073 (zichtjaar voor de analyse) nog extra opgaven zijn te verwachten.

In deze memo worden voor deeltraject Havendijk de bevindingen van de uitgevoerde analyse voor de faalmechanismen met betrekking tot bekledingen gepresenteerd.



Datum
17 augustus 2023

2 Uitgangspunten

In dit Hoofdstuk wordt ingegaan op de uitgangspunten die voor de nadere analyse zijn gehanteerd. Hierbij wordt onderscheidt gemaakt tussen algemene uitgangspunten en uitgangspunten met betrekking tot de belasting en sterkte.

2.1 Algemene uitgangspunten

In deze paragraaf zijn de voor de nadere analyse gehanteerde uitgangspunten toegelicht.

Zichtjaar 2073

De analyse is uitgevoerd voor een planperiode van 50 jaar ten opzichte van 2023. Dit betekent dat er voor 2073 rekening is gehouden met veranderingen in de belastingen en sterkte van de waterkering ten opzichte van 2023.

Scope

Uit de beoordeling in het kader van LBO-1 is gebleken dat voor gedeelten van deeltraject Havendijk de score voor de faalmechanismen *Macrostabieliteit binnenwaarts* STBI, *Macrostabieliteit buitenwaarts* STBU, *Piping en heave* STPH en/of *Stabiliteit steenzetting* ZST onvoldoende is. Het betreft de in *Tabel 1* weergegeven secties. In deze tabel zijn ook de namen van de vakken zoals gehanteerd bij de beoordeling voor de faalmechanismen met betrekking tot bekledingen én de aanwezige bekledingen opgenomen.

Tabel 1 Te versterken secties

Sectie	Vakken LBO-1	Aanwezige bekleding
Paleiskade	13-4_D86_03	asfaltbekleding buitentalud weg (asfalt) op kruin grasbekleding binnentalud
Visafslag I, II en III	13-4_D86_07	vloeistofdichte vloer kade grasbekleding buitentalud, kruin en binnentalud (boventalud) weg (asfalt) op binnenberm grasbekleding binnentalud (ondertalud)
Nieuwe Diep I	13-4_D86_11 13-4_D86_12 13-4_D86_13	steenzetting (klinkers) kade steenzetting ((ingegoten) basalt) buitentalud weg (asfalt) op kruin
Nieuwe Diep II	13-4_D86_14	steenzetting (klinkers) binnentalud
Het Nieuwe Werk	13-4_D86_15	steenzetting (klinkers) kade steenzetting ((ingegoten) basalt) buitentalud weg (asfalt) op kruin grasbekleding binnentalud

Naar aanleiding van de aanbevelingen uit de ingangstoets is voor de secties Paleiskade en Visafslag (I, II en III) gekeken of voor de faalmechanismen STBU en STBI het oordeel van LBO-1 aangescherpt kon worden. Tijdens een expertsessie is op basis van een faalpadanalyse voor de sectie Paleiskade ingeschat dat het faalmechanisme STBU aangescherpte kan worden en een voldoende score [2]. Dit betekent dat de overige bij LBO-1 beschouwde faalmechanismen voor sectie Paleiskade **niet** beschouwd hoeven te worden. Voor de sectie Visafslag (I, II en III) kon het oordeel voor het faalmechanisme STBI niet aangescherpt worden: de score voor faalmechanisme STBI blijft



Datum
17 augustus 2023

onvoldoende [3]. De overige bij LBO-1 beschouwde faalmechanismen voor sectie Visafslag (I, II en III) dienen dus nog **wel** beschouwd te worden.

Voor secties Nieuwe Diep (I en II) en Nieuwe Werk geldt dat de op de kade aanwezige klinkers onder maatgevende omstandigheden niet stabiel zijn. Hierdoor kan er ter hoogte van de teen van het buitentalud een ontgrondingskuil ontstaan. Omdat deze ontgrondingskuil kan resulteren in instabiliteit van de teen en bekleding op het talud scoort het faalmechanisme ZST een onvoldoende. daarmee de stabiliteit van de ingegoten basalt en dus de waterveiligheidsfunctie van de kering. Daarnaast geldt voor secties Nieuwe Diep (I, II en III) dat de faalmechanismen STBU en STPH een onvoldoende scoren. In combinatie met de beoogde meekoppelkansen (naar buiten plaatsen kade en vervangen talud door een verticale wand) zal versterkingen van deze sectie een (positief) effect hebben ten aanzien van bijvoorbeeld de hoogte van de dijk. Voor secties Nieuwe Diep (I, II en III) en Nieuwe Werk hoeven de overige bij LBO-1 beschouwde faalmechanismen daarom **niet** beschouwd te worden.

Gelet op bovenstaande is alleen voor de aanwezige bekledingen van sectie Visafslag (I, II en III) een analyse van de belasting en sterkte uitgevoerd voor zichtjaar 2073.

Aanpak

Om voor het zichtjaar 2073 een analyse van de belasting en sterkte uit te voeren wordt voor de verschillende te beschouwen faalmechanismen dezelfde aanpak als voor LBO-1 gevolgd. Omdat bij sectie Visafslag (I, II en III) alleen een grasbekleding op het buitentalud en binnentalud aanwezig is zijn alleen de volgende faalmechanismen beschouwd:

- Grasbekleding buitentalud
 - o *Grasbekleding afschuiven buitentalud* (GABU); en
 - o *Grasbekleding erosie buitentalud* (GEBU).
- Grasbekleding kruin en binnentalud
 - o *Grasbekleding erosie kruin en binnentalud* (GEKB); en
 - o *Grasbekleding afschuiven binnentalud* (GABI).

Daarnaast is ook de stabiliteit van de op de kade aanwezige vloeistofdichte vloer beoordeeld.

Geometrie

Bij de analyse voor het zichtjaar 2073 wordt aangenomen dat de geometrie van de dijk niet wijzigt. Dit betekent dat bij de nadere analyse:

- dezelfde voor de verschillende vakken geschematiseerde representatieve profielen (inclusief dijknormaal) als bij LBO-1 gebruikt kunnen worden; en
- de niveau van de aanwezige bekledingen gelijk is aan de voor LBO-1 uitgevoerde analyses.

Software

Voor de analyse van de belasting en sterkte van de verschillende bekledingen wordt gebruik gemaakt van de volgende software:

- Grasbekleding (GEBU): *BM – Gras Buitentalud* (v21.1.1);
- Grasbekleding (GEKB): *Hydra-NL* (v2.8.2) en *Riskeer* (v23.1.1.1); en
- Grasbekleding (GABI): *Hydra-NL* (v2.8.2).

2.2 Belasting

In deze paragraaf zijn de voor de analyse gehanteerde uitgangspunten met betrekking tot de belasting toegelicht.



Datum
17 augustus 2023

HB-database

Voor het bepalen van de hydraulische belastingen in 2073 wordt gebruik gemaakt van de volgende HB-database: WBI2017_Waddenzee_West_13-4_v03. Deze HB-database is ook gebruikt bij de voor de LBO-1 uitgevoerde analyses en voor de haven aangevuld met een aantal extra uitvoerpunten. Merk op dat inmiddels een nieuwe HB-database beschikbaar is (WBI2017_Waddenzee_West_13-4_v04). Hierin zijn enkele correcties doorgevoerd. Omdat de belasting voor de uitvoerpunten in de haven dusdanig conservatief zijn wordt verwacht dat deze doorgevoerde correcties niet tot significant andere belastingen zullen leiden.

HB-uitvoerpunten

Bij de nadere analyse voor het zichtjaar 2073 worden aan de vakken dezelfde HB-uitvoerpunten als bij de analyse voor LBO-1 gekoppeld. Voor de sectie Visafslag (I, II en III) is dit WZ_1_13-4_ha_00012.

Software

Voor de faalmechanismen GABU en GEBU wordt bij het bepalen van de hydraulische belasting in 2073 gebruik gemaakt van de software Hydra-NL (v2.8.2) in de 'Testmodus'.

Waterstand

Voor de faalmechanismen GABU en GEBU wordt met Hydra-NL de waterstand in 2073 bepaald. Hierbij wordt conform klimaatscenario KNMI2006 W+ rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 48 cm @.

Voor het faalmechanisme GEBU wordt de waterstand berekend bij een overschrijdingsfrequentie getalsmatig gelijk aan de maximale overstromingskans voor dijktraject 13-4 ($=1/1.000$ jaar). De te beschouwen overschrijdingsfrequentie voor het faalmechanisme GEBU is getalsmatig gelijk aan de maximale overstromingskans op doorsnedeniveau. Gelet op de faalkansruimtefactor ω ($=0,05$) en de lengte-effectfactor N_{dsn} voor dijktraject 13-4 ($=3,0$) is deze overschrijdingsfrequentie $1/60.000$ jaar. NB Conform bijlage A van [4] is de N_{dsn} voor dijktraject 13-4 gelijk aan 1,0. Deze waarde wijkt af van de voor LBO-1 gebruikte waarde. In 2019 is hierover door het HHNK een vraag aan de Helpdesk Water gesteld (vraag 19 09 0418). Conform het antwoord van de Helpdesk Water kan bij twijfel over de voor WBI en OI gemaakte keuzes ten aanzien van de voorgestelde lengte-effectfactoren de lengte-effectfactor zelf worden afgeleid. Voor de analyse is daarom vastgehouden aan een N_{dsn} van 3,0 (dit leidt tot een kleinere overschrijdingsfrequentie en daarmee hogere waterstand/zwaardere golfcondities).

Significante golfhoogte

Voor het faalmechanisme GABU wordt met Hydra-NL de significante golfhoogte in 2073 bepaald. Bij het bepalen van de significante golfhoogte wordt conform klimaatscenario KNMI2006 W+ rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 48 cm. De significante golfhoogte worden berekend bij een overschrijdingsfrequentie van $1/1.000$ per jaar.

Golfcondities per waterstandsniveau

Voor het faalmechanisme GEBU worden met Hydra-NL de golfcondities (significante golfhoogte, piekperiode (en golfrichting)) per waterstandsniveau in 2073 bepaald. Bij het bepalen van de golfcondities wordt conform klimaatscenario KNMI2006 W+ rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 48 cm. De golfcondities worden berekend bij een overschrijdingsfrequentie van $1/60.000$ per jaar.

Getijamplitude



Datum
17 augustus 2023

Aangenomen wordt dat de getijamplitude GGA in 2073 niet wijzigt ten opzichte van de voor LBO-1 gebruikte waarde (0,695 m). Voor de gemiddelde buitenwaterstand GWS wordt aangenomen dat deze in 2073 met 48 cm stijgt tot NAP +0,365 m.

Belastingtype

Voor het faalmechanisme GEBU wordt, zoals bij de analyse voor LBO-1, gebruik gemaakt van een synthetische storm. Dit is een benadering van het werkelijke verloop van de belasting tijdens een storm. Hierbij wordt een standaard verloop van de waterstand beschouwd en worden de per waterstand afgeleide golfcondities aan dit verloop gekoppeld. Omdat de golfcondities eigenlijk niet bij dit waterstandsverloop horen wordt gesproken over een synthetische, niet natuurlijke, storm.

Waterstandsverloop

Voor het faalmechanisme GEBU wordt het waterstandsverloop op dezelfde wijze geconstrueerd als het standaard waterstandsverloop dat door de software voor het faalmechanisme AGK (BM – Asfalt Golfklap v17.1.1) wordt gebruikt. Het getijverloop wordt hierbij beschreven met een cosinusfunctie en is afhankelijk van GGA , T_{storm} (45 uur), getijperiode T_{tij} (12,4 uur) en GWS . Het verloop wordt op het opzetverloop gesuperponeerd. Het hoogwater van het getij valt hierbij samen met het tijdstip halverwege de storm en wel zodanig dat de maximale opzet inclusief getijamplitude GGA overeenkomt met de voor de analyse te gebruiken waterstand.

2.3 Sterkte

In deze paragraaf zijn de voor de analyse gehanteerde uitgangspunten met betrekking tot de sterkte toegelicht.

Eigenschappen bekleding

Voor de verschillende voor de bekledingen gebruikte eigenschappen wordt verwezen naar de resultaten per sectie.

Schadebeelden

Bij de analyse wordt ervan uitgegaan dat er geen schadebeelden (bijvoorbeeld graverij) aanwezig zijn.

3 Resultaten sectie Visafslag (I, II en III)

Behalve de stabiliteit van de vloeistofdichte vloer op de kade zijn voor sectie Visafslag (I, II en III) de volgende faalmechanismen beschouwd: GEBU, GABU, GEKB en GABI.

NB De weg op de kruin wordt niet beschouwd omdat deze bij extreme omstandigheden niet wordt belast door golfklappen en er bij een val van de buitenwaterstand geen opdrukken kan optreden.

Stabiliteit vloeistofdichte vloer

In LBO-1 is geconcludeerd dat golfklappen niet maatgevend zijn en opdrukken alleen kan plaatsvinden als er een goed werkende fijnmazig drainagesysteem onder vloer zit die uitmondt aan de havenzijde. Ballast-Nedam, die de vloer heeft aangelegd en het beheer en onderhoud van de vloer uitvoert, geeft aan dat er geen fijnmazig drainage systeem aanwezig is: opdrukken kan dus niet plaatsvinden. Een hogere waterstand (en golfhoogte) in 2073 zal dus niet van invloed zijn op dit oordeel en ook in 2073 zal de faalkans voor dit faalmechanisme verwaarloosbaar zijn. Het oordeel valt daarmee in categorie Iv (er wordt ruim voldaan aan de ondergrens).

faalmechanisme

GABU



Datum
17 augustus 2023

Wanneer ervan uit wordt gegaan dat het niveau van de onderzijde van de grasbekleding niet verandert, zal de grasbekleding ook in 2073 beneden de voor de analyse te gebruiken maatgevende waterstand liggen. Op basis van marginale statistiek wordt bij een overschrijdingsfrequentie van 1/1.000 jaar een significante golfhoogte van circa 1,3 m gevonden. Deze golfhoogte is groter dan de aanwezige kleilaagdikte (0,7 m). Wanneer voor deze overschrijdingsfrequentie echter met Hydra-NL golfcondities voor het type "Afschuiven bekleding (ondergrond klei)" worden bepaald, dan is de maximale golfhoogte kleiner dan de kleilaagdikte en kan op basis van de eenvoudige rekenregel worden gesteld dat in 2073 de faalkans voor het faalmechanisme GABU op doorsnedeniveau verwaarloosbaar is. Het oordeel valt daarmee in categorie Iv.

GEBU

Wanneer ervan uit wordt gegaan dat het niveau van de onderzijde van de grasbekleding niet verandert, ligt bij een waterstand met een overschrijdingsfrequentie van 1/60.000 jaar de grasbekleding in de golfklapzone. Om na te gaan of voor golfcondities in 2073 de grasbekleding voldoende weerstand tegen golfklappen kan bieden zijn met BM – Gras Buitentalud golfklapberekening in de modus "Test / Expert" (bij deze berekeningen wordt dan de invloed van schuin invallende golven meegenomen) uitgevoerd. Voor deze golfklapberekeningen is gebruik gemaakt van de bij LBO-1 gebruikte rekenbestanden (aangenomen wordt dus dat de geometrie de komende 50 jaar niet zal veranderen). Voor deze berekening zijn feitelijk dus alleen de golfcondities en het waterstandsverloop gewijzigd. Merk op dat met Hydra-NL de golfcondities voor het type "Grasmat golfklapzone (invloed golfinvalshoek, voor ToM)" zijn bepaald.

De berekening laat zien dat in geval van een open zode de faalfractie kleiner is dan 1,0 (de veiligheidsfactor is dan groter dan 1,0). In geval van een gesloten zode is de veiligheidsfactor ruim groter dan 1,0. Voor het faalmechanisme GEBU valt het oordeel op doorsnedeniveau in geval van open (en gesloten) zode in 2073 dus minimaal in categorie IIIv en wordt voldaan aan de ondergrens.

GEKB

Voor het toetsspoor GEKB is nagegaan wat de overschrijdingsfrequentie van een overslagdebiet van 0,1 l/s per m is. Hierbij is hetzelfde profiel als voor LBO-1 (13-4_0408) gebruikt (aangenomen wordt dus dat de geometrie de komende 50 jaar niet zal veranderen). Uit de berekening met *Hydra-NL* volgt dat de overschrijdingsfrequentie (1/637 per jaar) groter is dan de overschrijdingsfrequentie getalsmatig gelijk aan de maximale overstromingskans op doorsnedeniveau voor het faalmechanisme GEKB (1/12.500 per jaar). Het overslagdebiet bij de maximale overstromingskans op doorsnedeniveau is circa 26 l/s per m. Om na te gaan of de grasbekleding op het binnentalud de belasting kan weerstaan is met *Riskeer* een faalkansberekening gemaakt. Voor de kansverdeling van het kritieke overslagdebiet van een open zode wordt in 2100 een faalkans van 1/@ jaar gevonden. Deze faalkans is kleiner dan faalkanseis. Voor het faalmechanisme GEKB valt het oordeel in geval van een open zode dus minimaal in categorie @ en wordt @.

GABI

De voor het toetsspoor GEKB berekende overschrijdingsfrequentie van een overslagdebiet van 0,1 l/s per m is 1/637 jaar. Deze frequentie is groter dan de overschrijdingsfrequentie getalsmatig gelijk aan de maximale overstromingskans (1/1.000 per jaar). Bij een overslagdebiet van 1 l/s per m is de overschrijdingsfrequentie kleiner dan de maximale overstromingskans. Dit betekent dat het overslagdebiet kleiner is dan 1 l/s per m. Gelet op de beperkte hoeveelheid overslag mag worden verwacht dat de faalkans voor het faalmechanisme verwaarloosbaar is. Het oordeel valt daarmee in categorie Iv.



Datum
17 augustus 2023

4 Conclusie

In *Tabel 2* zijn de resultaten van de voor sectie Visafafslag (I, II en III) uitgevoerde nadere analyse weergegeven.

Tabel 2 Oordelen sectie Visafslag (I, II en III) op doorsnedeniveau voor verschillende faalmechanismen

Faalmechanisme	Categorie oordeel sectie
Stabiliteit vloeistofdichte vloer	Iv
ZST	NVT
AGK	NVT
AWO	NVT
GEBU	IIIv
GABU	Iv
GEKB	@
GABI	Iv

Uit de uitgevoerde analyses volgt dat de aanwezige bekledingen tot 2073 als stabiel beschouwd kunnen worden. Het oordeel voor de beschouwde secties valt op doorsnedeniveau minimaal in categorie IIIv. Daarmee wordt voldaan aan de ondergrens.

Versie	Datum	Auteur(s)	Review
1.0	31 juli 2023	R. Mom	R. Bakker
1.1	1 augustus 2023	R. Mom	R. Bakker
1.2	17 augustus 2023	R. Mom	@

5 Referenties

- [1] HHNK, „WBI Beoordeling Normtraject 13-4 - De (Verlengde) Helderse Zeewering, Havendijk en Koegraszeedijk,” 2021.
- [2] HHNK, „Havendijk - Macrostabiliteit buitenwaarts (STBI),” 2023.
- [3] HHNK, „Havendijk - Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI),” 2023.
- [4] RWS-WVL, „Handreiking ontwerpen met overstromingskansen. OI2014v4,” 2017.