



RAPPORTAGE WETTELIJKE BEOORDELING WATERVEILIGHEID DIJKTRAJECT 6-6 IKV LBO-2

Vastgesteld door het Dagelijks Bestuur op 5 mei 2026



Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Beschrijving dijktraject	5
2.1	Ontstaan en ontwikkelingen	5
2.2	Fysieke kenmerken van de waterkering	5
2.2.1	Algemene kenmerken	5
2.2.2	Noordelijke zeedijk en Emmapolderdijk	6
2.2.3	Oostpolderdijk	7
2.2.4	Eemshavencomplex	8
2.3	Kunstwerken	9
2.4	Leidingen en Niet Waterkerende Objecten	9
3	Uitgangspunten	10
3.1	Basis	10
3.2	Hydraulische belastingen	10
3.3	Software	11
3.4	Bodemdaling	11
4	Relevante faalmechanismen	12
4.1	Voorselectie van mechanismen	12
4.1.1	Initiële mechanismen	12
4.2	Selectie relevante mechanismen	13
5	Resultaten analyse	15
5.1	Asfalt (AGK, ASP & AWO)	15
5.2	Erosie grasbekledingen (GEBU & GEKB)	17
5.3	Steenzettingen (ZST)	19
5.4	Piping (STPH)	22
5.5	Geotechnische stabiliteit	22
5.5.1	Grootschalige glijvlakken (STBI, STBU)	22
5.5.2	Opdrukken en afschuiven klein glijvlak (GABI)	23
5.5.3	Uitspoelen (STMI)	24
5.5.4	Afschuiven grasbekleding buitentalud (GABU)	24
5.6	Oostpolderdijk	26
5.7	Kunstwerken	26
5.8	Niet waterkerende objecten	27
6	Veiligheidsoordeel	29
6.1	Assemblage	29
6.2	Duiding	30

7	Kwaliteitsborging, werkatelier & Handelingsperspectief	31
7.1	Kwaliteitsdimensies	31
7.1.1	Kader	31
7.1.2	Kwaliteitsborging in de voorbereidingsfase	32
7.1.3	Kwaliteitsborging in de uitvoeringsfase	32
7.1.4	Kwaliteitsborging in de rapportagefase	33
7.2	Werkatelier	33
7.2.1	Startoverleg	33
7.2.2	Specialistengesprek	34
7.3	Handelingsperspectief	34
8	Referenties	35

1 INLEIDING

Waterschap Noorderzijlvest heeft recent (2022) de waterveiligheidsbeoordeling (LBO-1) van dijktraject 6-6 afgerond [3]. Hier is toen een categorie C waterveiligheidsoordeel op trajectniveau bepaald. Voor de asfaltbekleding is toen beoordeeld dat deze theoretisch voldoet aan de technische vereisten. Het asfalt is aangelegd in rond 1980, en is daarmee zo'n 40 tot 50 jaar oud. Uit oogpunt van de zorgplicht is daarom naderhand een restlevensduuranalyse van de asfaltbekleding uitgevoerd. Hieruit bleek dat in meerdere dijkvakken de asfaltbekleding vanuit het oogpunt van waterveiligheid niet voldoet aan de eisen [1]. Indien deze kennis al beschikbaar zou zijn geweest ten tijde van de LBO-1, dan was het veiligheidsoordeel van dijktraject 6-6 op trajectniveau categorie D. Hierdoor is een urgent waterveiligheidsprobleem geconstateerd.

Voor de tweede landelijke beoordeling primaire waterkeringen overstromingskansen (LBO-2) worden de primaire waterkeringen getoetst op de bijbehorende normering volgens de omgevingswet en besluit kwaliteit leefomgeving. De omgevingsregeling beschrijft de randvoorwaarden en te volgen procedure voor de beoordeling. Deze rapportage beschrijft de resultaten van deze beoordeling.

De hoofdstukken uit deze rapportage dienen de volgende onderwerpen:

1. Een beknopte samenvatting van het dijktraject o.b.v. het "Verhaal van de kering" [1].
2. De gehanteerde uitgangspunten voor de LBO-2 beoordeling.
3. De resultaten van de analyse voor de relevante faalmechanismen.
4. Assemblage, duiding en doorkijk van het veiligheidsoordeel op trajectniveau.
5. Kwaliteitsborging en invulling van de kwaliteitsdimensies.

2 BESCHRIJVING DIJKTRAJECT

In dit hoofdstuk is een beschrijving gegeven van het dijktraject 6-6, waaronder het ontstaan, de ontwikkelingen en huidige kenmerken van de kering. Ook is beschreven welke kunstwerken en overige objecten zoals leidingen, kabels, bebouwing en constructies aanwezig zijn nabij en in de kering. De hier opgenomen informatie is een beknopte samenvatting van het “Verhaal van de kering”, voor details zie [2].

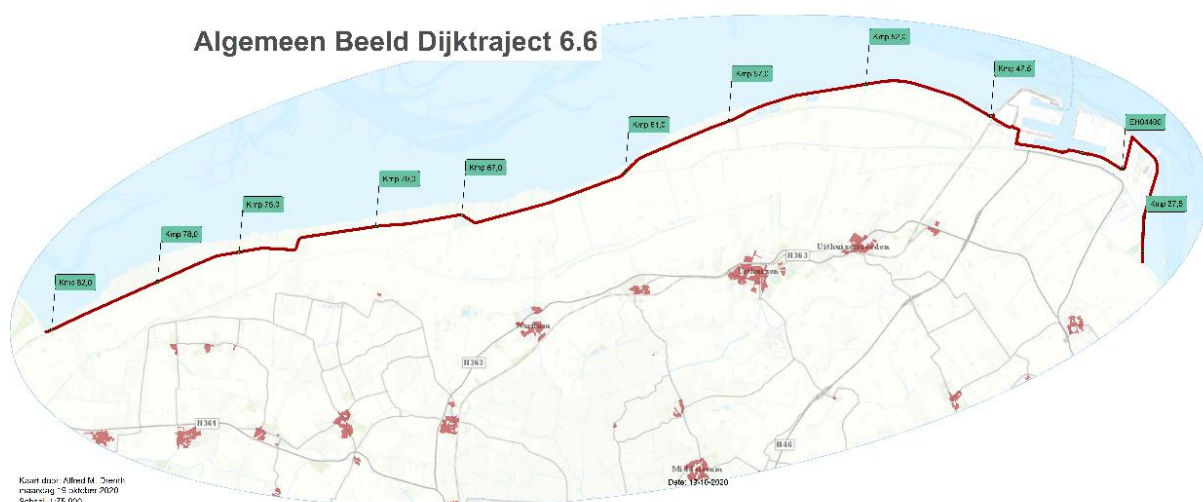
2.1 Ontstaan en ontwikkelingen

Dijktraject 6-6 is ontstaan over een periode van ongeveer 200 jaar. Het is gevormd door de verbinding van meerdere keringen langs de Waddenzee. Deze keringen zijn aangelegd t.b.v. de inpoldering van kweldergebieden op grond van Ommelander Landrecht van de Groningse boeren. De kering in die periode is aangelegd met gebiedseigen grond, (tot) klei (gerijpt materiaal) uit de kwelders en het achterland. De ondergrond van de kering die direct grenst aan de Waddenzee wordt daarmee gekenmerkt door getijdenzand. Rond 1830 is ook de Oostpolderdijk aangelegd. De Eemshaven is in de jaren 1960 aangelegd. Vanaf de jaren '70 zijn grote delen van het dijktraject verstevigd door verbreding, ophoging en aanpassingen aan de bekleding, zie [2]. De Oostpolderdijk, grenzend aan het Eems-Dollardgebied is recent versterkt in het HWBP programma “Dijkversterking Eemshaven-Delftzijl” (DED) en is in 2019 opgeleverd [3].

2.2 Fysieke kenmerken van de waterkering

2.2.1 Algemene kenmerken

Het huidige dijktraject 6-6 begint aan de zuidzijde van de Oostpolderdijk (km-paal 37) nabij Nieuwstad en reikt tot aan de Lauwersmeerdijk (km-paal 82,5), zie Figuur 2-1. De huidige normering van het traject c.q. de omgevingsnorm is een overstromingskans van 1/1.000 per jaar, met een signaleringsparameter van 1/3.000 per jaar. De algemene kenmerken van het traject zijn opgenomen in Tabel 2-1. Het traject kan grofweg in drie delen worden onderverdeeld. Dit zijn van west naar oost startend vanaf het oosten van de Lauwersmeerdijk (km-paal 82,5): (i) de Noordelijke zeedijk en de Emmapolderdijk, die doorloopt tot aan het Eemshavencomplex, (ii) het Eemshavencomplex, en (iii) de Oostpolderdijk grenzend aan de Eems-Dollard.



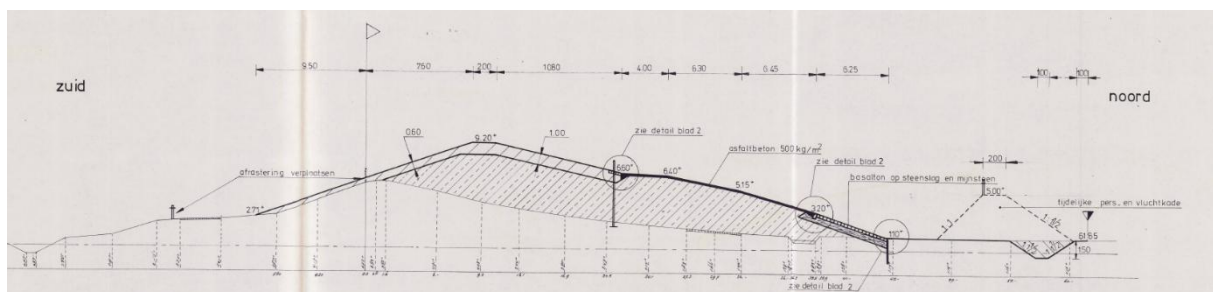
Figuur 2-1: Overzicht ligging dijktraject 6-6 (bron: [3])

Tabel 2-1: Kenmerken van dijktraject 6-6

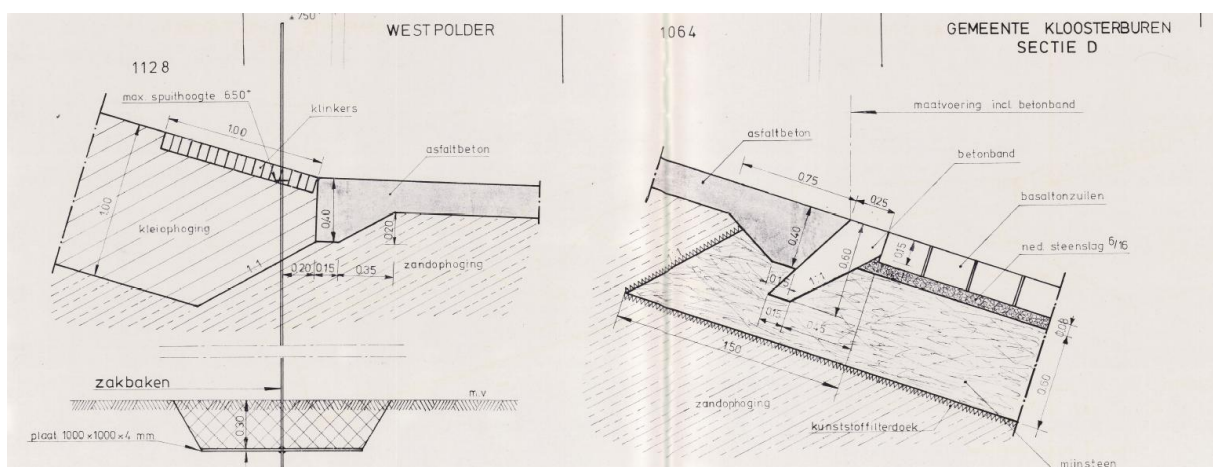
KENMERK	EIGENSCHAP
Naam dijktraject	6-6
Signaleringsparameter	1/3.000 per jaar
Omgevingswaarde (voorheen ondergrens)	1/1.000 per jaar
Lengte	46,3 km
RD-x, y beginpunt	216161, 601054
RD-x, y eindpunt	253852, 603456
Dijkpaal start	37,0 km
Dijkpaal einde	82,5 km

2.2.2 Noordelijke zeedijk en Emmapolderdijk

In de jaren '70 en '80 is het gehele traject vanaf de Lauwersmeerdijk tot aan het Eemshavencomplex zeewaarts verbreed en opgehoogd met zeezand. De taludbekleding is grotendeels uniform van opbouw. Aan zeezijde is die als volgt van opbouw: steen-, asfalt-, grasbekleding. In meerdere dijkvakken is ter plaatse van de aansluiting van de grasbekleding op de asfaltbekleding een overgangsconstructie aangebracht in de vorm van 1m klinkers dan wel betonen grasdoorgroeitegels. De steenbekleding is divers, te denken aan koperslak, basalt- en betonblokken. De kenmerken van de steenbekleding en de onderlagen is gedetailleerd beschreven in de (oude) bestekken en bijbehorende bestekstekeningen [2], zie Figuur 2-2. Ter plaatse van de kruin en het binnentalud bestaat de bekleding uit een kleideklaag met gras, zie Figuur 2-3.



Figuur 2-2: Bestekstekening versterking Noordelijke Zeedijk jaren '70-'80 (bron: [2])

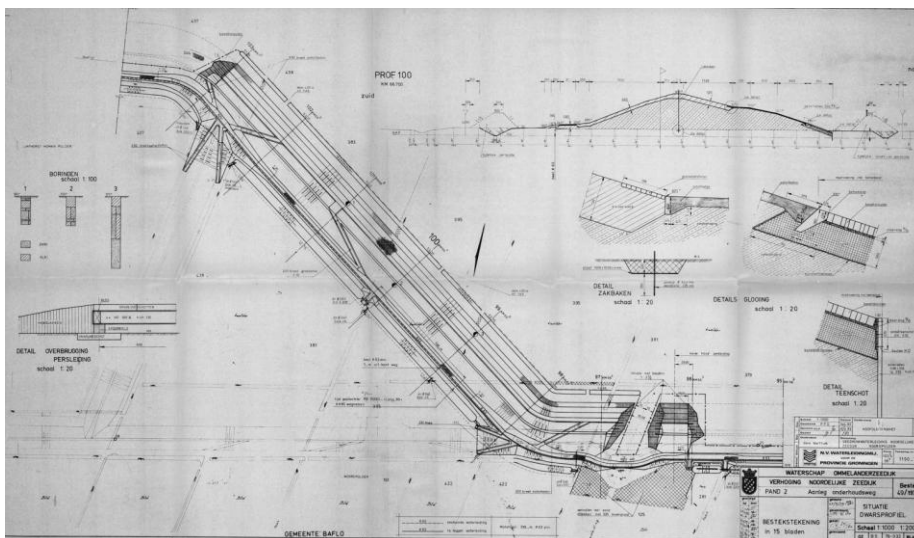


Figuur 2-3: Opbouw steenbekleding en overgangsconstructies (bron: [2])

Ter plaatse van de Noordpolder zijn de bochten aan weerskanten van het dijkvak afgesneden resulterend in een soepelere overgang tussen de dijkvakken (zie Figuur 2-4). De vraag was in hoeverre deze korte dijkvakken sec bestaan uit zand of dat daar ook kleidijk aanwezig is in het profiel. Op basis van de bestekstekeningen d.d. 1979 mag worden aangenomen dat deze dijkvakken geen kleikern bevatten en volledig zijn opgebouwd uit (zee)zand, zie Figuur 2-5.



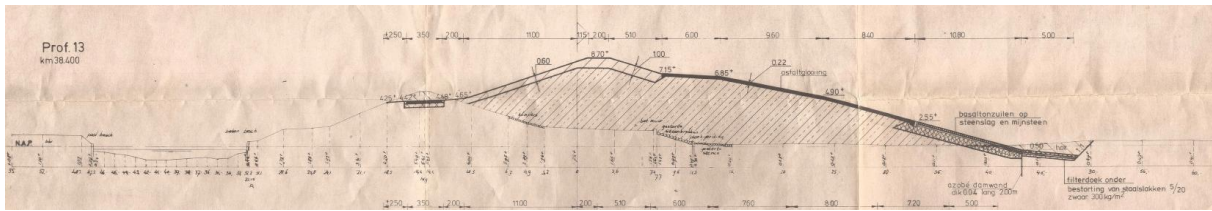
Figuur 2-4: Bochtafsnijding ter plaatse van de Noordpolder (bron: [2])



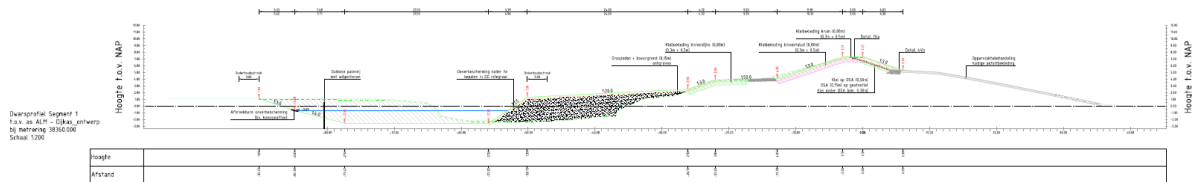
Figuur 2-5: Bestekstekening bochtafsnijding ter plaatse van Noordpolder (bron: [2])

2.2.3 Oostpolderdijk

De Oostpolderdijk is intern gelijk van opbouw als de keringen langs de Waddenzee. De ondergrond aan de Westzijde wordt gekenmerkt door de getijdeaafzetting (fijn zand met kleilensjes) en aan de Oostzijde door het zand dat is opgespoten voor de aanleg van de Eemshaven. Tijdens de voorlaatste versterking is de Oostpolderdijk zeewaarts uitgebreid, zie Figuur 2-6. De meest recente versterking dateert uit de periode 2015-2019. De toen uitgevoerde werkzaamheden maakten deel uit van het dijkversterkingsproject Eemshaven-Delfzijl. Daarbij is het aan landzijde gesitueerde Oostpolderbermkanaal iets landinwaarts verlegd ten behoeve van de aanleg van een stabiliteitsberm, zie Figuur 2-7. De asfaltbekleding die is aangebracht tijdens de voorlaatste versterking anno 1979 is niet vernieuwd. De daarboven gelegen taludbekleding bestond oorspronkelijk uit klei maar is vervangen door open steenasfalt op geotextiel en is afgedekt met een kleilaag van ca 0,5 m. De primaire waterkering ter plaatse van het Eemshavencomplex dateren uit de tijd dat het Eemshavencomplex is aangelegd en zijn volledig opgebouwd uit zand met als bekleding stenen – asfalt – kleideklaag met gras.



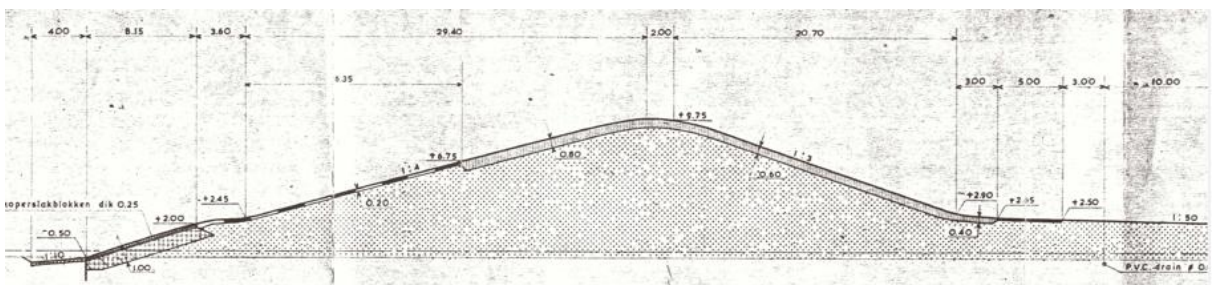
Figuur 2-6: Zeewaartse versterking Oostpolderdijk anno 1980 (bron: [2])



Figuur 2-7: Ontwerptekening Oostpolderdijk dijkversterkingsproject Eemshaven-Delfzijl (bron: [2])

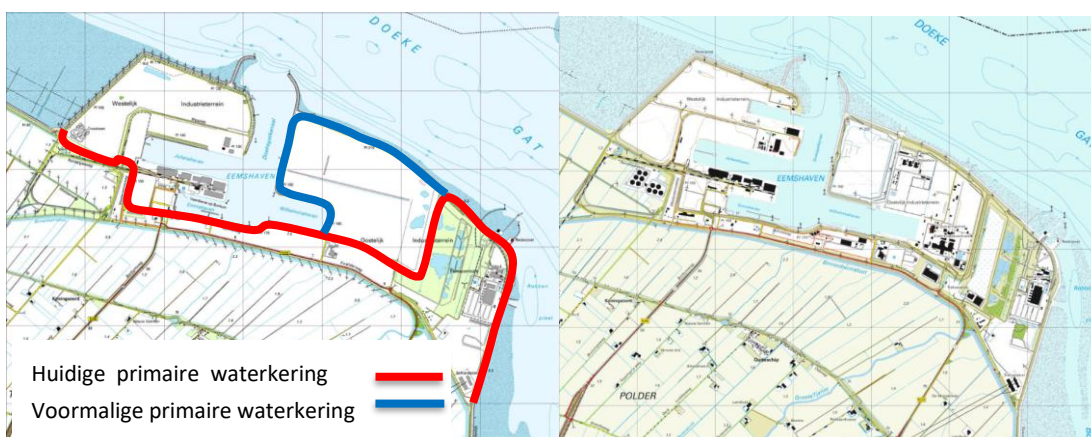
2.2.4 Eemshavencomplex

De aanleg van het Eemshavencomplex is van start gegaan in 1970. Het haventerrein en de keringen zijn volledig opgebouwd uit opgespoten zand. De opbouw van de bekleding is gelijk aan die van de overige keringen langs de Waddenzee, te weten steenbekleding, asfaltbekleding en vervolgens grasbekleding, zie Figuur 2-8.



Figuur 2-8: Opbouw zeedijk rondom Eemshavencomplex (bron: [2])

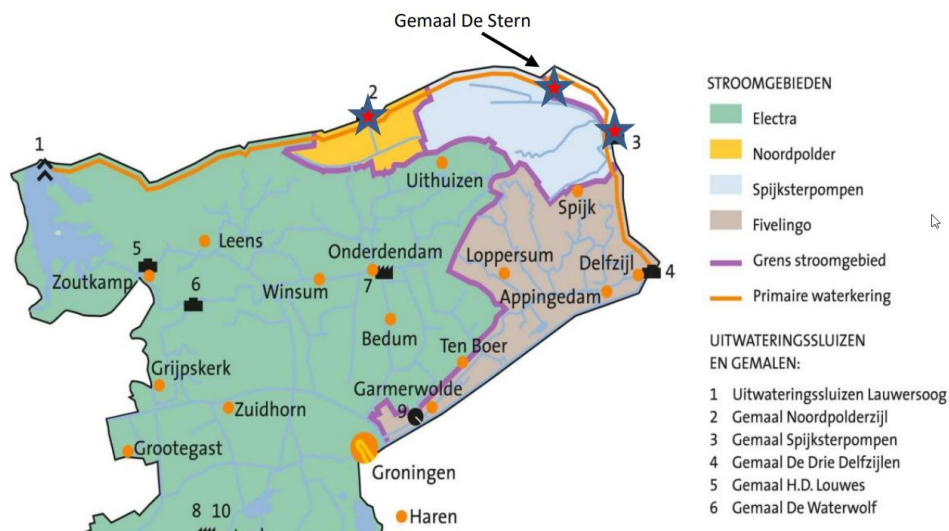
Midden jaren '70 is de eerste fase van de aanleg van het complex voltooid. In de loop der jaren hebben zich meerdere ontwikkelingen voorgedaan die relevant zijn voor de ligging van de huidige primaire waterkering. Een voorbeeld hiervan is de verlenging van de Wilhelminahaven. Essentiëel echter is dat op een bepaald moment om praktische redenen is besloten om een gedeelte van het oostelijk haventerrein buitendijks te brengen. Uiteindelijk is omstreeks 2007 de ligging van de kering verplaatst, zie Figuur 2-9. Enkele jaren later startte men met de verlenging van de Wilhelminahaven.



Figuur 2-9: Verlegging primaire waterkering Eemshavencomplex (bron: [2])

2.3 Kunstwerken

In het dijktraject zijn drie kunstwerken aanwezig (Figuur 2-10): Gemaal Noordpolderzijl, Gemaal De Stern en Gemaal Spijksterpompen. Het gemaal Noordpolderzijl verving rond 1980 de uitwateringssluuis, dat grotendeels verwijderd is. Het gemaal De Stern is in 1999 gebouwd t.b.v. bemaling van circa 22 ha land in het Eemshavengebied. Het gemaal Spijksterpompen is in 1976 gebouwd ter plaatse van de Oostpolderdijk, en pompt of voert via vrij verval water af. Voor meer details over de kunstwerken, zie [2].



Figuur 2-10: Locaties van kunstwerken (bron: [2])

2.4 Leidingen en Niet Waterkerende Objecten

Voor het traject zijn 27 NWO's (Niet Waterkerende Objecten) geïdentificeerd, onderverdeeld in bebouwingen, kabels, leidingen en overige constructies (bijv. windturbines). Ter plaatse van de Eemshaven bevinden zich meerdere grote hogedruk/lagedruk leidingen. Daarnaast bevinden er zich windturbines nabij dan wel op de kering. In het Eemshavencomplex komen meerdere elektriciteitskabels aan land die een verbinding vormen met windmolenparken (Cobrakabel, NorNed kabel). Een meer gedetailleerde beschrijving van deze NWO's staat in hoofdstuk 2.5 van het "Verhaal van de kering" [2].

3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Basis

Voor het beoordelen van de verschillende faalmechanismen is in de basis uitgegaan van de LBO-1 uitgangspunten. Hierbij kan gedacht worden aan kruinhoogtes, (maatgevende) profielen, laagdiktes van het dijklichaam en ondergrond en geotechnische eigenschappen. Per faalmechanisme zijn de uitgangspunten uit LBO-1 gevalideerd voor het zichtjaar 2035 en zijn eventuele veranderingen doorgevoerd. Dit is per faalmechanisme nader toegelicht in hoofdstuk 4.

3.2 Hydraulische belastingen

De hydraulische randvoorwaarden databases (HRD) t.b.v. LBO-2 zijn nog niet vrijgegeven. Uitgangspunt voor dit project is om gebruik te maken van de LBO-1 databases. Het zichtjaar is in dit project 2035 t.o.v. 2023 in LBO-1. Hierdoor moet rekening gehouden worden met het effect van zeespiegelstijging, waarvoor rekening is gehouden met klimaatscenario W+ van het KNMI. Daarnaast zijn reeds bekende wijzigingen in de hydraulische belastingen van LBO-2 doorgevoerd in voorliggende beoordeling.

Hydraulische databases LBO-1

Voor dijktraject 6-6 is in LBO-1 de database “WBI2017_Waddenzee_Oost_6-6_v03.sqlite” gehandhaafd. Voor de Eemshaven zijn de hydraulische randvoorwaarden langs de kering in het havengebied opgesteld m.b.v. de software HB Havens. De met HB Havens ontwikkelde database is in LBO-1 samengevoegd met de database “WBI2017_Waddenzee_Oost_6-6_v03.sqlite” voor dijktraject 6-6. Door RWS is aangegeven dat geen nieuwe SWAN berekeningen worden gemaakt voor de Waddenzee als onderdeel van LBO-2. Het ligt daarom niet in de lijn der verwachting dat de hydraulische databases van die formeel voor LBO-2 worden vrijgegeven door het Rijk significant afwijken van de in deze beoordeling gehanteerde uitgangspunten.

Modelonzekerheden

In de WBI2017 databases is een verkeerde bias voor de modelonzekerheid gebruikt [5]. De bias is gecorrigeerd voor de LBO-2 database, zie Tabel 3-1. Daarnaast geldt dat golfhoogtes en -periodes gecorreleerd zijn. Voor de LBO-2 beoordeling is een correlatiefactor van 1,0 gehanteerd. Dit is in lijn met naastgelegen HWBP project Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat [10].

Tabel 3-1: Bias correctie voor de modelonzekerheid in de hydraulische database

MODELONZEKERHEID	LBO-1		LBO-2	
	$f_{bias,corr}$	σ	$f_{bias,corr}$	σ
Significante golfhoogte (H_{m0})	0,99	0,19	1,01	0,19
Spectrale golfperiode ($T_{m-1,0}$)	0,96	0,11	1,04	0,11
Golf piekperiode (T_p)	0,96	0,11	1,04	0,11

Overige uitgangspunten

De zeewaterstand en windstatistiekbestanden uit LBO-1 zijn opnieuw toegepast. Om te corrigeren voor peildatum van 2023 naar 2035 is (conform KNMI’06W+) 12 cm zeespiegelstijging toegepast.

Gebruikte databases LBO-2

De aangepaste modelonzekerheden zijn verwerkt in de HRD database uit LBO-1, en heeft de naam gekregen:

“WBI2017_Waddenzee_Oost_6-6_v03_corr.sqlite”

Om het effect van zeespiegelstijging mee te nemen in het afleiden van de hydraulische randvoorwaarden is de gekoppelde HLCD “hlcd.sqlite” aangepast naar:

“hlcd_2035_corr.sqlite”.

3.3 Software

Er is gebruik gemaakt van de meest recente versie van verschillende software:

- Hydra-NL v2.8.2
- Steentoets v23.1.1
- Riskeer v23.1.1
- D-Stability v2024.1

3.4 Bodemdaling

De bodemdalingskaarten laten een daling tussen de 1 en 7 mm per jaar (bodemdalingskaart.com). Deze waarden liggen niet altijd op de (kruin van) de waterkering, maar ook net in het achterland. Het verschil tussen het AHN 4 en AHN 6 is 3 cm. De periode waartussen AHN4 en AHN6 zijn ingewonnen is 3 jaar. Echter dit verschil kan ook beïnvloed worden door verschillen in meettechnieken. Daarnaast is geen sprake meer van gaswinning waardoor autonome bodemdaling onwaarschijnlijker is.

Gegeven een veelal zandige ondergrond en het feit dat gaswinning is gestopt is in deze LBO-2 beoordeling geen bodemdaling meegenomen¹.

¹In het PvA is aangenomen dat sprake is van 10 cm bodemdaling o.b.v. www.bodemdalingskaart.com. Tijdens de uitvoering van de beoordeling is deze informatie als minder representatief voor de kruin van de dijk beoordeeld. Omdat er ook geen sprake meer is van gaswinning is dit uitgangspunt herzien ten opzichte van het PvA.

4 RELEVANTE FAALMECHANISMEN

In dit hoofdstuk zijn de relevante faalmechanismen bepaald aan de hand van het *Verhaal van de kering* [1], de *LBO-1 beoordeling* [3] en de beslisregels beschreven in het *Plan van Aanpak* [1].

4.1 Voorselectie van mechanismen

Alvorens de relevante faalmechanismen bepaald worden, is eerst een voorselectie gedaan van welke initiële, indirecte en specifieke mechanismen wel of niet van toepassing zijn voor de keringen van normtraject 6-6.

4.1.1 Initiële mechanismen

De generieke initiële faalmechanismen zijn beschreven in de ministeriële regeling [4], zie Tabel 4-1. Langs normtraject 6-6 zijn zowel groene keringen (dijken) als kunstwerken aanwezig. De dijkbekledingen bestaan uit zowel steenzetting, asfalt en gras. De kunstwerken betreffen alleen puntconstructies (gemalen). Er zijn geen duinen aanwezig binnen het traject. Van alle initiële mechanismen is hierom alleen het mechanisme *Duinafslag* niet van toepassing voor het traject.

Tabel 4-1 Generieke initiële faalmechanismen [2]

Aanzet tot falen	Initiële mechanismen
De waterkering faalt door golfaanval op het buitentalud	- Falen asfaltbekleding door golfklappen - Falen asfaltbekleding door wateroverdruk - Erosie van grasbekleding, met inbegrip van overgangsconstructies - Afschuiving van grasbekleding - Instabiliteit steenzetting
De waterkering faalt door water dat over de waterkering stroomt	Erosie van kruin en binnentalud, met inbegrip van overgangsconstructies
De waterkering faalt door hoge waterspanningen in en onder de waterkering	- Piping - Binnenwaartse macro-instabiliteit - Binnenwaartse macro-instabiliteit – Micro-instabiliteit, met inbegrip van opdrukken binnenbekleding – Binnenwaartse macro-instabiliteit, met inbegrip van afschuiving binnenbekleding bij overslag
Het waterkerende kunstwerk faalt	- Hoogte kunstwerk - Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk - Piping bij kunstwerk - Sterkte en stabiliteit puntconstructies
De zandige waterkering (duin) faalt	Duinafslag

Naast de initiële mechanismen zijn ook indirecte mechanismen mogelijk, tevens beschreven in de ministeriële regeling [4], zie ook Tabel 4-2. Deze betreffen niet waterkerende objecten (NWO), voorlanden en havendammen, afschuiven van het buitentalud en (dierlijke) graverijen. Het traject kent veel NWO's. Het kernmateriaal van de dijk is veelal zandig, waardoor afschuiven van het buitentalud mogelijk is. De enige aanwezige voorlanden zijn industrieterreinen binnen de Eemshaven. Er zijn geen havendammen aanwezig en zijn er door de beheerder geen graverijen geconstateerd. Van de indirecte faalmechanismen zijn daarom alleen NWO's, voorlanden en afschuiven van het buitentalud van toepassing.

Tabel 4-2 Indirecte faalmechanismen [2]

Type	Indirect mechanisme
Niet waterkerende objecten	• Mechanismen veroorzaakt door: – bebouwing – begroeiing – kabels en leidingen – windmolens
Voorland en havendammen	• Afschuiving voorland • Zettingsvloeiing • Golfafslag van voorland • Bezwijken havendammen
Overig	• Afschuiving buitentalud • Graverij

Onder specifieke faalmechanismen vallen bijzondere gevallen, zoals langsconstructies, (kademuren en damwanden), technische innovaties en nieuwe initiële faalmechanismen. Binnen normtraject 6-6 is vooral sprake van langsconstructies in de Eemshaven. Omdat deze langsconstructies onderdeel uitmaken van de havenkade en op grote afstand van de primaire kering liggen zijn deze niet van toepassing. Verder zijn er geen technische innovaties of nieuwe mechanismen van toepassing op het traject.

4.2 Selectie relevante mechanismen

Gezien sprake is van een zeedijk zijn de dijkbekledingen (steenetting, asfaltbekleding en de grasbekleding op het buitentalud, de kruin en het binnentalud) bijna in alle gevallen relevante faalmechanismen en vormen zij naar verwachting de belangrijkste bescherming tegen overstromingen. Ook gezien de LBO-1 resultaten is een belangrijke bijdrage aan de faalkans verwacht. In LBO-2 zijn deze faalmechanismen daarom relevant en alle dijkvakken zijn beschouwd voor deze drie dijkbekledingen:

- Van de dijkbekledingen is bij nadere analyse van de restlevensduur van de asfaltbekleding een fout in het LBO-1 oordeel geconstateerd. De aanwezige scheuren in het asfalt en de restlevensduur duiden op een urgente waterveiligheidsopgave, waardoor extra aandacht is gegeven aan de faalmechanismen voor asfalt (AGK, AWO & ASP).
- In LBO-1 is geconstateerd dat met name erosie door golfklappen bijdragen aan de trajectfaalkans. De faalmechanismen voor erosie van grasbekledingen (GEKB en GEBU) zijn daarom in detail beschouwd.
- De steenettingen (ZST) zijn in LBO-1 op sommige plekken afgekeurd via de rekenmethode, maar in de duiding goedgekeurd middels bewezen sterkte o.b.v. belasting van recente weerstane stormen. De geldigheid van deze redeneerlijn, en de stabiliteit van de overige steenettingen, is voor deze LBO-2 beoordeling gecontroleerd.
- Microstabiliteit (STMI) en afschuiven (GABI & GABU) zijn op een globaler niveau gecontroleerd.

Vanuit het verhaal van de kering en de LBO-1 resultaten zijn de overige faalmechanismen relevant, maar leveren ze naar verwachting een niet-significante bijdrage aan de overstromingskans op traject niveau. Daarom is gekozen voor een uitwerking van de maatgevende vakken (geotechnische faalmechanismen) of inschatting van de overstromingskans (kunstwerken, NWO's). Tijdens de uitwerking is gevalideerd of inderdaad geen sprake van was een significante bijdrage aan de overstromingskans op trajectniveau:

- Voor het piping (STPH) mechanisme is nieuw inzicht verkregen omtrent getijdezand aanwezig in het gebied, welke ten tijde van LBO-1 niet beschikbaar was. De faalkans door piping bij getijdezand is naar waarschijnlijkheid significant lager dan in LBO-1 bepaald. De gevoeligheid van

de resultaten is voor de maatgevende vakken bij piping vastgesteld om het effect op trajectniveau vast te stellen.

- Voor de mechanismen rondom geotechnische macrostabiliteit van het binnen- en buitentalud (STBI & STBU), kunstwerken (HTKW, PKW, BSKW & STKW_p) en NWO's mechanisme is het oordeel beschouwd omdat sprake is van relevante faalmechanismen. Er is een van grof naar fijn aanpak gehanteerd.
- Tot slot, de faalkans van de voorlanden is in LBO-1 als verwaarloosbaar vastgesteld. Het is onwaarschijnlijk dat dit voor het zichtjaar 2035 verandert, waardoor dit niet nader is beschouwd.

Op basis van bovenstaande beschouwing zijn de relevante faalmechanismen geselecteerd, zie onderstaande lijst. De lijst is geordend met afnemende waarschijnlijke bijdrage (dominantie) van het mechanisme aan de trajectfaalkans.

- Asfaltbekleding (AGK, ASP & AWO)
- Erosie grasbekledingen (GEBU & GEKB)
- Steenzettingen (ZST)
- Piping (STPH)
- Geotechnische stabiliteit (STBI, STBU, STMI, GABI & GABU)
- Kunstwerken (HTKW, PKW, BSKW & STKW_p)
- Niet waterkerende objecten (NWO)

Analyse van de bovenstaande relevante faalmechanismen zijn uitgewerkt in de respectievelijke logboeken. In dit rapport zijn de hoofdbevindingen per categorie toegelicht.

Een bijzonder onderdeel van het traject is de Oostpolderdijk, welke is versterkt binnen de Dijkversterking Eemshaven-Delfzijl (DED), afgerond in 2024. De ontwerputgangspunten en beoordeling in LBO-1 van deze kering zijn tegen het licht gehouden voor het zichtjaar 2035.

5 RESULTATEN ANALYSE

5.1 Asfalt (AGK, ASP & AWO)

De faalkans voor asfalt golfklap is dominant voor het veiligheidsoordeel op trajectniveau. Voor alle vakken zijn faalkansberekeningen gemaakt. Deze bevestigen de verwachting dat het vak in de Eemshaven bepalend is voor de faalkans. Een dijkvak in de Eemshaven (vak 50) is het bepalende vak voor de faalkans op trajectniveau. Deze is berekend op $\approx 1/1.500$ per jaar [12].

Het asfalt is 40 – 50 jaar oud. Ter plaatse van de Eemshaven uit zich dit onder andere door spontane scheurvorming en lokaal 'gras' doorgroei van de asfaltbekleding. Een voorbeeld hiervan is een verse scheur van enkele meters lang dwars op het talud die werd gesignaleerd tijdens de voorjaarsinspectie op 5 maart 2025. Deze scheur reikte volledig door de asfaltlaag heen. In de afgelopen jaren zijn vaker scheuren gesignaleerd die vervolgens zijn 'gerepareerd' met warm gietasfalt. Deze zijn niet te duiden als zogenoemde daglassen vanuit de periode van het aanbrengen van asfaltbekleding.

Naar aanleiding van de gevonden scheuren is extra onderzoek gedaan naar de asfaltkwaliteit. Ook op moment van schrijven wordt onderzoek uitgevoerd (i.h.k.v. de zorgplicht) om de staat van het asfalt verder in beeld te brengen. De onderzoeken laten zien dat sprake is van een relatief hoog holle ruimte percentage op de slechte vakken (gemiddeld 6% met uitschieters naar 10% [13]). De kracht verplaatsingsdiagrammen van de driepuntsbuigproeven laten zien dat sprake is van bros materiaal [14]. Daarnaast zijn de gevonden PEN waarden van de bitumen erg laag, namelijk 19 [15]. Dit sluit aan bij het brosse gedrag in de buigproeven. Ook de proeven van de TU Delft op de bitumen laten zien dat het materiaal verouderd is [16].

De faalkansberekeningen gaan uit van het GOLFKLAP model dat geïmplementeerd is in de BM Asfalt. Deze zijn echter van toepassing voor asfalt zonder scheuren. Aangezien duidelijk sprake is van scheurvorming in het asfalt schetsen de reguliere modellen een beeld dat niet correspondeert met de werkelijkheid. De reguliere modellen zijn dus in feite als niet toepasbaar te beschouwen. De berekende faalkansen (zoals hierboven weergegeven) zijn dan ook niet representatief voor de daadwerkelijke kans op falen van de asfaltbekleding. Het veiligheidsoordeel is dan ook bepaald op basis van het beheerdersoordeel. Deze uitwerking is besproken in het werkatelier en heeft draagvlak bij de betrokken experts (zie ook het verslag van het werkatelier).

Via het beheerdersoordeel is gesteld de faalkans van de asfaltbekleding dusdanig hoog is dat sprake is van een urgent waterveiligheidsprobleem:

- Het asfalt is direct gelegen op de zandkern. Bij een verhoogde waterstand is daarom sprake van uitspoeling van de zandkern onder de asfaltlaag met ondermijning van het asfalt en falen van de bekleding tot gevolg.
- De asfaltbekleding is 40 – 50 jaar oud. Door het relatief hoge holle ruimte percentage van 6 - 10% [13] is het asfalt relatief vatbaar voor kwalitatieve achteruitgang ten gevolge van weersomstandigheden. De proeven laten zien dat sprake is van verouderd asfalt en brosse gedrag [14][15][16]. Daarom ligt het in de lijn der verwachting dat als gevolg van thermische spanning nog meer scheuren gaan ontstaan en de sterkte verder afneemt.

In het beheerdersoordeel ligt de focus op de faalkans van het initiële mechanismen. Het nader kwantificeren van de overige stappen in het faalpad van AGK leidt niet tot een wijziging van het handelingsperspectief. Er is immers sprake van een zandkern en in het kustgebied (gegeven de zware golfbelastingen) is geen sprake van significante standtijden van keringen met zandkernen. Daarmee is het oordeel stabiel.

In het kader van deze beoordeling is gesteld dat ASP en AWO geen significante bijdrage leveren

aan de faalkans op trajectniveau. Gezien de zandkern en het brede dijklichaam is het minder waarschijnlijk dat er sprake is van een hoge freatische lijn. Daarom is de kans op AWO en/of ASP op niet-significant verondersteld. In geval toch sprake is van een hoge freatische lijn zal het asfalt als gevolg van ASP bij een relatief lage belasting falen. In dat geval is het oordeel van ASP gelijk aan AGK. ASP is daarmee nog steeds niet dominant voor de faalkans op trajectniveau. AWO kan alleen optreden bij een snelle val en er is in de regel sprake van de mogelijkheid tot herstel. Als gevolg hiervan is het onwaarschijnlijk dat AWO een dominant faalmechanisme is.

5.2 Erosie grasbekledingen (GEBU & GEKB)

De faalkans van de toetssporen GEBU, GEKB en GEBU-GEKB is berekend per dijkvak m.b.v. de Cumulatieve Overbelasting Methode (COM). Hiervoor is gebruik gemaakt van de plug-in voor Riskeer om de faalkans van de toetssporen probabilistisch te bepalen [6]. Alle basisdata zoals (a) de vakindeling, (b) de profielschematies, (c) de kruinhoogte per dijkvak, (d) de overgangshoogte op het buitentalud en (e) de koppeling tussen dijkvak en locaties in de hydraulische database is gevalideerd en overgenomen uit LBO-1. Voor meer details over de rekeninstellingen, zie het Logboek Erosie Grasbekledingen.

Resultaten voor zichtjaar 2035

De berekende GEBU, GEKB en GEBU-GEKB faalkansen voor het zichtjaar 2035 zijn opgenomen in Tabel 5-1. Hieruit is het volgende te concluderen:

- Voor het toetsspoor GEKB is de grootste faalkans een orde 1/10.000 per jaar voor dijkvak EH02550, en is daarmee dominant voor GEKB op trajectniveau. Voor de overige vakken zijn de faalkansen namelijk veelal een factor 10 tot 100 kleiner. Er is één ander dijkvak waar de faalkans een factor 6 kleiner is, dijkvak EH03200.
- Voor het toetsspoor GEBU zijn er drie dijkvakken waar de faalkans een 1/10.000 – 1/20.000 per jaar is, dijkvakken EH06150, KMP47000 en KMP61180. Deze overige dijkvakken hebben een bescheiden bijdrage aan de faalkans op trajectniveau, deze hebben faalkans die meestal een factor 5 tot 100 kleiner is. De drie vakken met de grootste faalkans zijn hiermee dominant voor GEBU op trajectniveau.
- Bij het combineren van GEBU-GEKB faalkansen zijn de vier vakken met een relatief hoge faalkans EH02550, EH06150, KMP47000 en KMP61180 bepalend voor het trajectoordeel. Bij deze vakken is ofwel GEKB ofwel GEBU bepalend. Er zijn geen vakken waar beide mechanismen een evenwichtige bijdragen hebben. Voor de overige vakken is de gecombineerde faalkans een factor 5 tot 100 kleiner.
- De gecombineerde faalkans voor GEBU en GEKB op trajectniveau ligt in de orde van 1/3.000 per jaar.

Effect van overgangen bij GEKB

Binnen enkele dijkvakken zijn wegopgangen aanwezig langs het binnentalud van de kering. De GEKB faalkans neemt hierdoor toe met een factor 3-10. Deze overgangen zijn destijds op/tegen de oorspronkelijk kering aangelegd. Hierdoor is het dijklichaam op deze locaties breder dan in de rest van het vak, resulterend in meer reststerkte. Reststerkte is in de voorliggende analyse nog niet meegenomen omdat in de regel binnen dit traject sprake is van relatief beperkte standtijden (bijv. van de kern bij GEBU) en het geen invloed heeft op het handelingsperspectief. Er is sprake van een relatief beperkte standtijd omdat op grote delen van het traject sprake is van een zandkern en een golfhoogte in de orde van $H_{m0} = 2 \text{ á } 3 \text{ m}$. De kering is ook relatief smal rondom het niveau van de overgang van de harde bekleding naar de grasbekleding (bij GEBU golfaanval). In deze beoordeling is reststerkte en de lokale oordelen rondom de dijkopgangen niet in detail kwantitatief uitgewerkt en op basis van bovenstaande kwalitatieve argumenten als niet maatgevend beschouwd. In het handelingsperspectief wordt hier nader op ingegaan.

Duiding van de resultaten

De gecombineerde faalkans voor GEBU en GEKB ligt in de orde van 1/3.000 per jaar (o.b.v. de versimpelde sommatieregels in het assemblageprotocol). De faalmechanismen zijn daarmee relevant en dragen [naar verwachting] bij aan de trajectfaalkans. Het nader kwantificeren van de overige stappen in het faalpad leidt niet tot een wijziging van het handelingsperspectief. Daarmee is het oordeel stabiel.

Tabel 5-1: Berekende terugkeertijden voor de toetssporen GEBU, GEKB en GEBU-GEKB m.b.v. de Cumulatieve Overbelasting Methode.

DIJKVAK	PROFIEL	TERUGKEERTIJD (GEBU)	TERUGKEERTIJD (GEKB)	TERUGKEERTIJD (GEBU-GEKB)
KMP37070	DP_WBI_38020	1.356.725	380.515	377.433
EH00000	DP_WBI_EH01870	8.126.980	16.864.288	7.181.165
EH02100	N.v.t.	-	-	-
EH02550	DP_WBI_EH02950	55.680	9.479	9.148
EH03200	DP_WBI_EH04060	55.063	55.063	51.566
EH04400	DP_WBI_EH04590	715.540	687.446	669.204
EH05000	DP_WBI_EH05710	145.743	359.907	103.888
EH05970	DP_WBI_EH06000	79.035	550.605	72.277
EH06150	DP_WBI_EH06920	17.692	563.882	17.593
EH07600	DP_WBI_EH07780	2.903.972	879.717	842.159
EH08220	DP_WBI_EH08395	2.329.691	2.329.691	2.282.683
EH08740	DP_WBI_EH09220	175.449	175.449	167.734
KMP47000	DP_WBI_47500	10.108	102.550	9.808
KMP47500	DP_WBI_48450	100.498	227.436	84.105
KMP50850	DP_WBI_55960	184.739	1.080.892	174.692
KMP56000	DP_WBI_56650	649.757	814.577	426.363
KMP60370	DP_WBI_60400	133.990	846.766	129.942
KMP61180	DP_WBI_61750	16.472	238.198	16.429
KMP63800	DP_WBI_66100	52.173	3.031.419	52.164
KMP66450	DP_WBI_66800	692.357	14.950.666	688.821
KMP67000	DP_WBI_68700	80.784	3.726.176	80.723
KMP72600	DP_WBI_72700	97.250	1.391.418	96.695
KMP73100	DP_WBI_74300	190.747	6.269.549	190.483
KMP75800	DP_WBI_76800	269.188	3.969.416	267.152

5.3 Steenzettingen (ZST)

Voor het toetsspoor ZST is de beoordeling herzien. De belangrijkste wijzigingen betreft de geüpdatete hydraulische belastingen (waterstand en golven) bij correctie voor de peildatum. Daarnaast is de meest recente versie van Steentoets toegepast. De dijkopbouw en de kernmerken van de bekledingen is gevalideerd en uit LBO-1 overgenomen. De uitgangspunten zijn nader toegelicht in het Logboek Steenzettingen.

De significante golfhoogte voor het zichtjaar 2035 is veelal hoger (tot +30 cm), maar soms ook lager (tot -15 cm) t.o.v. 2023. De toename of afname wordt beïnvloed door zowel verandering in peildatum (zeespiegelstijging), modelonzekerheid, parameter correlatie en software. Welk aspect domineert in de veranderingen van de golfhoogte is hier niet nader onderzocht. Voor de piek golfperiode is een ander beeld zichtbaar. Deze neemt veelal met 0,5 á 2 seconde toe, ten gevolge van de meegenomen correlatie tussen golfhoogte en -periode (paragraaf 3.2). Voorbeelden van de veranderde hydraulische belasting is opgenomen in het Logboek Steenzettingen.

Resultaten

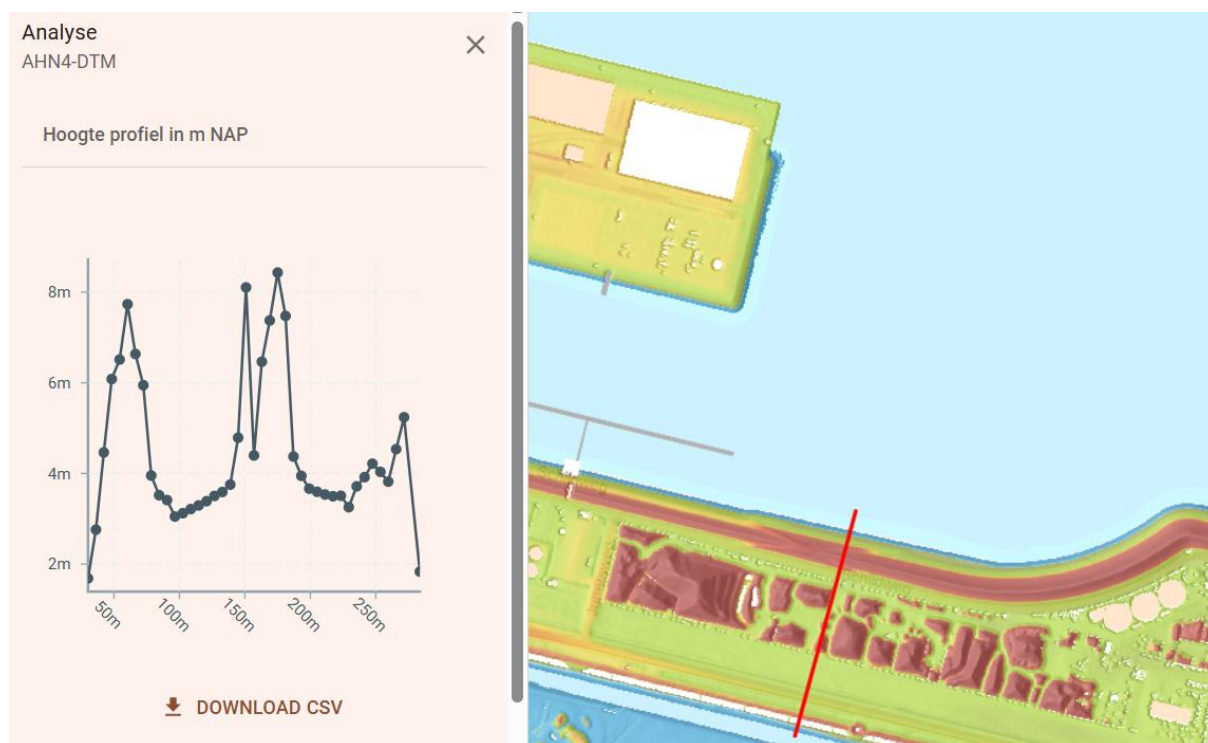
De oordelen van de toets resultaten zijn opgenomen in Tabel 5-2. Alle resultaten zijn te vinden in het logboek. Het eindoordeel in LBO-2 is hetzelfde als in LBO-1, namelijk alle dijkvakken voldoen aan de eisen bij een hydraulische belasting van 1/3.000 per jaar. Hierin is, waar relevant, stilgestaan bij de overige stappen in het faalpad. Waar dit niet expliciet is benoemd leidt dit niet tot een wijziging van de (ordegrootte) van de faalkans en is het handelingsperspectief stabiel. De beoordeling is als volgt opgebouwd:

- In LBO-1 is geconstateerd dat het Steentoets resultaat voor vak EH02250 niet realistisch is. De redeneerlijn is dat de waterstanden die zich hebben voorgedaan tijdens de Allerheiligenvloed anno 2006 en Sinterklaasstorm anno 2013 (NAP+4,50 m) aanzienlijk hoger waren dan de bovengrens van de bekleding (NAP+1,82 m). Destijds is ter hoogte van dit dijkvak ook geen sprake geweest van schademeldingen aan de steenbekleding. Hierdoor is het Steentoets resultaat in LBO-1 op basis van deze bewezen sterkte het oordeel van het toetsresultaat aangepast naar IIv. De toename van de maatgevende belasting berekend door Steentoets neemt niet noemenswaardig toe. De Steentoets resultaten in LBO-2 zijn sterk vergelijkbaar met LBO-1. Ook in de beheersituatie is sprake van beperkte wijzigingen. Hierdoor is de bewezen sterkte redeneerlijn uit LBO-1 ook voor LBO-2 relevant verklaard en overgenomen. Het is daarmee onderbouwd dat de faalkans van de zetsteen voor LBO-2 in dit dijkvak klein genoeg is zodat op trajectniveau wordt voldaan aan de signaleringsparameter.
- Vak EH05970 ligt in het verlengde van de hoofdgeul (Doekegatkanaal) van de Eemshaven. De Steentoets resultaten uit LBO-2 laten zien dat de onderlagen van de steenbekleding bij de verhoogde belasting onvoldoende bescherming bieden. De maatgevende waterstand waarbij de steenbekleding faalt is circa NAP+3,40 m, wat lager is dan de brede “binnenberm” op NAP+4,00 m (Figuur 5-1). Daarnaast reikt de steenbekleding tot NAP+3,20 m, en is de significante golfhoogte 1,26 m. Daarom zal bij het falen van de steenbekleding dit niet snel leiden tot een volledige dijkdoorbraak. Het is daarmee onderbouwd dat de faalkans van de zetsteen voor LBO-2 in dit dijkvak klein genoeg is zodat op trajectniveau wordt voldaan aan de signaleringsparameter.
- Vak EH06150 ligt langs de Emmahaven ten westen van vak EH05970. Voor vak EH06150 is dezelfde redeneerlijn op te stellen als bij vak EH05970, omdat ook hier een brede “binnenberm” aanwezig is (Figuur 5-2). Het is daarmee onderbouwd dat de faalkans van de zetsteen voor LBO-2 in dit dijkvak klein genoeg is zodat op trajectniveau wordt voldaan aan de signaleringsparameter.
- Voor het vak KMP37070 is in Steentoets in LBO-2 sprake van een niet stabiel oordeel. Het vak is gelegen langs de geul Bocht van Watum van de Eemsmonding. De oriëntatie van dit vak is bijna 90 graden t.o.v. het Noord. Gezien de historische belasting op dit dijkvak (net als bij dijkvak EH02250) wordt het oordeel niet realistisch geacht. Het oordeel is daarom op basis

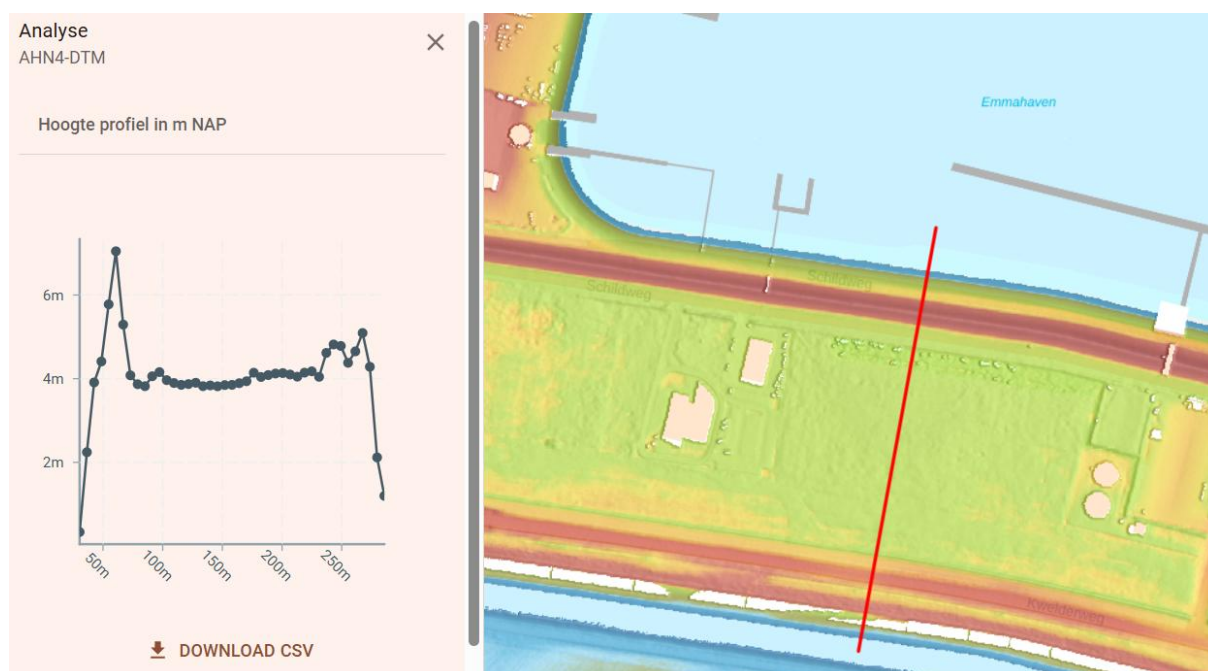
van bewezen sterkte herzien tot 'stabiel'. De berekende hydraulische belastingen voor dit vak zijn tevens verminderd betrouwbaar geacht vanwege de gemodelleerde refractie van de golven. Daarom worden voor deze vakken binnen het Eems-Dollard 2050 programma metingen gedaan om de hydraulische belastingen te valideren. Dit is een tweede reden waarom het beheerdersoordeel leidend is gesteld voor dit dijkvak.

Tabel 5-2: ZST oordeel voor het zichtjaar 2035 (conform de LBO-1 klassen).

DIJKVAK	OORDEEL STEENTOETS	OORDEEL NA DUIDING
EH00000	II _v	II _v
EH02100	N.v.t.	N.v.t.
EH02550	V _v	II _v
EH03200	N.v.t.	N.v.t.
EH04400	N.v.t.	N.v.t.
EH05000	II _v	II _v
EH05970	V _v	II _v
EH06150	V _v	II _v
EH07600	N.v.t.	N.v.t.
EH08220	N.v.t.	N.v.t.
EH08740	N.v.t.	N.v.t.
KMP37070	III _v	II _v
KMP47000	II _v	II _v
KMP47500	II _v	II _v
KMP49700	II _v	II _v
KMP50850	II _v	II _v
KMP56000	II _v	II _v
KMP57100	II _v	II _v
KMP60370	II _v	II _v
KMP61180	II _v	II _v
KMP63800	II _v	II _v
KMP66450	II _v	II _v
KMP67000	II _v	II _v
KMP72600	II _v	II _v
KMP73100	II _v	II _v
KMP75800	II _v	II _v
KMP81575	II _v	II _v



Figuur 5-1: AHN4 doorsnede van vak EH05970. Er is goed te zien dat achter het dijklichaam zich een brede "binnenberm" bevindt.



Figuur 5-2: AHN4 doorsnede van vak EH06150. Er is goed te zien dat achter het dijklichaam zich een brede "binnenberm" bevindt.

5.4 Piping (STPH)

Voor het toetsspoor STPH is in LBO-1 één maatgevend vak bepaald met oordeel IV_v, KMP61100. In de LBO-1 beoordeling is het effect van getijdenzanden niet meegenomen. Voor het maatgevende vak is het effect van het aanpassen van het kritiek verval met een factor 1,5 beschouwd. Het aanpassen van het kritiek verval is mogelijk door de aanwezigheid van getijdenzand. Uit het KIA onderzoek naar getijdenzand [8] is gebleken dat een factor van 1,4 toepasbaar is op het kritiek verval. Voor dijktraject 6-6 is dit verder uitgewerkt binnen het afstudeeronderzoek van Sytze Veeland [2]. Hieruit volgt dat een factor op het kritiek verval van 1,5 mogelijk is. Voor de uitgangspunten en de werkwijze ter implementatie van de factor op het kritiek verval wordt verwezen naar het Logboek Piping.

Resultaten

Voor het maatgevende vak (KMP61100) uit LBO-1 is het verval in Riskeer handmatig gecorrigeerd om het effect van de factor 1,4 en 1,5 toe te passen (zie het logboek Piping). De resultaten staan in Tabel 5-3. Hieruit volgt dat de faalkans van het vak afneemt met een factor 200 - 700. Voor de overige dijkvakken is deze factor ook van toepassing en ligt een afname van de faalkans in dezelfde ordegrootte in de lijn der verwachting. De faalkans voor piping op trajectniveau komt daarmee te liggen in de orde 10^{-7} en is daarmee verwaarloosbaar aan de trajectkans.

Tabel 5-3: STPH faalkans voor het maatgevende LBO-1 vak met aangepast kritisch verval.

DIJKVAK	KMP61100	
	Faalkans doorsnede	Faalkans vak
LBO-1	1/235.757	1/28.641
LBO-2 – factor 1,4	1/60.912.898	1/7.400.156
LBO-2 – factor 1,5	1/164.933.903	1/20.037.410

5.5 Geotechnische stabiliteit

5.5.1 Grootschalige glijvlakken (STBI, STBU)

Voor de grootschalige glijvlakken [macro-stabiliteit binnenwaarts (STBI) en buitenwaarts (STBU)] zijn twee maatgevende dijkvakken uit LBO-1 nader beschouwd. Dit zijn de vakken KMP76000 voor het toetsspoor STBI en KMP66400 voor het toetsspoor STBU. Ook is voor binnenwaartse macrostabiliteit een extra validatie uitgevoerd bij een alternatieve grondopbouw dan het maatgevende glijvlak (EH02550 – dit dijkvak staat centraal bij kleine glijvlakken zie paragraaf 4.5.2.). Voor deze vakken is het effect op de veiligheidsfactor bepaald bij de toename in de hydraulische belasting (waterstand en/of freatische lijn) in het zichtjaar 2035. Details over de uitgangspunten en analyse zijn opgenomen in het Logboek Geotechnische Stabiliteit.

Resultaten

- Voor de binnenwaartse macro-stabiliteit (STBI) heeft een verhoogde waterstand in het zichtjaar 2035 marginaal effect op de berekende stabiliteitsfactor. De stabiliteitsfactor neemt namelijk met minder dan 0,01 af – zowel voor de situatie voor een dijk op zand als voor een dijk op een kleilaag.
- Ook voor buitenwaartse macro-stabiliteit (STBU) is de toename van de berekende stabiliteitsfactor als gevolg van een hoger freatische vlak beperkt. De veiligheidsfactor neemt met ongeveer 0,01 af.

Duiding van de resultaten

Aangezien het effect van de toename van de hydraulische belasting als gevolg van verandering

van de peildatum op de veiligheidsfactor voor STBI en STBU marginaal is, veranderen de berekende LBO-1 faalkansen voor STBI en STBU niet wezenlijk:

- In LBO-1 is een STBI faalkans op trajectniveau van 1/62.572 per jaar bepaald. De faalkans voor geotechnische stabiliteit bij grote glijvlakken op het binnentalud ligt op trajectniveau daarom in de orde van 1/60.000 per jaar.
- In LBO-1 is geen STBU faalkans op trajectniveau bepaald, maar alleen een oordeel op trajectniveau. Het LBO-1 oordeel is categorie II_t. Gezien de veiligheidsfactoren nauwelijks veranderen is het daarmee onderbouwd dat de faalkansbijdrage van glijvlakken op het buitentalud, bij een standaard faalkansbegroting, ervoor zorgt dat de faalkans op trajectniveau zeker niet groter is dan 1/3.000 per jaar.
- Aanvullende sterkte – zoals bijv. de sterkte in de onverzadigde zone in de oude kleikern die aan de binnenzijde (landzijde) ligt - is nog niet meegenomen. De werkelijke faalkansen liggen daarom naar verwachting lager dan nu is weergegeven in deze beoordeling. Ook reststerkte en de kans op herstel bij buitenwaartse afschuivingen is nog niet in rekening gebracht bij de kwantificering van de faalkansen.

5.5.2 Opdrukken en afschuiven klein glijvlak (GABI)

Kleine glijvlakken worden in de regel beschouwd als de kans op een overslagdebiet van 1 l/s/m kleiner is dan de trajectnorm [17]. Alleen voor het maatgevende vak van GEKB (dijkvak EH02550) is dit relevant, de kans op 1 l/s/m golfoverslag is hier 1/300 per jaar. Voor de overige dijkvakken is de kans op 1 l/s/m (veel) kleiner dan de trajectnorm. Bij toenemende freatische waterspanningen zal ook opdrukken van de kleibekleding mogelijk zijn. Daarom is opdrukken of afschuiven van de binnenbekleding aan de binnenteen beschouwd:

- Binnen het maatgevende dijkvak ligt het dijklichaam op een zandbodem. Het infiltrerende overslagwater zal daarom gemakkelijk kunnen draineren naar het achterland. Een toename van de freatische lijn is daarmee beperkt.
- In geval toch sprake is van een (significante) toename van de freatische lijn is het niet fysisch onmogelijk dat er kleinschalig opdrukken of afschuiven plaatsvindt. Over de sterkte van de toplaag bestaat onzekerheid, zie het logboek. De veiligheidsfactoren voor een afschuiving variëren tussen de 0,65 en 0,95. Gegeven de veiligheid die verborgen is in de glijvlakmodellen is de kans op een kleine afschuiving daarom klein, maar het is niet onmogelijk. Voor opdrukken is sprake van eenzelfde situatie. Het is fysisch mogelijk, maar door de onzekerheid over de sterkte van de kleibekleding en doorlatendheid van de kleibekleding (en daarmee drukopbouw onder de kleibekleding) is het exacte moment van opdrukken niet te voorspellen.
- Voor de volledigheid (en om de impact van een andere dijkgeometrie in beeld te brengen) zijn de D-Stability berekeningen uit LBO-1 uitgevoerd voor het dijkvak dat maatgevend is voor grote glijvlakken. De gevonden veiligheidsfactoren liggen dan hoger (rondom de 1,0).
- Tijdens historische stormen (bij een verzadigde binnenteen) is geen melding gemaakt van kleinschalige afschuivingen of opdrukken van de kleibekleding. Daarmee is op basis van bewezen sterkte ook aannemelijk dat de kans op opdrukken of kleinschalig afschuiven van de kleibekleding klein is. Het is daarom ook onwaarschijnlijk dat zware neerslag tijdens of direct voorafgaande aan de storm zorgt voor een dusdanig belastingverzwaring dat sprake is van een veiligheidsprobleem.

Zelfs als sprake is van opdrukken en een kleinschalige afschuiving, dan is de tijdsduur van de storm (en daarmee verhoging van het freatische vlak of overslag) relatief kortdurend. Er is onvoldoende tijd om te komen tot een doorgaande bres (bijv. als gevolg van uitspoelen als vervolgmechanisme). Het is daarmee aannemelijk dat de kans op een volledige doorbraak van de kering ten gevolge van opdrukken en een kleinschalige afschuiving dermate klein is dat deze geen significante bijdrage heeft aan de overstromingskans.

5.5.3 Uitspoelen (STMI)

Uitspoelen is voor het initieel mechanisme (STMI) is niet relevant omdat sprake is van een zeer breed dijklichaam met een kleibekleding op het binnentalud.

5.5.4 Afschuiven grasbekleding buitentalud (GABU)

Voor het toetsspoor GABU is de LBO-1 uitgangspunten en werkwijze toegepast. Dit betekent dat de hierin vermelde informatie over de hoogte van de ondergrens van de grasbekleding, zandscheggen, soortelijke massa's en taludhellingen uit LBO-1 is onveranderd en gevalideerd voor de LBO-2 beoordeling. Alleen de hydraulische randvoorwaarden zijn geüpdatet voor het zichtjaar 2035. Dit betreft de waterstanden en significante golfhoogtes bij de signaleringsparameter (1/3.000 per jaar).

Resultaten

De resultaten van de Eenvoudige en Gedetailleerde toets na het updaten van de hydraulische belastingen staan in Tabel 5-4. Alle stappen van de beoordeling zijn te vinden in het logboek. Uit de resultaten is het volgende te concluderen:

- Tabel 5-4 geeft de GABU resultaten weer. In totaal is voor 9 van de 24 vakken het mechanisme relevant verondersteld. Voor 7 van deze 9 is de gedetailleerde toets uitgevoerd. De overige 2 vakken zijn goedgekeurd in de eenvoudige toets.
- Voor 5 van de 7 vakken is conform de gedetailleerde toets uit LBO-1 sprake van goedkeuren. Voor 2 van de 7 vakken is sprake van afkeuren.

Duiding van de resultaten

Er zijn twee vakken, EH06150 en KMP47000, die na de gedetailleerde toets zijn afgekeurd conform de LBO-1 werkwijze. De toets resultaten van deze vakken zijn nader beschouwd a.d.h.v. voorgaande overwegingen en constatering uit LBO-1:

- In LBO-1 is het oordeel van vak KMP47000 aangepast naar categorie II_v vanwege de minimale overschrijding van de waterstand bij de norm t.o.v. de onderrand van de grasbekleding. Het verschil bedroeg in LBO-1 namelijk 3 cm. In het zichtjaar 2035 groeit het verschil naar 15 cm.
- Het verschil tussen de waterstand bij de norm en de onderrand van de grasbekleding voor vak EH06150 is met 9 cm kleiner dan de 16 cm in vak KMP47000.

Het is onwaarschijnlijk dat bij deze kleine overschrijdingen van de rand van de harde bekleding sprake is van falen van de kering met doorgaande erosie als gevolg. De piek van de golf is dusdanig kortdurend dat sprake is van een beperkte belastingsduur en het nagenoeg onwaarschijnlijk is dat waterdrukken zich dusdanig in of achter de bekleding kunnen opbouwen dat sprake is van een buitenwaartse afschuiving van de grasbekleding. Zeker omdat de overschrijding van de onderrand van de grasbekleding maar een fractie van de golfhoogte betreft. Daarmee levert GABU geen significante bijdrage levert aan de overstromingskans.

Voor zowel de vakken KMP47000 en EH06150 geldt dat de GEBU faalkans in het zichtjaar 2035 relatief hoog is (zie paragraaf 5.1). Deze vakken zijn dominant voor het trajectoordeel van GEBU. Het GEBU faalmechanisme is vaak leidend t.o.v. GABU. De grasbekleding zal eerder falen door te eroderen (GEBU) dan door af te schuiven (GABU). Het GABU oordeel is daarmee niet leidend voor het vak. Dit is een tweede reden dat GABU geen significante bijdrage heeft aan de faalkans op trajectniveau.

Tabel 5-4: GABU toets resultaten voor het zichtjaar 2035. FV = Faalkans Verwaarloosbaar

DIJKVAK	RELEVANTIE	EENVOUDIGE TOETS (E.3)	GEDETAILLEERDE TOETS (G.2)
EH00000	Nee	-	-
EH02100	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
EH02550	Nee	-	-
EH03200	Ja	Verder beoordelen	1,58
EH04400	Ja	FV	-
EH05000	Ja	Verder beoordelen	2,83
EH05970	Ja	Verder beoordelen	2,43
EH06150	Ja	Verder beoordelen	4,99
EH07600	Ja	Verder beoordelen	1,62
EH08220	Ja	FV	-
EH08740	Ja	Verder beoordelen	1,57
KMP37070	N.v.t.	N.v.t.	N.v.t.
KMP47000	Ja	Verder beoordelen	4,15
KMP47500	Nee	-	-
KMP50850	Nee	-	-
KMP56000	Nee	-	-
KMP60370	Nee	-	-
KMP61180	Nee	-	-
KMP63800	Nee	-	-
KMP66450	Nee	-	-
KMP67000	Nee	-	-
KMP72600	Nee	-	-
KMP73100	Nee	-	-
KMP75800	Nee	-	-

5.6 Oostpolderdijk

In LBO-1 is voor de versterking Eemshaven Delfzijl gebruik gemaakt van een algemeen filter op vakniveau. In LBO-2 is dit onderdeel opnieuw/nader beschouwd.

De ontwerputgangspunten van de Oostpolderdijk zijn vergeleken met de beoordelingscriteria van LBO-2. De algemene conclusie is dat de ontwerputgangspunten conservatiever zijn dan de uitgangspunten bij een beoordeling. Dit komt enerzijds doordat de planperiode 25 jaar bedraagt, vanaf 2020, waardoor het ontwerp nog niet einde levensduur is. De belastingen (bijv. waterstanden) gehanteerd in het ontwerp zijn veelal hoger dan bij een LBO-2 beoordeling voor zichtjaar 2035. Ook zijn tijdens de dijkversterking onzekerheidstoelagen gehanteerd (bijv. +40cm op de waterstand) die later lager zijn uitgevallen. Als laatste zijn schematiseringsfactoren toegepast in het ontwerp waardoor sprake is van (enig) conservatisme ten aanzien van voorliggende LBO-2 beoordeling. In het macrostabiliteit ontwerp is weliswaar zonerings toegepast (met een onderscheid tussen grote en kleinere glijvlakken) – de kennis hierover is in LBO-2 verder gevorderd waardoor hier sprake is van eenzelfde of conservatievere aanpak in het ontwerp. Als laatste geldt dat in het ontwerp uiteraard geen rekening is gehouden met latere nieuwe inzichten en rekenmethodes (COM, getijdenzand, reststerkte en de sterkte initieel onverzadigde zone).

Dit betekent dat alle dijkvakken die in LBO-1 via het algemeen filter op vakniveau zijn goedgekeurd in LBO-2 niet zorgen voor een significante faalkansbijdrage. Daarom zijn deze vakken niet nader uitgewerkt. Ook het handelingsperspectief is voor deze vakken stabiel.

5.7 Kunstwerken

Voor de kunstwerken zijn de LBO-1 oordelen herzien a.d.h.v. een validatie van de uitgangspunten, meenemen van zeespiegelstijging in de belastingen en meenemen van veranderingen in sterkte of beheer. Voor details over de uitgangspunten wordt verwezen naar het Logboek Kunstwerken.

Resultaten

De resultaten zijn opgenomen in Tabel 5-5. Alle kunstwerken zijn gemalen, waarvan het buitenwater niet direct tegen het kunstwerk staat maar tegen het dijklichaam. Daardoor is het toetsspoor **HTKW** niet van toepassing. De faalkansen van het toetsspoor **BSKW** (Betrouwbaarheid sluiten) zijn opnieuw bepaald en verwaarloosbaar klein. Voor piping bij kunstwerken (**PKW**) zijn herberekeningen gemaakt gebaseerd op de berekeningen uit LBO-1. Ook deze faalkansen hebben een te verwaarlozen bijdrage. De sterkte van de kunstwerken (**STKWp**) voldoet ruim aan de norm in LBO-1. De geschatte faalkansen zijn een bovengrens, in werkelijkheid zal de faalkans kleiner zijn.

Tabel 5-5: Faalkansen LBO-2 Kunstwerken

Kunstwerk	HTKW	BSKW	PKW	STKWp
Gemaal Noordpolderzijl	n.v.t.	$6,23 \cdot 10^{-9}$	$1,73 \cdot 10^{-10}$	$< 1,16 \cdot 10^{-5}$
Gemaal de Stern	n.v.t.	$6,85 \cdot 10^{-12}$	$1,34 \cdot 10^{-6}$	$< 1,16 \cdot 10^{-5}$
Gemaal Spijksterpompen	n.v.t.	$2,56 \cdot 10^{-8}$	n.v.t.	$< 1,16 \cdot 10^{-5}$

5.8 Niet waterkerende objecten

Het traject bevat 27 NWO's, die uiteindelijk in LBO-1 op 2 na zijn goedgekeurd. Merk op dat rapport [3] melding maakt van 3 NWO's die zijn afgekeurd. In rapport [9] is 1 van deze 3 NWO's (Buisleidingstraat VOPAK Eemshaven-West) goedgekeurd. Het vertrekpunt voor de beschouwing van de 27 NWO's in LBO-2 zijn de rapportages [3] en [9]. In het Logboek NWO's is aangetoond dat voor de meeste NWO's de uitgangspunten uit LBO-1 ook valide zijn in LBO-2, waardoor het LBO-1 oordeel van Faalkans Verwaarloosbaar overgenomen is.

In het logboek zijn drie groepen NWO's gedefinieerd. De eerste groep is in LBO-1 goedgekeurd in de Eenvoudige Toets. De tweede groep bevat NWO's die (nagenoeg) ongevoelig zijn voor een toename van de hydraulische belastingen. De derde groep bevat de drie NWO's die in LBO-1 [3] zijn afgekeurd en op basis van aanvullende informatie zijn beoordeeld. We laten zien dat op basis van nieuwe inzichten alle in LBO-1 afgekeurde objecten in LBO-2 op een verwaarloosbare faalkansbijdrage zijn gesteld. Dit betreft dus de NWO Gasleiding Noordgastransport, de Buisleidingstraat VOPAK Eemshaven-West en ook Afvalwaterleiding Hoogkerk. Dit is verder uitgewerkt in het logboek. De eindoordelen voor LBO-2 zijn opgenomen in Tabel 5-6.

Tabel 5-6: Eindoordeel NWO's dijktraject 6-6. Tabel overgenomen uit LBO-1 ([9] - Tabel 11) en aangevuld met LBO-2 eindoordeel. Betekenis afkortingen: be=bebouwing, bo=begroeiing, kl=kabels & leidingen, oc=overige constructies.

Object	Type NWO	Eenvoudige Toets	Verder beoordelen	Toets op Maat	Eindoordeel LBO-1	Eindoordeel LBO-2
1. Windturbines Oostpolderdijk	NWOoc	-	-	FV	FV	FV
2. Kabelkruising Cobra Eemshaven–Oostpolderdijk	NWOkI	n.v.t.			n.v.t.	n.v.t.
3. Windturbines Oostpolderdijk–Eemscentrale	NWOoc	-	-		FV	FV
4. Koelwateruitlaat Eemscentrale–Zuid	NWOkI	Verder >	FV		FV	FV
5. Koelwateruitlaat Eemscentrale–Noord	NWOkI	Verder >	FV		FV	FV
6. Inlaat Eemscentrale	NWOkI	Verder >	FV		FV	FV
7. Windturbines Synergieweg Eemshaven	NWOoc	-			FV	FV
8. Dijkkruising k&l straat RWE Eemscentrale (goot)	NWOkI	Verder >	FV		FV	FV
9. Koelwaterinlaat RWE	NWOoc	Verder >	FV		FV	FV
10. Kade RWE Wilhelminahaven	NWOoc	Verder >	FV		FV	FV
11. Losstoep Wilhelminahaven (Eemshaven)	NWOoc	Verder >	FV		FV	FV
12. Radarpost Schildweg 27	NWObe	Verder >	FV		FV	FV
13. Overdekte dijkovergang aanlegsteiger Eemshaven	NWOoc	FV			FV	FV
14. Dienstensteiger Emmahaven	NWOoc	Verder >	FV		FV	FV
15. Loopbrug/taludtrap aanlegsteiger Eemshaven	NWOoc	FV			FV	FV
16. Infra k&l Eemshaven N–W	NWOkI	Verder >	FV		FV	FV
17. Buisleidingstraat VOPAK Eemshaven	NWOkI	Verder >	VI _v		FV	FV
18. Windturbines Schildweg Eemshaven	NWOoc	-	-		FV	FV
19. Windturbines Westereemsweg Eemshaven	NWOoc	-	-		FV	FV
20. Windturbines havenspoorlijn Eemshaven	NWOoc	-	-		FV	FV
21. Monument de Noordkaap ('Kunstwerk')	NWOoc	FV			FV	FV
22. Gasleiding Noordgastransport	NWOkI	Verder >	VI _v		VI _v	FV
23. Voormalige suatiesluis Noordpolderzijk	NWOoc	Verder >	FV		FV	FV
24. Afvalwaterleiding Hoogkerk	NWOkI	Verder >	VI _v		VI _v	FV
25. Monument de Wadloper	NWOoc	FV			FV	FV
26. Monument stoomgemaal Negenboerenpolder	NWOoc	FV			FV	FV
27. Dijkmagazijn Westpolder (Kustweg 24C, Lauwersoog)	NWObe	FV			FV	FV

6 VEILIGHEIDSOORDEEL

6.1 Assemblage

De bepaalde faalkansen op trajectniveau voor het zichtjaar 2035 zijn geassembleerd in Tabel 6-1. Per toetsspoor is aangegeven of het bijbehorende (initiële) faalmechanisme relevant is, en of dit ook een significante bijdrage levert aan de faalkans op trajectniveau. Hieruit is duidelijk op te maken dat de erosie van grasbekledingen (buitentalud, kruin en binnentalud) en het falen van de asfaltbekleding door golfklappen bepalend is voor de faalkans op trajectniveau. De faalkans voor de asfaltbekleding bij golfklappen is daarbij dominant gegeven de ouderdom en huidige staat van de bekleding. De faalkans voor erosie van de grasbekleding is orde 1/3.000 per jaar. Voor de asfaltbekleding is op basis van het beheerdersoordeel vastgesteld dat sprake is van een hoge faalkans. Dit leidt op trajectniveau tot een urgente veiligheidsopgave – veiligheidsoordeel categorie D.

De faalkansen voor de overige faalmechanismen van de groene dijk, de waterkerende kunstwerken en de NWO's is dusdanig dat ze geen significante bijdrage hebben aan de faalkans op trajectniveau.

Tabel 6-1: Assemblage van de toetssporen op trajectniveau.

FAALMECHANISME	TOETSSPOOR	RELEVANTIE	SIGNIFICANTIE VOOR TRAJECT	ORDE FAALKANS TRAJECT (1/JAAR)
Erosie grasbekleding	GEBU-GEKB	Ja	Ja	1/3.000
Piping	STPH	Ja	Nee	1/10.000.000
Stabiliteit steenzetting	ZST	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Afschuiven grasbekleding buitentalud	GABU	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Macrostabiliteit binnenwaarts	STBI	Ja	Nee	1/60.000
Macrostabiliteit buitenwaarts	STBU	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Afschuiven grasbekleding binnentalud	GABI	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Microstabiliteit	STMI	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Asfalt door golfklappen	AGK	Ja	Ja	Urgent veiligheidsprobleem – 1/30 per jaar ²
Asfalt opdrukken en vervorming (S-profiel)	AWO & ASP	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans asfalt

² Een urgent veiligheidsprobleem impliceert een overstromingskans op trajectniveau van 1/33 per jaar of groter (categorie D betekent een overstromingskans die 30x groter is dan de norm). Gezien de focus in deze beoordeling ligt op een stabiel handelingsperspectief en sprake is van een beheerdersoordeel voor het significante faalmechanisme is niet in detail aandacht besteed aan het exact kwantificeren van de overstromingskans. Strikt genomen is dit ook niet mogelijk omdat de module BM-Asfalt slechts geschikt is voor asfaltbekleding zonder scheuren terwijl ter plaatse van de Eemshaven juist sprake is (doorgaande) scheuren. Hier is tijdens het werkatelier ook op gereflecteerd (zie verslag werkatelier). Daarin is consensus over het handelingsperspectief dat sprake is van een urgent waterveiligheidsprobleem en dat over dient te worden gegaan van versterken van de dijkvakken waar sprake is van asfalt met scheuren. De gestelde overstromingskans van 1/30 per jaar is het middel om dit handelingsperspectief tot uitvoering te brengen.

Hoogte kunstwerk	HTKW	Nee	-	-
Betrouwbaarheid sluiten kunstwerk	BSKW	Ja	Nee	Geen bijdrage aan faalkans
Piping bij kunstwerk	PKW	Ja	Nee	$\approx 1/750.000$
Sterkte en stabiliteit puntconstructies	STKWp	Ja	Nee	$< \approx 1/30.000$
Sterkte en stabiliteit langsconstructies	STKWI	Nee	-	-
Duinafslag	DA	Nee	-	-

6.2 Duiding

Het veiligheidsoordeel van asfalt is dominant. De kwaliteit van het asfalt in de Eemshaven is zeer slecht wat zich uit in diepe/doorgaande scheuren en duidelijke oneffenheden. Dit is logisch gezien de levensduur van 40 – 50 jaar en een relatief hoog holle ruimte percentage.. Ook de asfaltonderzoeken laten zien dat het asfalt bros is wat de kans op nieuwe scheuren vergroot. Voor een aantal vakken is de faalkans voor GEBU of GEKB relatief hoog. Op deze vakken is de kering relatief kwetsbaar voor golfoverslag (GEKB) of ligt de overgang van de harde bekleding naar de grasbekleding relatief laag (GEBU). Als de kwaliteit van de asfaltbekleding niet zo dominant zou zijn voor de faalkans dan zou de trajectfaalkans (mede) bepaald worden door de faalmechanismen GEBU en GEKB.

De overige faalmechanismen dragen niet bij aan de trajectkans. De faalkansen van de geotechnische faalmechanismen zijn minimaal een orde kleiner dan die voor GEBU en GEKB en dragen daardoor niet bij aan de faalkans op trajectniveau. Het betreft een brede kering die beperkt kwetsbaar is voor grootschalige en kleinschalige afschuivingen. Ook zijn getijdezanden beperkt gevoelig voor piping. De kunstwerken zijn dusdanig robuust dat ze niet bijdragen aan de faalkans. Dit geldt ook voor de NWO's. Deze zorgen niet voor een hogere faalkans van de waterkering. De faalkans van de NWO's is namelijk verwaarloosbaar klein.

7 KWALITEITSBORGING, WERKATELIER & HANDELINGSPERSPECTIEF

7.1 Kwaliteitsdimensies

7.1.1 Kader

In de ministeriele regeling, bijlage 1 is een hoofdstuk opgenomen over kwaliteitsborging. Centraal in dit hoofdstuk staat Tabel 7-1 waarin de kwaliteitsdimensies en de indicatoren zijn beschreven. In het landelijk draaiboek voor LBO-2 is deze tabel overgenomen en verder uitgewerkt, zie Tabel 7-1.

Tabel 7-1: Kwaliteitsdimensies en -indicatoren (Tabel 6.1 uit Bijlage XXXIIA)

Kwaliteitsdimensie	Indicator
Compleetheid	Er is voldoende informatie voor het bepalen overstromingskans. Alle relevante informatie is benut.
Consistentie	De keuzes in de verschillende trajecten worden op dezelfde manier gemaakt (landelijk consistent).
Stabiliteit	Het resultaat van de beoordeling is stabiel. Het resultaat van de overstromingskansanalyse is stabiel in de zin dat het veiligheidsoordeel en handelingsperspectief niet gevoelig is voor aannames of gebruikte informatie/kennis.
Betrouwbaarheid	De beoordeling is vrij van toevallige fouten. De gebruikte kennis en instrumenten zijn op de juiste manier toegepast.
Objectiviteit	De totstandkoming van de beoordeling is zoveel mogelijk vrij van de invloed van voorkeuren en opvattingen van de beheerder of het adviesbureau dat de beoordeling heeft uitgevoerd.
Validiteit	De analyses die worden uitgevoerd zijn valide, dat wil zeggen dat de juiste analyses zijn uitgevoerd.
Deskundigheid	Benodigde kennis en ervaringen zijn gemobiliseerd.
Navolgbaarheid	De totstandkoming van de beoordeling is transparant en onderbouwd.

Onderstaand is de algemene invulling van de kwaliteitsdimensies van het kader:

- **Compleetheid:** Voor de beoordeling zijn in beginsel alle faalmechanismen beschouwd. Via het Plan van Aanpak zijn enkele faalmechanismen gekozen welke (mogelijk) dominant zijn voor het veiligheidsoordeel. Aan deze faalmechanismen is extra aandacht gegeven. Voor de overige faalmechanismen is het LBO-1 oordeel gevalideerd en geüpdatet, waarna beoordeeld is of het faalmechanisme een (significante) bijdrage levert op trajectniveau. Hier is gefocust op de ongunstige dijkvakken. Hierbij is waar mogelijk nieuwe informatie en kennis benut, waardoor de beoordeling een compleet beeld schetst van de veiligheid.
- **Consistentie:** De methodiek voor het beoordelen is binnen het traject consistent. Hierbij is gewerkt van grof naar fijn. Daarnaast is gebruik gemaakt van de meest recente informatie, nieuwe kennis en up-to-date software. De methodiek is daarom ook landelijk consistent met andere trajectbeoordelingen.
- **Stabiliteit:** Voor de beoordeelde (relevante) faalmechanismen is de stabiliteit van de resultaten beschouwd. De gevoeligheid van het veiligheidsoordeel is daarmee onderbouwd en stabiel. Ook is het handelingsperspectief voor de beheerder is hiermee stabiel.
- **Betrouwbaarheid en objectiviteit:** De uitkomsten van de beoordeling zijn door het

projectteam gecontroleerd en gevalideerd. Er heeft interne en externe kwaliteitsborging plaatsgevonden. Om te voorkomen dat de berekeningen leidend waren voor het bepalen van het veiligheidsoordeel is op basis van expert- en beheerderskennis in de PvA-fase een werkhypothese vastgesteld. Hierin is onafhankelijk van de berekeningen een hypothese voor het veiligheidsbeeld bepaald. Deze hypothese is gebruikt tijdens de kwaliteitsboring om de berekeningen te duiden (en vice versa). De berekeningen en de veiligheidsbeelden laten een consequent veiligheidsbeeld zien. De resultaten zijn daarom betrouwbaar.

- **Validiteit:** De uitgevoerde analyses zijn intern en extern gecontroleerd. Hierbij is ook het verhaal van de kering in acht genomen. De resultaten en duiding van de analyses zijn hierdoor gevalideerd.
- **Deskundigheid:** De analyses zijn uitgevoerd door experts, met elk een eigen specialiteit. De resultaten zijn vervolgens door andere interne experts gevalideerd. Daarnaast zijn de uitkomsten gedeeld met de beheerder en externe specialisten. Hierdoor is de deskundigheid van de analyses gewaarborgd. Via het werkatelier is gebruik gemaakt van de deskundigheid van het Adviesteam Dijkontwerp tijdens het werkatelier.
- **Navolgbaarheid:** Om de navolgbaarheid van de uitkomsten en het veiligheidsoordeel te waarborgen is gebruik gemaakt van logboeken. Hierin is opgenomen welke werkwijze is aangehouden, welke analyses zijn uitgevoerd en wat de resultaten zijn. In het hoofdrapport zijn deze resultaten overgenomen en geduid.

7.1.2 Kwaliteitsborging in de voorbereidingsfase

Tijdens de voorbereiding is de kwaliteit via het startgesprek en meerdere reviews (intern en extern). Hierin is opgenomen hoe de hydraulische belastingen voor de beoordeling zijn bepaald, en per faalmechanisme de gehanteerde werkwijze. Tot slot is ook aangegeven hoe men van plan was invulling te geven aan de kwaliteitsdimensies van het kader. Het Plan van Aanpak is tot stand gekomen via een interne review en veelvuldige overleg van de beheerder. Als laatste heeft een startgesprek met het adviesteam plaatsgevonden om de aanpak te valideren. Op deze manier is een doelmatige werkwijze opgesteld met in achtneming de korte doorlooptijd en kon steeds een juist veiligheidsoordeel met een stabiel handelingsperspectief worden geborgd.

7.1.3 Kwaliteitsborging in de uitvoeringsfase

De kwaliteitsborging tijdens de uitvoeringsfase is gedaan middels een reflectie van twee thema's:

- Gebruik van informatie
- Toepassen van kennis

Gebruik van informatie

Het vertrekpunt is de informatie die is verzameld in LBO-1 en de hierbij achterliggende documenten en rekenbestanden. Deze informatie set is stabiel en tijdens LBO-1 uitvoerig gereviewed. Deze set is gevalideerd en grotendeels als relevant en actueel bevonden. Daarnaast is gebruik gemaakt van de recente rapporten rondom (externe) reviews en nadere analyses, welke zijn opgesteld naar aanleiding van LBO-1. Daarop volgende veranderingen in de huidige situatie van kering zijn opgevraagd bij de beheerder. Voor een effectieve beoordeling is dus gebruik gemaakt van actuele, betrouwbare en complete informatie. Voor de Oostpolderdijk is ook gebruik gemaakt van de beschikbare informatie rondom het ontwerp en de daarbij gehanteerde uitgangspunten. In de beoordeling zijn de toen gehanteerde uitgangspunten gevalideerd met de huidige instrumentaria en kennis.

Toepassen van kennis

Het beoordelen van de faalmechanismen (toetssporen) is gedaan door verschillende experts, met elk hun eigen expertise. Voor elk van de faalmechanismen is nagegaan of nieuwe kennis van toepassing is, en of dit mogelijk het LBO-1 oordeel wijzigt. Hieruit zijn de meest relevante faalmechanismen nader beschouwd. Dit betreft toetssporen AGK, AWO, STPH, GEBU en GEKB. Voor de geotechnische stabiliteit, GABU, ZST en NWO's is de software herzien (NWO uitgezonderd) en zijn faalpaden toegepast bij de onderbouwing van het oordeel. Wat betreft het falen van de asfaltbekleding (AGK, AWO) is de nadere veiligheidsanalyse van de beheerder en de externe analyse voor LBO-2 gecontroleerd en besproken in het werkatelier. Uit de OOG-gesprekken is gebleken dat nieuwe kennis voor piping (STPH) relevant is. Deze nieuwe kennis zorgt ervoor dat de berekende faalkansen beter passen bij het veiligheidsbeeld van de beheerder. Voor de erosie van de grasbekledingen (GEBU, GEKB) is gebruik gemaakt van een nieuwe rekenmethode. Hierdoor zijn de toetssporen gecombineerd beoordeeld vanwege de correlatie tussen de faalmechanismen. Daarnaast is veelvuldig overlegt met experts om de gemaakt keuzes en vastgestelde uitgangspunten voor schematiseringen te bespreken.

7.1.4 Kwaliteitsborging in de rapportagefase

Uitgangspunten, schematiseringskeuzes en uitkomsten van de beoordeling zijn opgenomen in logboeken en voorgelegd aan interne en externe experts. Hierbij is het vier-ogen-principe toegepast. Daarnaast zijn de uitkomsten van de beoordeling frequent getoetst aan de ervaring, expertise en verwachting van de beheerder. De beoordeling o.b.v. analyse resultaten en duiding zijn ook besproken bij het werkatelier. Hierdoor heeft naast de interne en externe reviewronde nog een derde, onafhankelijke, review van de beoordeling plaatsgevonden. Op deze wijze is de kwaliteit van de beoordeling gewaarborgd in de rapportagefase.

7.2 Werkatelier

7.2.1 Startoverleg

Het startoverleg [20] van het werkatelier heeft plaatsgevonden op 18 december 2025. Hierbij aanwezig:

- Beheerder: Jan-Willem Niewenhuis & Irene Helmond (Waterschap Noorderzijlvest)
- Adviesbureau: Gerbert Pleijter (HKV)
- ADO: Bob van Bree & Marieke de Visser
- Toehoorder: Diederik Bijvoet (HWBP)

Het startgesprek is tot stand gekomen vanuit de zorgen vanuit het waterschap omtrent de asfaltbekleding. Het waterschap heeft daarom besloten om een versnelde LBO-2 beoordeling uit te voeren. Doel van het startgesprek is om afspraken te maken rondom de planning en bemensing van het werkatelier. Hiervoor zijn dominante faalmechanismen geïdentificeerd.

Uit het startgesprek volgt dat de asfaltbekleding als kritiek wordt gezien voor het veiligheidsoordeel van dijktraject 6-6. Daarnaast zijn de toetssporen GEBU en GEKB geïdentificeerd als relevante faalmechanismen, maar waarschijnlijk niet dominant. Op STPH is een sterke verandering van de faalkans te verwachten. Deze toetssporen krijgen hierom extra aandacht in de beoordeling.

Tot slot is besloten dat op er een specialistengesprek volgt wanneer de analyses voor de beoordeling voldoende ver zijn uitgewerkt.

7.2.2 Specialistengesprek

Het specialistengesprek [21] heeft plaatsgevonden op 3 februari 2026 in Westraven bij RWS in Utrecht. Hierbij waren de volgende experts aanwezig:

- Beheerder: Jan Willem Nieuwenhuis & Peter Lalkens (Waterschap Noorderzijlvest)
- Adviesbureau: Gerbert Pleijter (HKV), Roy Mom (Infram) & Arjan de Looft (Infram)
- Adviesteam ADO: Marieke de Visser en Ruben Jongejan. Bob van Bree en Cor Bisschop waren niet aanwezig maar hadden hun opmerking schriftelijk doorgegeven.
- Collega Waterschap: Bernd Fetlaar (Waterschap Zuiderzeeland).
- Toehoorders: Gert-Jan ten Apel (ILT) en Diederik Bijvoet (HWBP).

In het specialistengesprek is door Waterschap Noorderzijlvest een presentatie gegeven over de algemene uitkomsten van de beoordeling. Specifiek is stilgestaan bij het veiligheidsoordeel van de asfaltbekleding. Op hoofdlijnen zijn de volgende conclusies getrokken:

- Het adviesteam kan zich vinden in het algemene veiligheidsbeeld van normtraject 6-6. Op details zijn enkele suggesties gedaan [red. deze suggesties zijn verwerkt in voorliggende rapportage].
- Er is sprake van een ongewenste situatie en een urgente opgave voor de asfaltbekleding in de Eemshaven. De rekenmodellen voor de faalassen van de asfaltbekleding zijn hier niet geldig. De exacte faalkans is daarmee niet te kwantificeren.
- Het is wenselijk om de staat van de asfaltbekleding verder te monitoren en te bemeten. Eerdere meetcampagnes (zoals bijvoorbeeld in [13]) zijn een goede maatstaf voor het type en de dichtheid van nader onderzoek.
- Naast de grote vervangingsopgave van de asfaltbekleding is geadviseerd om door te kijken naar mogelijke andere opgaves in de toekomst. Hierbij is opgemerkt dat in de nabije decennia voor vier dijkvakken zich een GEBU/GEKB opgave voor doet. Dit verdient daarom een aandachtspunt. Ook is aanbevolen om voor macrostabiliteit de schematisatie en parameterbepaling aan te scherpen en eventuele nieuwe kennis hierin mee te nemen. Secundair is aanbevolen kennisontwikkelingen, zoals Steentoets, in de gaten te houden.

7.3 Handelingsperspectief

Op basis van deze LBO-2 beoordeling is het volgende handelingsperspectief vastgelegd:

- Er is sprake van een slechte asfaltbekleding en een urgent waterveiligheidsprobleem bij de asfaltbekleding in de Eemshaven. Het waterschap zal hier met het HWBP over in gesprek gaan.
- De asfaltbekleding wordt gemonitord en nader bemeten om de kwaliteit te monitoren, ook op de delen buiten de twee slechtste vakken (vak 48 en 50 – zie [12]). Deze onderzoeken worden al uitgevoerd ten tijde van het opstellen van deze rapportage en worden naar de toekomst toe gecontinueerd.
- Overgangen van een asfaltverharding naar de grasbekleding op de kruin en het binnentalud vormen kwetsbare punten en zijn normaal gesproken een punt waar schade aan de grasbekleding initieert bij golfoverslag. Op deze locaties wordt extra gelet op de graskwaliteit tijdens inspectie. In geval sprake is van fysieke ingrepen als gevolg van beheer en onderhoud wordt bekeken in hoeverre het mogelijk is deze punten minder kwetsbaar te maken.
- Wanneer de nieuwe hydraulische belastingen in het kader van LBO-2 beschikbaar komen wordt de impact op de veiligheidsbeelden inzichtelijk gemaakt.

8 REFERENTIES

- [1] HKV (2025). *Plan van Aanpak LBO-2, Dijktraject 6-6*.
- [2] Waterschap Noorderzijlvest (2025). *Het verhaal van de kering van dijktraject 6-6*.
- [3] Waterschap Noorderzijlvest (2022). *Waterveiligheidsbeoordeling dijktraject 6-6*. (LBO-1)
- [4] Regeling van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (2022). *nr. IENW/BSK-2022/237672, tot wijziging van de Omgevingsregeling in verband met het vaststellen van regels over de monitoring van de omgevingswaarden voor de veiligheid van de primaire waterkeringen en een juridisch-technische aanpassing*. <https://iplo.nl/publish/pages/215669/stcrt-2022-2917.pdf>
- [5] Kuijper & Oomen (2023). *Productie databases BOI2023 – Kust, IJM en VIJ-delta*. Definitief, versie 2.0. Zaaknummer RWS: 31174372, Projectnummer HKV: PR4627.10, Projectnummer Witteveen & Bos: 129806. Uitgegeven door Rijkswaterstaat WVL. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- [6] Smale & Klerk (2023). *Probabilistisch beoordelen en ontwerpen grasbekleding, samenvoegen GEBU en GEKB*. Definitief. Deltares, documentnummer: 11209483-002-HYE-0003.
- [7] Rijkswaterstaat WVL (2017). *Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017, Bijlage III Sterkte en veiligheid*. Den Haag: Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- [8] Fugro & Deltares (2023). *Eindrapport Piping in Getijdenzand*. Documentnummer: 1220-164143.R08, versie 3.0, Definitief. Uitgegeven door: HWBP & Waterschap Hollandse Delta.
- [9] Royal HaskoningDHV (2021). *WBI beoordeling kunstwerken en niet-waterkerende objecten Groninger Zeedijk dijktraject 6-6*. (LBO-1)
- [10] HKV (2020). *Aanscherping hydraulische ontwerpuitgangspunten Dijkversterking Lauwersmeerdijk – Vierhuizergat*. B. de Wolff, S. Post, G. Pleijter & V. Vuik. Projectnr.: PR3888.10
- [11] HKV (2022). *Nadere veiligheidsanalyse Normtraject 30-3, Hoofdrapport - Graserosie en geotechnische stabiliteit*. P. van Leeuwen, M. Huis in 't Veld & G. Pleijter. Projectnr.: PR4756.10
- [12] Infram – Hydren (2026). *Faalkans asfalt dijktraject 6-6*. Memo, definitief. Kenmerknr.: 000476-260128-01.
- [13] Infram – Hydren (2023). *Restlevensduurprognose asfalt dijkbekleding dijktraject 6-6*. Definitief, versie 2, 11 augustus 2023. Projectnummer: 22i828.
- [14] Kiwa KOAC (2020). *Rapportage laboratoriumonderzoek dijkkring 6*. Waterschap Noorderzijlvest. Kenmerknr.: e190387701-2.
- [15] Kiwa KOAC (2023). *Laboratoriumonderzoek WAB*. Kenmerknr.: e230140801.
- [16] TU Delft (2024). *Laboratoriumonderzoek veroudering Waterbouwasfalt (WAB)*.
- [17] KPR (2018). *Factsheet macrostabiliteit i.c.m. significante golfoverslag*. 8 maart 2018.

- [18] Klein Breteler, M. (2021). *Erosie van kleibekleding met gras op boventalud van Waddenzeedijken*. Meetverslag Deltagootproeven. Deltares, rapport 11204841-006-HYE-0008, 27 augustus 2021.
- [19] Klein Breteler, M. (2022). *Erosie van kleibekleding met gras op boventalud van Waddenzeedijken*. Analyse van de Deltagootproeven en berekeningen met OpenFoam. Deltares, rapport 11204841-006-HYE-0012, 24 augustus 2020.
- [20] Adviesteam Dijkontwerp (2025). *Startgesprek werkatelier dijktraject 6-6*. 18 december 2025. Versie: AD-verslag406-1-1-Startgesprek werkatelier dijktraject 6-6-Definitief.
- [21] Adviesteam Dijkontwerp (2026). *Advies aan Waterschap Noorderzijlvest in het kader van het Werkatelier dijktraject 6-6, deel A Advies aan beheerder*. 12 februari 2026. Versie: AD-advies 406-1-0.1 Advies werkatelier dijktraject 6-6 deel A – concept.

