



enw | expertisenetwerk
waterveiligheid

Analyse grote overstromingskansen LBO-1

Versie 1
Vastgesteld op 07-02-2024

Inhoudsopgave

1	Aanleiding en vraagstelling vanuit het ENW	3
2	Doelstelling en afbakening	5
3	Aanpak en proces op hoofdlijnen	6
4	Synthese - context en duiding berekende kansen	9
5	Synthese - Technische aspecten	13
Bijlage A.	Factsheets per dijktraject	16
Bijlage A.1	Dijktraject 13-6 (IJsselmeerkering Medemblik-Enkhuizen)	18
Bijlage A.2	Dijktraject 14-3 (Delflandse Rivierdijk)	21
Bijlage A.3	Dijktraject 21-2 (Hoeksche Waard – Zuid)	23
Bijlage A.4	Dijktraject 34-1 (Moerdijk – Oosterhout)	25
Bijlage A.5	Dijktraject 34-2 (Moerdijk – Willemstad)	27
Bijlage A.6	Dijktraject 58-1 (Groeningen)	29
Bijlage A.7	Dijktraject 36a-1 (Keent)	31
Bijlage A.8	Dijktraject 36-4 (Lith - 's-Hertogenbosch)	33
Bijlage A.9	Dijktraject 36-5 ('s-Hertogenbosch – Waalwijk)	35
Bijlage A.10	Mogelijkheden voor scherpere overstromingskans: trajecten 58-1, 36a-1, 36-4 en 36-5	37
Bijlage A.11	Dijktraject 48-2 (Westervoort-Doesburg)	39
Bijlage B.	Dominante vakken en mechanismen per traject	42
Bijlage C.	Ambitieniveau	43

1 Aanleiding en vraagstelling vanuit het ENW

In 2017 zijn nieuwe normen voor waterkeringen in werking getreden, gebaseerd op een overstromingsrisicobenadering en geformuleerd als maximaal toelaatbare overstromingskansen. In de eerste landelijke beoordeling (LBO-1) is de veiligheid van de primaire waterkeringen voor het eerst beoordeeld op basis van de overstromingskansbenadering en het bijbehorende nieuwe instrumentarium WBI2017. De resultaten zijn gerapporteerd in categorieën die weergegeven hoeveel de berekende overstromingskans afwijkt van de norm: A+ tot D. De berekende overstromingskansen die ten grondslag liggen aan het categorie-oordeel, zijn bij sommige dijktrajecten zeer groot (tot aan een jaarlijkse kans van 1). Vanuit het perspectief van bewezen sterkte of overleefde hoogwaters kunnen deze grote kansen meestal geen realistische¹ schatting van de overstromingskans zijn, omdat er al decennia geen doorbraak van een primaire kering is opgetreden en deze in de afgelopen decennia vaak ook nog zijn versterkt.

Het ENW (werkgroep Veiligheid) wil meer inzicht in de oorzaak van deze grote kansen, om daarvan te leren voor toekomstige beoordelingen en ontwerpen. Het ENW heeft aan Joost Pol (HKV) gevraagd om samen met betrokken specialisten van de waterschappen hiervoor een aantal dijktrajecten met grote berekende overstromingskansen nader te analyseren. Voorliggend memo beschrijft de resultaten van deze analyse.

Er zijn verschillende redenen aangedragen om dit nader te analyseren. Deze redenen hangen overigens samen met perspectieven op wat een overstromingskans zou moeten betekenen, zoals verder besproken in de paragraaf over Context en duiding. Ten eerste biedt dat de mogelijkheid om te leren van LBO-1 en deze inzichten te benutten in LBO-2 om te komen tot een realistischere overstromingskans, en optimalisatie van daarvan afhankelijke processen zoals prioritering en ontwerp van dijkversterkingen. Doelstelling van LBO-1 was immers om te leren werken met de overstromingskansbenadering, en het ENW wil graag bijdragen aan dit leertraject. Ten tweede worden in de basis dezelfde faalmechanismemodellen ingezet voor dijkontwerpen; als de modellen veel te grote kansen geven heeft dat niet alleen invloed op de beoordeling maar ook een negatieve impact op dijkversterkingskosten. Ten derde zijn deze overstromingskansen openbaar beschikbaar en kunnen (onbedoeld) worden gebruikt voor het inschatten van overstromingsrisico's (denk aan de EU Richtlijn Overstromingsrisico's, Water en Bodem Sturend, verzekeringen). Daarvoor is een realistisch beeld van de veiligheid van de waterkeringen nodig.

¹ Er is geen eenduidige definitie van een realistische of geloofwaardige overstromingskans. In dit memo spreken we over een realistische overstromingskans als deze volgt uit een juiste analyse met passende modellen, op basis van de beschikbare gegevens, én niet strijdig is met het (historische) gedrag van de kering.

Het ENW-advies 'Naar geloofwaardige overstromingskansen' (februari 2020) constateert verschillende oorzaken van deze grote kansen, met name rond de rekenmodellen die worden gebruikt, de modelinvoer, of de omgang met de modeluitvoer. In dat rapport zijn verschillende adviezen geformuleerd, inclusief gedetailleerde adviezen ter verbetering van de instrumenten. Een deel daarvan is ook al opgenomen in het Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium (BOI). De vier hoofdadviesen zijn:

1. Beperk de werklust door prioritering in de wettelijke beoordeling.
2. Richt kwaliteitsborging bij de beoordeling op de geloofwaardigheid van resultaten.
3. Werk aan een begrijpelijk en dienend instrumentarium.
4. Verbeter het instrumentarium op basis van lessen uit de praktijk.

In tegenstelling tot het ENW-advies uit 2020, is LBO-1 nu echter afgerond waardoor het landelijk veiligheidsbeeld compleet is. Daarnaast richt voorliggende analyse zich op specifieke trajecten, en zijn deze resultaten samen met de betrokken waterschappers doorgenomen.

2 Doelstelling en afbakening

De oorspronkelijke doelstelling van deze analyse was om voor een aantal dijktrajecten de belangrijkste technisch-inhoudelijke factoren te identificeren die tot de grote overstromingskansen hebben geleid, in beeld te brengen welke keuzes in die beoordelingen zijn gemaakt, en mogelijkheden te benoemen voor een aanscherping van de overstromingskans voor deze trajecten in toekomstige analyses. Uit de gesprekken met de specialisten bij de waterschappen is gebleken dat juist ook niet-technische aspecten een grote rol spelen. Die zijn daarom ook opgenomen in deze analyse (paragraaf 'Synthese - context en duiding berekende overstromingskansen').

Gezien de beperkte omvang van de analyse kan deze niet volledig zijn. Zo zijn slechts 10 dijktrajecten beschouwd (alleen trajecten met zeer grote overstromingskansen, groter dan 1/10). Daaruit leren we niet of die andere trajecten kleinere kansen hebben vanwege gunstigere dijk eigenschappen of omdat daar andere keuzes zijn gemaakt bij de beoordeling. Ook zijn geen schaduwberekeningen gemaakt om te kijken in hoeverre de overstromingskans verandert met alle kennis die nu beschikbaar is, bijvoorbeeld in het BOI. Hiervoor is een nadere verdiepende analyse nodig.

Verder merken we op dat de analyse nadrukkelijk geen evaluatie is van de wijze waarop de beoordelingen in LBO-1 zijn uitgevoerd, maar het zoeken naar verklaringen voor de grote berekende overstromingskansen en het identificeren van punten die bijdragen aan de bepaling van een geloofwaardige overstromingskans in LBO-2. Hierbij merken we op dat waterschappen na LBO-1 voor sommige trajecten al stappen hebben gezet om het beeld uit LBO-1 aan te scherpen of maatregelen hebben genomen om de overstromingskans te verkleinen.

3 Aanpak en proces op hoofdlijnen

Voor deze analyse hebben we een aantal dijktrajecten geselecteerd (zie onder), waarbij samen met een specialist van het betreffende waterschap de aanpak en beoordelingsresultaten van dit dijktraject zijn doorgenomen. Op basis van deze gesprekken in open sfeer en aanvullend toegeleverde informatie is voor elk beschouwd dijktraject een factsheet opgesteld met informatie over de totstandkoming van de beoordeling en aanvullende observaties of suggesties voor aanscherping van de rekenwijze in LBO-2. Daarnaast hebben deze gesprekken inzichten opgeleverd over de context en duiding van de berekende overstromingskansen, die zijn verwerkt in de synthese-paragraaf. Bij de inhoudelijke besprekingen lag de focus enerzijds op de generieke aanpak en keuzes bij de beoordeling van het traject, en anderzijds is soms in meer detail gekeken naar de invoer en resultaten van de berekeningen van de vakken en mechanismen die dominant zijn in de overstromingskans.

Informatie in factsheets

De factsheets in de bijlagen bevat een aantal categorieën:

1. Algemene informatie zoals de norm van het traject en de berekende overstromingskans;
2. Dominante dijkvakken en faalmechanismen die de berekende overstromingskans bepalen;
3. Het gebruikte instrument en gevoeligheidsanalyses;
4. Basisdata en schematisering;
5. Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans.

De informatie in de eerste vier categorieën is zo veel mogelijk feitelijk, gebaseerd op de beoordelingsrapportage, achtergronddocumenten, en onderliggende berekeningen. De laatste categorie heeft een subjectiever karakter, en is mede gebaseerd op de gesprekken met de specialisten van de waterschappen. Het begin van bijlage A bevat een aantal belangrijke opmerkingen over de duiding van de informatie in de factsheets.

Dijktrajecten

De beschouwde dijktrajecten zijn in principe die met een berekende overstromingskans groter dan 1/10 per jaar² omdat het vanuit oogpunt van overleefde situaties evident is dat dit een overschatting van de overstromingskans is. Bij kleinere kansen is de berekende overstromingskans veel moeilijker te spiegelen aan ervaringen of overleefde belastingen. De nadruk ligt door deze keuze van trajecten op de grote overstromingskansen en mogelijk conservatisme in het instrumentarium of de toepassing daarvan. Anderzijds kunnen berekende kansen bij andere dijktrajecten (of op onderdelen van de beoordeling) ook te klein zijn. Dat is echter veel moeilijker vast te stellen en blijft in deze analyse buiten beeld, maar zou onderdeel kunnen zijn van een verdiepende analyse met schaduwberekeningen.

De geselecteerde dijktrajecten liggen verspreid langs de rivieren, kust en meren (Figuur 1), in de volgende beheergebieden: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (13-6), Hoogheemraadschap van Delfland (14-3), Waterschap Hollandse Delta (21-2), Waterschap Brabantse Delta (34-1 en 34-2), Waterschap Aa en Maas (36-5, 36-4, 36a-1, 58-1), en Waterschap Rijn en IJssel (48-2).

Drie dijktrajecten met een overstromingskans groter dan 1/10 zijn niet beschouwd:

- Traject 16-5: Diefdijk, dit betreft een compartimenteringskering met een faalkans gegeven belasting in plaats van een overstromingskans per jaar;
- Traject 26-4: dit traject is afgekeurd op één keersluis die niet dicht kan, maar waar achter een voldoende hoge (niet primaire) dijk ligt, waardoor de overstromingskans vele male kleiner is dan berekend.
- Traject 52a-1: dit traject is niet beschouwd omdat het waterschap niet beschikbaar was voor consultatie.

Daarnaast wordt opgemerkt dat sommige waterschappen grote kansen hebben afgekapt op 1/100 op trajectniveau, andere niet. Ook is voor bijna 1/3 van de trajecten geen overstromingskans opgenomen in het Georegister. Het is dus mogelijk dat bij die trajecten ook aanzienlijk grotere kansen zijn berekend, maar die komen in deze analyse niet terug.

² Op basis van de kansen in het Nationaal Georegister, januari 2023. Data gepubliceerd door Informatiehuis Water.



Figuur 1: Locatie van de beschouwde 10 dijktrajecten.

4 Synthese - context en duiding berekende kansen

De twee synthese-paragrafen beschrijven de bevindingen uit de analyse van de geselecteerde dijktrajecten. De eerste betreft context en duiding, de tweede betreft technisch-inhoudelijke punten.

Een van de belangrijkste verklaringen voor de grote overstromingskansen is niet technisch-inhoudelijk, maar ligt in de context en doelstelling van de beoordeling. Uit de gesprekken met zowel waterschappers, ENW-leden, Rijkswaterstaat als marktpartijen, blijkt dat er uiteenlopende verwachtingen zijn over de betekenis van de berekende of gerapporteerde overstromingskans van dijktrajecten. Enerzijds wordt deze overstromingskans puur gezien als middel om dijkversterkingen te prioriteren op basis van categorie-oordelen, waarbij het precieze getal van minder belang is. Anderzijds wordt het gezien als een getal wat een realistische weergave moet zijn van de kans op een overstroming, dus een maat voor risico. De meeste betrokken ENW-leden kijken vooral vanuit dat laatste perspectief. Als het inderdaad een realistische risicomaat is, kan het als basis dienen voor andere werkprocessen zoals calamiteitszorg of ruimtelijke adaptatie. Deze laatste visie gaat echter verder dan de doelstelling van LBO-1, de wijze waarop WBI-faalmodellen zijn gedefinieerd, en de wijze waarop de LBO-1-resultaten tot stand zijn gekomen.

Doelstelling en ambitieniveau

Bij de start van LBO-1 is door de sector een ambitieniveau voor de beoordeling geformuleerd. In verschillende documenten wordt dit anders verwoord en zijn andere accenten gelegd, zie Bijlage C. Naast procesmatige doelstellingen zoals over het tijdig rapporteren aan de Minister en leren werken met de nieuwe veiligheidssystematiek, zijn doelstellingen over het veiligheidsbeeld opgenomen. In de Ministeriële Regeling (december 2016) is dit verwoord als 'inzicht krijgen in de veiligheid die primaire keringen bieden in het licht van de nieuwe normen en inzichten in de sterkte en de belastingen'. In het Draaiboek LBO-1 versie 3.0 (bestuurlijk vastgesteld door UWW, ILT en DGWB) is dit ingevuld met 'een eerste landelijk veiligheidsbeeld' en 'een gedetailleerd veiligheidsbeeld geven van normtrajecten met een urgente (D) veiligheidsopgave'. Een concretere invulling is voorgesteld in een brief van de Unie van Waterschappen:

- Ervaring opdoen met het beoordelen van dijktrajecten aan de nieuwe normen (Leren);
- Een indicatie per dijktraject geven of deze aan de wettelijke norm voldoet of niet;
- De dijktrajecten aangeven waarbij de afwijking tot de norm zo groot is, dat urgente verbetermaatregelen getroffen moeten worden.

Hierbij is veiligheidsbeeld geïnterpreteerd als indicatie of een traject wel of niet voldoet. In Bijlage I van de Ministeriële Regeling (par. 3.2.5) is dit uitgewerkt in het stopcriterium van een stabiel categorieoordeel op trajectniveau. In de praktijk hebben alle waterschappen (en ILT) gestuurd op dit stabiele categorieoordeel op trajectniveau. Dit is fundamenteel anders dan bij LBO-2, waar een 'gelooftwaardige overstromingskans' wél een van de leidende principes is, zie bijvoorbeeld de Handleiding overstromingskansanalyse. Als men de stap naar een realistischere overstromingskans wil maken, geeft de paragraaf 'Synthese - Technische aspecten' een aantal suggesties voor inhoudelijke verbeteringen.

Het beperken van het ambitieniveau tot 'stabiel oordeel' in plaats van een 'gelooftwaardige overstromingskans' leidt tot andere keuzes bij de aanpak van de beoordeling. Hiervoor werden stopcriteria gehanteerd, zie bijvoorbeeld de WBI2017-factsheet over het gebruik van gevoeligheidsanalyses 'wanneer is het goed genoeg'. Het betekent ook dat de onderliggende berekende kans niet altijd een realistische schatting van de overstromingskans is, dus geen maat voor risico. Een berekende kans wordt immers niet bijgesteld als de verwachting is dat dit niet leidt tot een ander (categorie-)oordeel op trajectniveau. En omdat men vaak start met conservatieve uitgangspunten, leidt dit eerder tot te grote dan te kleine kansen. Daarmee is het ambitieniveau en de daaruit volgende keuzes zeer bepalend voor de interpretatie en verklaring van de berekende overstromingskansen.

Stopcriterium

Bij een beoordeling wordt van grof naar fijn gewerkt. Technisch-inhoudelijk wordt het stoppen met verfijnen bepaald door de doelstelling: de beheerder kan onderbouwen dat het uitvoeren van nadere analyses er niet toe zal leiden dat het trajectoordeel in een andere categorie valt. Zeker bij trajecten met een strenge norm kan er nog een groot verschil zitten tussen de laagste categoriegrens³ en de berekende kansen in de orde van 1/10 per jaar. Verfijning leidt dan niet tot een ander oordeel, maar kan wel tot kleinere overstromingskansen leiden. Daarnaast spelen aanvullende redenen soms een rol bij het stoppen met verfijnen. Bijvoorbeeld omdat het waterschap inschat dat de kosten voor verder onderzoek niet opwegen tegen de baten.

Een inhoudelijk aandachtspunt bij het stopcriterium is de invulling van de gevoeligheidsanalyses om het stabiele oordeel te onderbouwen, of in LBO-2 een stabiele overstromingskans. Die invulling is uiteraard

³ Grens tussen categorie D en C is: faalkans meer dan 30x zo groot als de ondergrensnorm. Dus bij een ondergrensnorm van 1/3.000 is dit een kans van 1/100 per jaar.

locatie-specifiek, maar de keuze welke gevoeligheidsanalyses je maakt en in hoeverre je daarbij ook kijkt naar mogelijkheden buiten de standaard methodes is daarnaast ook afhankelijk van de specialist. Hierin kunnen kennisuitwisseling (bijvoorbeeld in het Werkatelier) en onafhankelijke reviews een rol spelen om meerdere invalshoeken op tafel te krijgen.

Er is echter nog wel een gesprek nodig binnen de sector over wat we van de resultaten van LBO-2 verwachten (waarvoor beoordelen we) en wanneer een overstromingskans realistisch genoeg is, dat is nu niet duidelijk.

Voortschrijdende kennisontwikkeling

Gedurende de periode van LBO-1 is veel nieuwe kennis ontwikkeld, en dat zal ook gedurende LBO-2 het geval zijn. Omdat veel kennisontwikkeling een optimalisatie van veilige aannames betreft, is het mogelijk dat later uitgevoerde beoordelingen gemiddeld genomen een kleinere berekende overstromingskans geven dan de eerder uitgevoerde.

In principe kan nieuwe kennis in LBO-2 meegenomen worden, ook als het (nog) geen onderdeel is van de BOI-handleidingen of BOI-software, wat naar verwachting leidt tot een realistischere overstromingskans. Ook hierin kan deugdelijke kwaliteitsborging en kennisuitwisseling (bijvoorbeeld in het Werkatelier) bijdragen. Aandachtspunt daarbij is wel hoe voldoende vertrouwen in die nieuwe kennis ontstaat en hoe er voldoende concrete handvatten zijn om het toe te passen? Daarbij kan het helpen om voor nieuwe kennis landelijk steeds voorbeelden of showcases te maken (bijvoorbeeld door Rijkwaterstaat als ontwikkelaar van het instrumentarium).

Ontsluiting van kans-informatie via webportals

Het Waterveiligheidsportaal toont de beoordelingsresultaten alleen als categorie. Op het Nationaal Georegister zijn ook de overstromingskansen uit de onderliggende berekeningen te downloaden. Hierbij ontbreekt een duiding van de getallen of een disclaimer. De data van LBO-1 op het Georegister kunnen niet los worden gezien van de doelstelling van LBO-1 en de duiding die de waterschappen in de bijbehorende rapportages hebben geschreven. In geval van zeer grote berekende kansen is in de rapportage bijvoorbeeld vaak aangegeven dat de getalsmatige uitkomst niet wordt herkend, maar wel het categorie-oordeel en het

beeld van de relatief zwakke plekken. Alle waterschappen geven aan dat die getallen niet zondermeer geschikt zijn om (door andere partijen) gebruikt te worden voor andere toepassingen. Voor een gebruiker van het dataportaal is dit echter niet duidelijk. Hiervoor is een disclaimer nodig bij het dataportaal. Omdat het Waterveiligheidsportaal en het Georegister de primaire openbare bronnen zijn voor informatie over overstromingsrisico-informatie, zou het zinvol kunnen zijn om hierin (naast de officiële LBO-1-resultaten) ook een actueel beeld van de overstromingskans op te nemen waarin recentere aanscherpingen en eventueel een expert-judgement zijn verwerkt. Dit kan ook helpen bij de beeldvorming over de overstromingsrisico's buiten de waterveiligheidssector.

Uitbesteding

Specialisten van sommige waterschappen zien een relatie met (de wijze van) uitbesteding van de beoordeling: bij uitbesteding aan een externe partij met een vast budget kunnen er met name bij een Toets op Maat meer belemmeringen zijn om het resultaat steeds verder aan te scherpen. Specialisten van andere waterschappen zien die relatie met uitbesteding niet.

5 Synthese - Technische aspecten

Een aantal technische aspecten die terugkomen in de trajecten:

- Dominante mechanismen binnen een traject zijn vaak stabiliteit binnenwaarts (STBI) en piping (STPH), in een enkel geval komt zettingsvloeiing (VLZV) en kunstwerken (STKWp) voor.
- De omgang met lengte-effecten en assemblage leidt regelmatig tot conservatieve uitkomsten (bijvoorbeeld door het toepassen van lengte-effecten binnen een vak in combinatie met het kiezen van de zwakste doorsnede, en door het optellen van vakkansen binnen een traject). De nieuwe versie van Riskeer zal hier meer flexibiliteit in bieden, maar waterschappers vragen ook om duidelijkere uitleg over de achtergronden van de methodes om hier een juiste keuze in te kunnen maken. Echter, bij de beschouwde trajecten met zeer grote kansen is vaak al sprake van een grote kans op doorsnedeniveau. Lengte-effecten spelen wel een rol in de grote kansen (vaak een factor 2 á 3) maar ook zonder lengte-effect en assemblage zouden de berekende kansen zeer groot zijn.
- Soms zit er verborgen veiligheid ingebouwd in de software, waarvan de gebruiker niet altijd bewust is, en die soms ook niet aan te passen is. Dit leidt tot onnodige conservatieve resultaten. Een voorbeeld bij piping is dat standaard een variatiecoëfficiënt van 10% op de kwelweglengte wordt toegepast. Als er geen voorland aanwezig is, is 10% meestal veel te hoog want de dijkbreedte is vrij nauwkeurig bekend en meestal wordt daaruit de zwakste doorsnede genomen.
- De berekende kans komt niet overeen met de kans op een overstroming. In de faaldefinitie van de Gedetailleerde Toets uit WBI2017 zijn, bewust, delen van het faalproces en noodmaatregelen buiten beschouwing gelaten. Bijvoorbeeld erosie van een restprofiel na een afschuiving of falen van de grasmat. Of dit een significant verschil maakt voor de overstromingskans is sterk afhankelijk van het mechanisme en de eigenschappen van de kering.
- Het is opvallend dat veel van de beschouwde trajecten in de 3e toetsronde goedgekeurd zijn (dus de normwaterstand van destijds (vaak 1/1250 of 1/10.000) veilig konden keren) op de mechanismen waarvoor nu zeer grote faalkansen worden berekend. Dit is niet te verklaren uit de strengere overstromingskansnormen, maar moet gezocht worden in het nieuwe instrumentarium of het gebruik daarvan. Bij het instrumentarium gaat het om veel veranderingen tegelijkertijd: nieuwe rekenmodellen (bijvoorbeeld Sellmeijer, CSSM) en nieuwe veiligheidsbenaderingen (bijvoorbeeld semi-probabilistisch rekenen, assemblage). Een aanbeveling is om voor de dominante mechanismen nader te onderzoeken waar deze grote verschillen door ontstaan, of dit vooraf verwacht werd in de WBI-consequentieanalyses, en of de rekenmodellen die ook in BOI gebruikt zullen worden voldoende geschikt zijn voor een realistische overstromingskans met bijbehorende faaldefinitie.
- Bewezen sterkte is in de beschouwde trajecten niet verwerkt in de kansinschatting. Het is soms wel in de duiding genoemd, maar wordt als lastig of veel werk ervaren om dit toe te passen, zeker binnen

de scope van een beoordeling. Hier zouden voor LBO-2 mogelijkheden kunnen liggen voor vereenvoudigde methodes, bijvoorbeeld op basis van fragility curves.

- De berekende kansen zijn veel groter dan de cases waarop de semi-probabilistische kalibratierelaties voor macrostabiliteit en piping op zijn gebaseerd (de stabiliteit is veel lager). Dit ligt dus buiten het toepassingsbereik van de semi- probabilistische methode. Voor een realistische overstromingskans zou beter zijn om bij dergelijke grote kansen een probabilistische berekening uit te voeren (voor de dominante vakken). Hoewel voorbeelden laten zien dat dit niet per se leidt tot kleinere faalkansen (soms veel groter), geeft het wel een zuiverder beeld omdat zo de grovere semi-probabilistische benadering overgeslagen.
- Er zijn ook faalmechanismen waarvan geen faalkans is gekwantificeerd, maar die in werkelijkheid wel bijdragen aan de overstromingskans, bijvoorbeeld graverij door bevers. Dit betekent enerzijds dat de kansen niet op alle punten conservatief zijn, maar versterkt anderzijds juist de conclusie dat sommige mechanismekansen onrealistisch hoog zijn (met de extra faalkansbijdrage zou de berekende overstromingskans *nog* hoger zijn).

Hoewel specialisten van de waterschappen de grote overstromingskansen duiden en (het getal op zich) nuanceren in de rapportages, blijft staan dat dit blijkbaar uit de analyses kan komen en dat dit niet altijd strookt met overleefde belastingen. Het is met de beperkte analyse in dit memo niet precies aan te wijzen of dit vooral komt door aannames in de rekenmodellen, statistische methodes of schematiseringskeuzes, of door een gebrek aan data. Om hier beter inzicht in te krijgen is een verdiepende analyse met een bredere groep specialisten nodig, zowel experts die de beoordelingen uitvoeren als degenen die de rekenmodellen ontwikkelen. Het is wel opvallend dat er verschillende voorbeelden zijn waar men met intensief grondonderzoek, een Toets op Maat en expertsessies niet tot een realistische overstromingskans komt, wat er op duidt dat in ieder geval een belangrijke oorzaak in gebruikte rekenmodellen ligt (faalmodellen of statistische modellen).

Bij veel van de beschouwde trajecten uit Bijlage A zijn wel aanscherpingen te identificeren voor een realistischere overstromingskans, met nieuwe inzichten die ontwikkeld zijn tijdens of na LBO-1, of aanvullende metingen (vaak geotechnisch en geohydrologisch). Daarnaast worden verschillende zwakke trajecten op korte termijn versterkt. De verwachting is dan ook dat LBO-2 tot minder grote overstromingskansen leidt. Een screening van recente ingangstoetsen van het HWBP levert ook het beeld op dat er bij veel trajecten ruimte is voor optimalisaties om de faalkansen (en daarmee de scope) aan te scherpen.

Specifieke punten voor piping (STPH) die vaak genoemd worden als mogelijke aanscherping:

- Realistischer schematiseren van de geohydrologie (D-GeoFlow analyses, anisotropie, meerlaagsheid)
- Meer meten aan geohydrologie (peilbuismetingen, HPT-sonderingen).

- Meer voorland meenemen (zijn recent handvatten voor beschikbaar gekomen)
- Kust- en Deltagebieden: anisotropie, sterkte van getijdenzand, tijdsafhankelijkheid.
- Toepassen van probabilistisch rekenen en bewezen sterkte.

Specifieke punten voor macrostabiliteit (STBI) die vaak genoemd worden als mogelijke aanscherping:

- Sterkte van de initieel onverzadigde zone en opbarsten (onderdeel van lopende onderzoeken).
- Faaldefinitie: intredepunt van de glijcirkel passend bij een overstroming, of uitvoeren faalpadanalyse.
- Aanscherpen van de schematisering van waterspanningen in het dijklichaam en de ondergrond.
- Aandacht voor stappen/keuzes in de (statistische) bewerking van grondonderzoek naar modelinvoer.

Specifieke aandachtspunten met betrekking tot het instrumentarium:

- Verschillende waterschappen geven aan dat er te weinig kon worden goedgekeurd met een Eenvoudige Toets, waardoor voor veel vakken uitgebreide analyses nodig waren. Anderzijds geven anderen aan dat de Eenvoudige Toets is overgeslagen, omdat de extra informatie voor de Gedetailleerde Toets toch al nodig was voor andere processen.
- De software nodigt niet altijd uit om verder te kijken naar de invloed van bepaalde keuzes met gevoeligheidsanalyses (voorbeeld: stabiliteitsberekeningen binnen Riskeer). Het flexibeler of gebruiksvriendelijker maken van de software kan hierbij helpen. Sommige waterschappen geven aan dat een groot deel van de tijd opging aan data en software, waardoor er minder tijd is voor de daadwerkelijke faalkansanalyse.
- Er is voor LBO-2 de behoefte aan rekenmethodes om met name de sterkte beter in rekening te brengen. Dit conform het ENW-advies uit 2020, om 'meer aan knoppen te kunnen draaien'. Zoals voor piping meenemen van anisotropie ondergrond (horizontaal en verticaal), weerstand voorland, en doorlatendheid. En voor macrostabiliteit de sterkte van de initieel onverzadigde grond. Hier zal mogelijk ook nadere kennisontwikkeling nodig zijn. Het helpt het waterschap als dit zo veel mogelijk centraal wordt gefaciliteerd, waar de beheerder de tools op de lokale situatie toe moet kunnen passen. Mogelijkheid voor aanscherping in tweede instantie zoeken in een 'nettere' bepaling van de faalkans (probabilistiek, lengte-effecten, assembleren). Maar het waterschap verwacht dat meer winst te halen in meer sterkte in rekening kunnen brengen.

Bijlage A. Factsheets per dijktraject

Algemene opmerkingen bij deze factsheets

- In de factsheets is benoemd welke aanvullende analyses mogelijk tot een realistischere overstromingskans kunnen leiden. Merk op dat dit vaak nieuwe inzichten betreffen die in LBO-1 nog geen onderdeel van de standaard WBI2017-rekenmodellen of werkwijze waren.
- De factsheets zijn relatief beknopt gehouden, waardoor niet alle context gegeven kan worden. Het complete verhaal van de kering (en de keringbeheerder) is te vinden in de bijbehorende beoordelingsrapportage. Ook is niet in detail nagegaan waarom bepaalde schematiseringskeuzes zijn gemaakt.

Opmerkingen per informatie-categorie

- De berekende overstromingskans per jaar is wat in Riskeer is berekend. Deze waarde is niet altijd gerapporteerd (soms staan er geen kansen in de rapportages, soms zijn deze anders gerapporteerd zoals '>1/100').
- Faalkansen zijn opgenomen voor de faalmechanismen graserosie kruin en binnentalud (GEKB), piping (STPH) en macrostabiliteit (STBI) als deze groter is dan 1/1000 per jaar op trajectniveau. In een enkel geval is een ander faalmechanisme toegevoegd als deze de overstromingskans van het dijktraject domineert. In de factsheets zijn de mechanisme-afkortingen gebruikt om deze compact te houden.
- Observaties: of er observaties bekend zijn, is gebaseerd op de beoordelingsrapportage en de gesprekken met de specialisten. Het is mogelijk dat er aanvullende observaties bekend zijn bij de dijkbeheerders.
- Detailniveau instrument. De beoordeling kon in LBO-1 uitgevoerd worden met verschillende niveaus van complexiteit: Algemeen filter (bijvoorbeeld o.b.v. VNK-resultaten), Voorlopig Oordeel, Eenvoudige Toets, Gedetailleerde Toets of een Toets op Maat.
- Gevoelighedsanalyses. Dit betreft in de factsheets analyses binnen de Gedetailleerde Toets. De gegeven factor in faalkans betreft een reductie van de faalkans, tenzij anders vermeld.
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject: hiervoor is als maat genomen het percentage van de dijk waar de vakfaalkans groter is dan 1/10 van de

mechanismekans van het traject. In Bijlage B zijn ook de percentages opgenomen voor 1/100 van de mechanismekans.

- Bij beschikbaarheid aangescherpte faalkans: merk op dat alleen LBO-1 resultaten bestuurlijk zijn vastgesteld, eventuele latere aanscherpingen niet. Ze geven echter wel een indicatie wat er in bepaalde gevallen orde grootte haalbaar is aan aanscherpingen met gedetailleerdere gegevens of methodes.

Bijlage A.1 Dijktraject 13-6 (IJsselmeerkering Medemblik-Enkhuizen)

Algemeen

- Lengte: 26 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/3
- Ondergrensnorm: 1/1000
- Datum beoordelingsrapport: augustus 2022

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STBI: 1/3
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STBI: 3%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Er is duidelijk een stabiliteitsprobleem: er zijn scheuren opgetreden, ook bij dagelijkse omstandigheden.
- Opmerkingen:
 - Het zwakste vak heeft geen berm, en een verzadigde kern (doorsnedekans 1/28 en vakkans 1/6 per jaar)
 - Het was naar verwachting dat het traject slecht scoort op macrostabiliteit vanwege de ondergrond en ervaringen bij de Markermeerdijken die een vergelijkbare opbouw hebben.
 - De steenbekleding is ook sterk afgekeurd, maar aan dat mechanisme is geen kans toegekend.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STBI is uitgewerkt t/m Toets op Maat. Deze is semi-probabilistisch uitgevoerd omdat probabilistisch rekenen voor vergelijkbare trajecten geen belangrijke verschillen opleverde. Faaldefinitie is gekozen conform Gedetailleerde Toets uit WBI, waarbij het intredepunt van het glijvlak op 1,5 m van de buitenkruinlijn ligt. Daarnaast is ook restbreedte/overhoogte

benadering toegepast: dit geeft wel kleinere faalkansen in gevallen met significante overhoogte maar onvoldoende voor goedkeuren.

- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - Groot aantal (acht) gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor STBI (voor het zwakste dijkvak en een representatief dijkvak). Gecombineerde effect op de zwakste doorsnede is ongeveer een factor 8 in faalkans. Dit geeft geen ander categorie-oordeel op trajectniveau.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - Geen SOS gebruikt maar lokaal grondonderzoek. 200 m sonderingen, 8 ijkvelden met labproeven voor Dijken op Veen methode om spanningsgeschiedenis te bepalen. Ijkvelden leiden nauwelijks tot aanscherping van default POP waarde. Schuifsterkteproeven voor s-waarde en m-waarde bevestigden ook de default spreidingen.
 - Waterspanningen. Voor de freatische lijn in de dijk is de veilige vuistregel uit TRWD niet toegepast, maar de dagelijkse grondwaterstand is bepaald o.b.v. sonderingen. Voor IJssel- en Markermeerkeringen ligt de grondwaterstand in de kruin onder dagelijkse omstandigheden veelal hoger dan het meerpeil als gevolg van opbolling. Als het toetspeil hoger is dan de opbolling is de freatische lijn verhoogd met +50 cm. De stijghoogte in de ondergrond is gebaseerd op een combinatie van de TNO isohypsenkaart en metingen.
- Hoe is omgegaan met grote kennisonzekerheid in dominante parameters: veilige waarde, scenario's of bandbreedteanalyse?
 - Sterkte kern / onverzadigde zone: gedraineerd aangenomen (veilig), er lopen nog onderzoeken hoe de sterkte van de onverzadigde zone kan worden benut.
 - Onzekere respons tussenzandlaag: peilbuizen in gezet.
 - Gerekend zonder overslag, want overslagdebiet is voldoende laag.
 - Bij specifieke maatwerk locaties (PWN-dam, kasteelgracht Medemblik) is een faalpadanalyse uitgevoerd met scenario's.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - Het zijn relatief kleine dijkvakken, weinig variatie binnen een vak, dus gemiddelde profiel is feitelijk ook het zwakste profiel binnen een dijkvak.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - nee

- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - De keuze tussen gedraineerd en ongedraineerd gedrag heeft een grote impact op de faalkans. Hier is gekozen voor ongedraineerd gedrag bij normwaterstanden o.b.v. WBI richtlijnen en ervaringen uit het Dijken op Veen project, maar een gedraineerde berekening kan hier afhankelijk van de situatie veel lagere faalkansen geven. Mogelijk kan dit bij een probabilistische analyse geoptimaliseerd worden door kleinere of langzame waterstandsverhogingen gedraineerd te berekenen, en alleen extremere waterstanden ongedraineerd.
 - Parameteronzekerheden zijn mogelijk te reduceren met een hogere dichtheid sonderingen (lokaal schematiseren, POP waarden gebaseerd op correlaties met CPT, optimalisatie van uitmiddeling glijvlak). Dat gaat gepaard met hogere kosten. Het is echter niet duidelijk welke dichtheid nodig of doelmatig is voor het aanscherpen van de faalkans door het verkleinen van statistische onzekerheden.
 - Toepassen van bewezen sterkte (hier zitten wel haken en ogen aan vanwege de toegenomen belastingduur na de Zuiderzeewerken, en observaties van vervormingen).

Bijlage A.2 Dijktraject 14-3 (Delflandse Rivierdijk)

Algemeen

- Lengte: 16,5 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/1 (cat. D)
- Ondergrensnorm: 1/10.000
- Datum beoordelingsrapport: april 2022

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - GEKB: 1/5
 - STPH: 1/2
 - STBI: 1/21
- N.B. alle bovenstaande faalmechanismen worden veroorzaakt door een zeer hoge kans op het indirecte mechanisme Zettingsvloeiing Voorland (kans 70% per jaar voor de zwakste voorlanden). Zonder Zettingsvloeiing voldoet het traject ruim aan de norm (cat. A).
- Opmerking: bij een zettingsvloeiing kan het hele voorland inclusief dijklichaam afschuiven, waarmee op deze locatie vrijwel direct sprake is van een overstroming. De 70% kans op zettingsvloeiing volgt uit een semi-empirische rekenregel op basis van observaties in Zeeland. Experts hebben aangegeven dat zettingsvloeiing hier niet uit te sluiten is gezien de relatief diepe vaargeul (20 m), zeer steile taluds (1:1,5) en het deels ontbreken van de steenbestorting. Een dergelijk hoge kans past echter niet bij het feit dat hier al jaren geen zettingsvloeiing is opgetreden.
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - GEKB: 32%
 - STPH: 12%
 - STBI: 6%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Omdat zettingsvloeiing naar verwachting getriggerd kan worden door willekeurige gebeurtenissen zoals fluctuaties in waterdruk en lokale erosie van het talud, is de afwezigheid van schade niet direct relevant om te vergelijken met berekende faalkansen.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - Toets op Maat, inclusief expertsessies en probabilistische berekeningen (faalpadanalyse) in samenspraak met Helpdesk Water en WBI-specialisten.

- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - Varianten doorgerekend waarbij de kans op een zettingsvloeiing niet hoger is dan 1/10 of 1/100 per jaar. Daarmee voldoen de meeste vakken nog niet aan de norm, maar de berekende kansen worden wel fors kleiner.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - Aanvullend grondonderzoek (inspectie steenbestorting met duikers) en lodingen.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - Meetprofiel in een vak, profielen liggen op 50m afstand.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking?
 - Nog niet, ingangstoets loopt.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Er zijn al diverse analyses uitgevoerd (expertsessie, modellering met HMBreach), waardoor de beheerder beperkte mogelijkheden ziet voor aanscherping binnen de huidige instrumenten.
- Bijzonderheden:
 - Het traject is in de 2e en 3e toetsronde goedgekeurd op zettingsvloeiing, vanwege een uitsluitcriterium op basis van de pakking van het zand. De grote faalkansen volgen in feite uit de nieuwe rekenmethode van WBI. Hierin spelen meer factoren een rol dan de pakking van het zand, en is er een nieuwe rekenmethode toegevoegd. Ook volgt uit de nieuwe rekenregel direct een faalfrequentie en geen fysisch interpreteerbare stabiliteitsfactor.
 - De eigenschappen van deze dijk (m.n. taludhelling en gedeeltelijke aanwezigheid van een bestorting) vallen buiten het bereik van de correctiefactoren in de semi-empirische rekenregel uit het WBI die is afgeleid op basis van zettingsvloeiingen in Zeeland. Gezien de hoge faalkansen die hier in dit geval uitkomen is het de vraag in hoeverre deze rekenregel toepasbaar is voor dergelijke afwijkende situaties.
 - Als noodmaatregel worden krammatten aangebracht in geval van een vloeiing (te treffen voorziening). Noodmaatregelen worden in de beoordeling echter niet meegenomen in de berekening van de overstromingskans.

Bijlage A.3 Dijktraject 21-2 (Hoeksche Waard – Zuid)

Algemeen

- Lengte: 40,3 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/5 (cat. C)
- Ondergrensnorm: 1/100
- Datum beoordelingsrapport: juli 2022
- Bijzonderheden: in 1954 (nog voor de bouw van de Deltawerken) is een waterstand van 3,82 m+NAP bij Numansdorp gekeerd. Met de huidige statistiek komt dit overeen met een terugkeertijd van ca. 1/500.000. Ook is een aantal hoogwaters met een terugkeertijd van ca. 1/10.000 gekeerd. De huidige 1/300 normwaterstand is 2,78 m+NAP.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting.
 - STPH: 1/6.
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 6%
 - De grootste vakkans voor STPH is 1/11, maar er is ook aantal vakken met een vakkans in de range van 1/10-1/100 per jaar.
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Nee, er zijn geen observaties van piping (zandmeevoerende wellen).

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: Gedetailleerde Toets.
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op berekende faalkans (factor):
 - STPH: overleefde belastingen in een periode van 70 jaar. Dit is niet volledig kwantitatief uitgewerkt, maar verkend wat de impact is als alle doorsnedekansen op minimaal 1/4.000 worden gezet. Het oordeel blijft dan categorie C, maar de faalkans neemt wel af met een factor 20 (STPH-trajectkans gaat naar 1/140).

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - SOS, met aanvullende sonderingen, (hand)boringen, peilbuizen en labonderzoek.

- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - Zwakste doorsnede binnen een vak gekozen. De vaklengte is doorgaans een paar honderd meter, er zijn alleen grotere vakken gedefinieerd bij uniforme ondergrondopbouw. Lengte-effect factor van doorsnede naar vak is meestal niet meer dan 2 á 3.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Nog niet bij dit traject. Wel bij nabijgelegen dijktrajecten (17-3, 20-3, 20-4). Daar is een groot deel van de pipingopgave verdwenen door nader onderzoek, maar de stabiliteitsopgave blijft grotendeels. De grote reductie in pipingopgave komt door een combinatie van geavanceerdere rekenmethodes zoals anisotropie (HPT-sonderingen), probabilistisch rekenen en extra sterkte van getijdenzand.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Veel kleinere faalkans verwacht vanwege overleefde belastingen. Dit is benoemd in de duiding van de rapportage, maar niet opgenomen in de faalkansen in Riskeer. Een reden hiervoor was dat de focus niet lag op het rapporteren van faalkansen maar categorieën op trajectniveau (waar het geen invloed op had vanwege een kunstwerk met categorie V oordeel). Ook wordt het als lastig ervaren om dit rekenkundig sluitend aan te tonen binnen het tijdsbestek van een beoordeling.
 - Aanscherping van de geohydrologie (rekenen met meerlaagsheid en anisotropie, meer meten van de grondwaterrespons).
 - Tijdsafhankelijk rekenen voor stabiliteit en piping, oftewel de korte hoogwaterduur in dit gebied expliciet meenemen in de berekening.
 - Probabilistisch rekenen.
 - Piping: toepassen van een kleinere variatiecoëfficiënt op de kwelweglengte. De default waarde van 10% wordt als groot ervaren, zeker bij schaaldijken.
 - Piping: ondergrondscenario's met tussenzandlagen zorgen vaak voor een hoge faalkans; die tussenzandlaag is naar verwachting vaak getijdenzand wat sterker is dan waar het huidige rekenmodel vanuit gaat.

Bijlage A.4 Dijktraject 34-1 (Moerdijk – Oosterhout)

Algemeen

- Lengte: 24,4 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/1 (cat. D)
- Ondergrensnorm: 1/300
- Datum beoordelingsrapport: oktober 2020
- Bijzonderheden: Voor de realisatie van de Deltawerken zijn hoge waterstanden gekeerd (>3m+NAP). Echter, de situatie bij het dominante dijkvak (Standhazensedijk) is in 2016 gewijzigd in ongunstige zin doordat deze in directe verbinding met het buitenwater is komen te staan. De hoogst gekeerde waterstand sinds 2016 is 1,97m+NAP (2020) met een terugkeertijd van 2 á 3 jaar.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STPH: 1/1
 - STBI: 1/337
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 4%
 - STBI: 4%
- Opmerking: één vak is dominant bij STPH (Standhazensedijk), deze is met spoed versterkt, de volgende grootste vakkans is 1/105 (trajectkans 1/30).
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Frequent optredende zandmeevoerende wellen bij Standhazensedijk Drimmelen, in combinatie met verzakkingen van het binnentalud.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: Toets op Maat
 - STBI: Toets op Maat
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: hoewel de stap van Gedetailleerde Toets naar Toets op Maat voor het dominante vak geen aanscherping gaf (grotere faalkans), was dit voor veel andere vakken wel het geval (lagere faalkans).
 - STBI: de stap van Gedetailleerde Toets naar Toets op Maat leidt tot een sterke verlaging van de faalkans (meestal enkele categorieën op vakniveau). Dit betreft optimalisatie

vakindeling, labproeven sterkteparameters, rekenen met D-Stability, probabilistisch rekenen.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - Proevenverzameling van alle primaire waterkeringen in het beheersgebied, aangevuld met lokaal onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - Zwakste doorsnede binnen een vak gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Nee, voorverkenning loopt voor een deel van het dijktraject.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Verwerken peilbuisgegevens: stijghoogte en freatische lijn.
 - Toepassen nieuwe kennis: rekenregels GEBU, getijdenzand STPH, rekenmethodiek NWO's, rekenmodellen STPH.

Bijlage A.5 Dijktraject 34-2 (Moerdijk – Willemstad)

Algemeen

- Lengte: 23 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/2 (cat. D)
- Ondergrensnorm: 1/300
- Datum beoordelingsrapport: september 2019

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STPH 1/29
 - STBI 1/13
 - STKWp 1/3 (Stabiliteit Kunstwerken - Puntconstructies)
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 3%
 - STBI: 6%
- Opmerkingen:
 - Kunstwerk met grote faalkans is al versterkt, waarna de overstromingskans afneemt naar 1/9. Dijkvakken met een macrostabiliteitsprobleem hebben een slappe ondergrond en steile taluds. Dijkvakken met een pipingprobleem zijn veelal smalle schaarlijken.
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Scheuren in wegdek ten westen van Noordschans.
 - Geen grote zandmeevoerende wellen gezien.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: grotendeels Toets op Maat
 - STBI: Toets op Maat
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: voorland meenemen gelijk aan 2x dijkbasis (factor 2-10), hele voorland meenemen (factor 3-100.000), tussenzandlaag niet watervoerend en meer demping (factor 2000), korrelgrootte van tweede zandlaag (factor 20). Op basis hiervan is D-GeoFlow ingezet in de Toets op Maat
 - STBI: er zijn 7 gevoeligheidsanalyses uitgevoerd. Hiervan zijn het toepassen van D-Stability en een aangescherpte definitie van het glijvlak (restbreedte) toegepast in de Toets op Maat.

- Bijzonderheden:
 - De gedetailleerde toets is uitgevoerd in 2 fasen: zonder en met aanvullend grondonderzoek. Het grondonderzoek leidt voor bijna alle vakken tot een gunstigere beoordeling (categorie) voor STPH. Voor STBI leidt het meestal tot een gunstigere categorie maar bij een aantal dijkvakken wordt het oordeel ongunstiger.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - Proevenverzameling van alle primaire waterkeringen in het beheersgebied, aangevuld met lokaal onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - Zwakste doorsnede binnen een vak gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Ja, er is een nadere analyse uit Voorverkenning Willemstad-Noordschans. Daarmee verdwijnt de opgave voor STPH, met uitzondering van één dijkvak. Dit komt door een combinatie van aanscherpen van de schematisering, nieuwe belastingen, probabilistisch rekenen. Voor STBI is daarnaast ook de faaldefinitie (ligging het glijvlak) aangescherpt. Bij sommige vakken leidt deze combinatie tot grotere faalkansen, maar meestal tot lagere kansen. Voor GEBU is de gehele opgave vervallen door nieuwe rekenmethodiek en belastingen.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Naast de aanscherpingen uit de Voorverkenning (zie bovenstaande) kan aanvullend grond(water)onderzoek in het vak met een resterende pipingopgave de faalkans nog iets aanscherpen, maar de opgave waarschijnlijk niet geheel doen vervallen.

Bijlage A.6 Dijktraject 58-1 (Groeningen)

Algemeen

- Lengte: 1,7 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/1
- Ondergrensnorm: 1/100
- Datum beoordelingsrapport: december 2020
- Bijzonderheden: kering was reeds afgekeurd in 2e toetsronde. In 2021 is een waterstand van ca. 1/80 jaar gekeerd. Dassenburchten aanwezig in delen van binnenkruin en over 2/3 van traject een leiding aanwezig onder kering.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting:
 - GEKB: 1/280
 - STPH: 1/1
 - STBI: 1/3
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - GEKB: 100% (meerdere vakken met vergelijkbare faalkans)
 - STPH: 36% (meerdere slechte vakken)
 - STBI: 68% (gedomineerd door 3 zwakke vakken, waarvan 2 met vakkans > 1/10)
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - STPH: er zijn geen observaties van zandmeevoerende wellen, in 2021 was wel sprake van kwel bij de dijk en watervoerende wellen bij een kunstwerk.
 - STBI: in 2021 was sprake van verweking en micro-instabiliteit van het talud.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: t/m Gedetailleerde Toets
 - STBI: t/m Gedetailleerde Toets
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: 25% lagere doorlatendheid, 10% hogere d70, variatiecoëfficiënt van 0 voor doorlatendheid en d70. Elke variant geeft ongeveer een factor 1,5-2 kleinere faalkans, maar nauwelijks effect bij het zwakste vak met een faalkans van 1/2. Daarmee heeft het geen invloed op de trajectkans en dus ook niet op het categorie-oordeel.

- STBI: er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de sterkteparameters gebaseerd zijn op de proevenverzameling van het nabijgelegen traject 36-1 in plaats van default waarden. Dit geeft een factor 3 lagere faalkans bij de zwakste 3 vakken, en die aangepaste sterkteparameters zijn opgenomen in het oordeel omdat deze beter passen bij traject 58-1.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - SOS, bestaande data, aanvullend geotechnisch en geofysisch onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - De vakindeling is zodanig gekozen dat er weinig variatie binnen een vak is. Binnen een vak is de zwakste doorsnede gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Niet voor het hele traject. In 2022 is wel een Gevoeligheidsanalyse macrostabiliteit binnenwaarts uitgevoerd voor enkele vakken in de trajecten 36-1, 58-1 en 36a. Hierbij is de schematisering aangevuld, probabilistisch gerekend, en er is verder naar de fysica (grondgedrag) gekeken. Bij het beschouwde vak in 58-1 veranderen de faalkansen voor macrostabiliteit nauwelijks. Voor piping is in 2023 gekeken naar de impact van een aangescherpte doorlatendheid, voorlanden, probabilistisch rekenen met fragility curves.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Zie Bijlage A.10 voor een algemeen beeld voor de vier beschouwde trajecten van Waterschap Aa en Maas.

Bijlage A.7 Dijktraject 36a-1 (Keent)

Algemeen

- Lengte: 4,4 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/6
- Ondergrensnorm: 1/1000
- Datum beoordelingsrapport: december 2020
- Bijzonderheden: veel zandpakketten in ondergrond, met dunne scheidende laagjes. 10 jaar geleden versterkt met pipingberm op basis van de rekenregel van Bligh. Nu zeer grote faalkansen door overstap op nieuwe instrumentarium. Dassenburchten aanwezig in kering.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting:
 - STPH: 1/8
 - STBI: 1/20
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 19%
 - STBI: 3%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Er treedt kwel op tijdens hoogwater. Er is een enkele observatie van gevonden zandmeevoerende wellen. Er zijn geen vervormingen gerapporteerd.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: t/m Gedetailleerde Toets
 - STBI: t/m Gedetailleerde Toets
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: 25% lagere doorlatendheid (factor 1,5 kleiner), 10% hogere d70 (factor 1,5 kleiner), variatiecoëfficiënt van 0 voor doorlatendheid en d70 (factor 5 kleiner).
 - STBI: er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarbij de sterkteparameters gebaseerd zijn op de proevenverzameling van het nabijgelegen traject 36-2 in plaats van default waarden. Dit geeft een factor 2-3 lagere faalkans bij de zwakste twee vakken, en die aangepaste sterkteparameters zijn opgenomen in het oordeel omdat deze beter passen bij traject 36a-1. Ook is een restbreedte-analyse uitgevoerd. Dit leidt bij het zwakste vak tot

een aanzienlijk lagere vakfaalkans (factor 250 kleiner) en daarmee zou de STBI-trajectkans naar 1/140 per jaar gaan.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - SOS, bestaande data, aanvullend geotechnisch en geofysisch onderzoek. Voor de ondergrond zijn scenario's uit het SOS gecombineerd met scenario's op basis van lokaal onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - De vakindeling is zodanig gekozen dat er weinig variatie binnen een vak is. Binnen een vak is de zwakste doorsnede gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Niet voor het hele traject. In 2022 is wel een Gevoeligheidsanalyse macrostabiliteit binnenwaarts uitgevoerd voor enkele vakken in de trajecten 36-1, 58-1 en 36a. Hierbij is de schematisering aangevuld, probabilistisch gerekend, en er is verder naar de fysica (grondgedrag) gekeken. Met name het lokaal maken van de schematisering heeft veel invloed bij het beschouwde vak in traject 36a-1 (grofweg een factor 30 kleinere faalkans).
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Zie Bijlage A.10 voor een algemeen beeld voor de vier beschouwde trajecten van Waterschap Aa en Maas.

Bijlage A.8 Dijktraject 36-4 (Lith - 's-Hertogenbosch)

Algemeen

- Lengte: 20 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/3
- Ondergrensnorm: 1/3000
- Datum beoordelingsrapport: mei 2020
- Bijzonderheden: Lopend HBWP project Lith – Bokhoven (samengesteld uit 36-4 en 4 km van 36-5). Dijktafuds lokaal steil. Lokaal zijn zandscheggen aanwezig.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STPH 1/13
 - STBI: 1/3
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 29%
 - STBI: 4%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Ja, kwel en zandmeevoerende wellen.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: t/m Gedetailleerde Toets
 - STBI: t/m Gedetailleerde Toets
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: een dikker watervoerend pakket (effect nihil), 25% lagere doorlatendheid (factor 2 kleinere kans), variatiecoëfficiënt van 0,20 voor de d70 (factor 1,5 grotere kans).
 - STBI: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: aanpassing SOS-scenariokansen (geen invloed), rekenen met verzadigde dijk bij deel van traject (niet berekend voor zwakste vakken), sterkteparameters o.b.v. proevenverzameling traject 36-4/36-5 (sommige vakken grotere en sommige kleinere faalkans, orde factor 1,5-3).

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek

- SOS, bestaande data, aanvullend geotechnisch en geofysisch onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - De vakindeling is zodanig gekozen dat er weinig variatie binnen een vak is. Binnen een vak is de zwakste doorsnede gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Nee. Er is in 2021 wel een probabilistische analyse macrostabiliteit uitgevoerd voor traject 36-4 en 36-5.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Zie Bijlage A.10 voor een algemeen beeld voor de vier beschouwde trajecten van Waterschap Aa en Maas.

Bijlage A.9 Dijktraject 36-5 ('s-Hertogenbosch – Waalwijk)

Algemeen

- Lengte: 17 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/1
- Ondergrensnorm: 1/3000
- Datum beoordelingsrapport: mei 2020
- Bijzonderheden: Lopend HWBP projecten Lith – Bokhoven en project Doeveren. Middendeel van 8 km is losstaand opgenomen op programma. Dijkaluds lokaal steil.

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STPH: 1/3
 - STBI: 1/2
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 22%
 - STBI: 6%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - Ja in hele traject zandmeevoerende wellen, observaties van zandmeevoerende wellen bij Doeveren bij hoogwater met een terugkeertijd van 3 en 6 jaar.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: t/m Gedetailleerde Toets
 - STBI: t/m Gedetailleerde Toets
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans (factor):
 - STPH: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: een dikker watervoerend pakket (factor 1,5 grotere kans), 25% lagere doorlatendheid (factor 1,5 kleinere kans), variatiecoëfficiënt van 0,20 voor de d70 (factor 1,5 grotere kans).
 - STBI: hiervoor zijn diverse gevoeligheidsanalyses uitgevoerd: aanpassing SOS-scenariokansen in een SOS-segment, aanpassing sterkteparameters, aanpassing waterspanningen.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - SOS, bestaande data, aanvullend geotechnisch en geofysisch onderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - De vakindeling is zodanig gekozen dat er weinig variatie binnen een vak is. Binnen een vak is de zwakste doorsnede gekozen.

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Het traject bij Den Bosch – Bokhoven en traject Doeveren wordt versterkt. Voor Doeveren is in een nadere veiligheidsanalyse ingezoomd op de ondergrondscenario's en is gebruik gemaakt van D-GeoFlow. Dat leidde tot pipingfaalkansen van ca. 1/600. De pipingopgave bleef echter in stand.
 - Ook is in 2021 een probabilistische analyse macrostabiliteit uitgevoerd voor traject 36-4 en 36-5.
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - Zie Bijlage A.10 voor een algemeen beeld voor de vier beschouwde trajecten van Waterschap Aa en Maas.

Bijlage A.10 Mogelijkheden voor scherpere overstromingskans: trajecten 58-1, 36a-1, 36-4 en 36-5

De benoemde mogelijkheden voor aanscherping van de overstromingskansen binnen alle beschikbare kennis en instrumenten zijn hier samengenomen voor alle trajecten van Aa en Maas, omdat hier een grote overlap tussen de trajecten in zit. Dit betreft een globaal beeld, wat niet voor alle trajecten van toepassing hoeft te zijn.

Algemeen

- Het belangrijkste voor aanscherping is het wijzigen van de doelstelling van LBO-1, het 'stabiele oordeel' naar de doelstelling van LBO-2 het bepalen van 'realistische overstromingskansen'.
- Bij het combineren van SOS-scenario's met lokaal onderzoek, is destijds geadviseerd om alle SOS-scenario's te behouden en aan te vullen met scenario's uit grondonderzoek. Daarmee speelt een heel ongunstig SOS-scenario die niet te zien is in grondonderzoek nog steeds sterk mee. Bij andere waterschappen is (later) wel geadviseerd om scenario's te schrappen als die niet te zien zijn in het grondonderzoek.
- Vakindeling van dominante vakken optimaliseren.
- Dominante vakken in meer detail analyseren (voorbeelden: uitgevoerde American style-beoordeling Sint Agatha, Zwakkeplekkenstudie)

Piping (STPH)

- Voorlanden meer meenemen (goede ervaringen in project Meanderende Maas). Nu zijn dunne deklagen niet meegenomen als voorland (o.a. vanwege ligging buiten beschermingszone). Voor deze aanscherping is een onderbouwing nodig met peilbuizen of een geohydrologisch model. Hiervoor zijn meetreeksen nodig en tijd om de modellen te bouwen.
- In rekening brengen van anisotropie en meerlaagsheid (met D-GeoFlow). Dit vergt ook aanvullend grondonderzoek om parameters (doorlatendheden) te bepalen.
- Vlakdekkende analyses: uittredepuntenmethode.

Macrostabieleit (STBI)

- Aanvullend grondonderzoek om parameters aan te scherpen: sterkte van het dijklichaam en peilbuismetingen voor scherper bepalen van de opbarstveiligheid.
- Nieuwe kennis: lopende onderzoeken naar opbarsten en sterkte initieel onverzadigde zone. Opbarsten is bij deze trajecten vaak van belang. Impact van onverzadigde zone hier naar verwachting kleiner omdat het veel dijken met gemengde opbouw (zandinsluitingen) zijn.

- Methodes: in specifieke gevallen potentie voor probabilistisch rekenen of vervolprocessen (restbreedte / 2e afschuiving). Maar de ervaring van het waterschap bij andere trajecten is dat probabilistisch rekenen met dezelfde informatie niet snel tot een andere categorie leidt.

Bijlage A.11 Dijktraject 48-2 (Westervoort-Doesburg)

Algemeen

- Lengte: 12,7 km
- Berekende overstromingskans per jaar: 1/8 (gerapporteerd: >1/100)
- Ondergrensnorm: 1/3000
- Datum beoordelingsrapport: juni 2021

Dominante vakken en mechanismen

- Berekende trajectkansen per mechanisme met kansinschatting
 - STPH: 1/357
 - STBI: >1/100 (1/8)
- Percentage van dijktraject met significante bijdrage aan faalkans traject (vakfaalkans groter dan 1/10 van de mechanismekans van het traject).
 - STPH: 9%
 - STBI: 7%
- Zijn er observaties die duiden op deze faalmechanismen?
 - In 1995 (hoogwater met terugkeertijd van 1/80 jaar) zijn langsscheuren en beweging van maaiveld geobserveerd, en kleine zandmeevoerende wellen. Na 1995 is de dijk echter versterkt (binnentalud verflauwd), zodat dergelijke waterstanden naar verwachting gekeerd kunnen worden.

Methode en instrumentarium

- Detailniveau instrument:
 - STPH: Gedetailleerde Toets
 - STBI: t/m Toets op Maat
- Uitgevoerde gevoeligheidsanalyses en invloed op faalkans:
 - STPH: diverse analyses uitgevoerd: geen voorlandweerstand bij kleilaag dunner dan 1,5 m, korrelgrootte en doorlatendheid watervoerend pakket o.b.v. SOS i.p.v. lokale aanscherping, aanscherping lokale waterstanden.
 - STBI: diverse analyses uitgevoerd: grotere schuifsterkte dijksmateriaal, 10x hogere doorlatendheid deklaag achterland, variaties in insteek glijvlak, volledig voorland meenemen. Bij het dominante dijkvak hebben de meeste gevoeligheidsanalyses beperkte invloed op de faalkans; alleen een 10x hogere doorlatendheid van het achterland heeft een sterk positief effect (betrouwbaarheidsindex van 1,49 naar 3,93). Om die doorlatendheid verder te onderbouwen is aanvullend grondonderzoek nodig.

Basisdata en Schematisering

- Wat is de bron van dominante parameterwaarden? Bijvoorbeeld: SOS, Aanvullend grondonderzoek
 - SOS, REGIS, aangevuld met lokaal grondonderzoek.
- Hoe is omgegaan met ruimtelijke variatie in de schematisering? Bijvoorbeeld zwakste of representatie doorsnede.
 - In het algemeen is zoveel mogelijk realistisch geschematiseerd, bijvoorbeeld niet altijd de zwakste doorsnede maar een representatieve/mediane. Soms zijn expertsessies gehouden voor onderbouwing keuzes (bijvoorbeeld de keuze voor ongedraineerd rekenen). Voor de doorlatendheid van het achterland is een veilige waarde aangehouden (0,01 m/d).

Mogelijkheden voor aanscherping overstromingskans

- Is er inmiddels een aangescherpte faalkans beschikbaar, bijvoorbeeld uit een versterking? Zo ja, hoe groot zijn de verschillen, en waar ontstaan die door?
 - Nee, maar wel nieuwe inzichten over de sterkte van de initieel onverzadigde zone (zie onder).
- Welke mogelijkheden ziet de beheerder voor aanscherping binnen alle beschikbare kennis en instrumenten?
 - STBI, onverzadigde zone: nieuwe kennis over de sterkte van de initieel onverzadigde zone is toegepast op de 'slechtste' vakken in 48-2. Hoewel er nog onzekerheden spelen, heeft deze kennis potentie om de faalkansen sterk te reduceren afhankelijk van de dijkopbouw (tot factor 100).
 - STBI, waterspanningen: het opbarsten van achterland kan scherper geschematiseerd worden (leklengte) en ondergrondscenario's kunnen uitgesloten worden met aanvullend grondonderzoek. WaternetCreator geeft soms onrealistisch hoge stijghoogtes met zeer grote impact op faalkans.
 - STBI, faaldefinitie: Insteek glijcirkel in betreffende vakken (in dit traject, en de vakken met de grootste faalkans op STBI) gekozen tussen binnenkruin-buitenkruin. Gezien aanwezige kruinbreedte (circa 5 meter) en verhouding tussen waterstanden en hoogte achterland, is hier verdere aanscherping niet mogelijk. Bij ander traject met andere geometrie en verhoudingen wel faalpadanalyse met 2e en 3e glijcirkel toegepast, en gekeken of er sprake is van bresvorming / overstroming.
 - STPH: extra sterkte door heterogeniteit, voorlandweerstand, anisotropie, en aanscherping van de doorlatendheid van het watervoerend pakket o.b.v. metingen. Maar er spelen nog wel vragen over hoe je dit samenhangend in rekening kan brengen.
 - Instrumentarium: moet flexibel genoeg zijn om de meest relevante en nieuwe kennis over de sterkte van de ondergrond en dijk in rekening te kunnen brengen, voor maatwerk en

gevoeligheidsanalyses voor de lokale situatie. Liever een som met de 'goede' dijksterkte buiten Riskeer, dan met beperkingen in Riskeer ten aanzien van de dijktechniek, maar wel probabilistisch. Voordeel van Riskeer is wel dat assembleren netjes en uniform gaat. Voor probabilistisch rekenen vaak nodig om meerdere waterstanden te beschouwen (bijvoorbeeld onder/boven voorland).

Bijlage B. Dominante vakken en mechanismen per traject

Tabel 1: Berekende faalkans op trajectniveau, en faalkans op trajectniveau voor piping (STPH), macrostabiliteit (STBI) en golfoverslag (GEKB).

Traject	Faalkans traject	Faalkans STPH traject	Faalkans STBI traject	Faalkans GEKB traject
13-6	1/3	1/276074	1/3	1/350877
14-3	1/1	1/2	1/21	1/6
21-2	1/5	1/6	1/8918	1/489855
34-1	1/1	1/1	1/337	1/11756
34-2	1/2	1/29	1/13	1/327972
36-4	1/3	1/13	1/3	1/10950
36-5	1/1	1/3	1/2	1/12500
36a-1	1/6	1/8	1/21	1/30008
48-2	1/8	1/357	1/8	1/81790
58-1	1/1	1/1	1/3	1/276

Tabel 2: Percentage van de relevante vaklengte waarbij de mechanismefaalkans op vakniveau groter is dan 1/10 of 1/100 van de mechanismekans op trajectniveau.

Traject	STPH > 1/10	STPH > 1/100	STBI > 1/10	STBI > 1/100	GEKB > 1/10	GEKB > 1/100
13-6	6%	16%	3%	18%	100%	100%
14-3	12%	12%	6%	6%	32%	32%
21-2	6%	16%	12%	35%	68%	100%
34-1	4%	4%	4%	4%	28%	91%
34-2	3%	6%	6%	17%	38%	42%
36-4	29%	45%	10%	46%	84%	100%
36-5	22%	42%	6%	37%	59%	81%
36a-1	19%	74%	3%	14%	100%	100%
48-2	9%	21%	7%	19%	70%	77%
58-1	36%	94%	68%	68%	100%	100%

Bijlage C. Ambitieniveau

Omschrijving van het ambitieniveau voor LBO-1 in verschillende documenten

Ministeriële Regeling primaire waterkeringen 2017 incl. memorie van toelichting, december 2016.

2.2. Realistische ambitie en strategie voor de komende beoordelingsronde

Gezien de grote veranderingen die nodig waren en de beperkte tijd die beschikbaar was voor het nieuwe beoordelingsinstrumentarium, heeft het Ministerie van IenM samen met de waterkeringbeheerders een beoordelingsprocedure ontwikkeld met een realistische ambitie en strategie voor de komende beoordelingsronde. Een procedure waarmee de volgende strategische doelen voor de beoordeling bereikt kunnen worden:

- Inzicht krijgen in de veiligheid die de primaire keringen bieden in het licht van de nieuwe normen en inzichten in de sterkte en de belastingen.
- Hierover tijdig (2023) verantwoording afleggen aan de Minister van IenM en hierover verslag uitbrengen aan de Eerste en Tweede Kamer middels de twaalfjaarlijkse rapportage.
- Mogelijk maken dat keringbeheerders jaarlijks trajecten kunnen aanmelden, zodat bijgedragen wordt aan een stabiel en voortrollend HWBP, waarmee de beheerders voortvarend aan de slag kunnen met het verbeteren van de meest urgente projecten.

Brief Unie van Waterschappen aan de Minister m.b.t. de concept Ministeriële Regeling, 19 juli 2016.

Gezamenlijk ambitieniveau

De Waterweg geeft aan dat de primaire waterkeringen in 2050 aan de nieuwe normen moeten voldoen. Er is sprake van een systeemsporg in het waterveiligheidsbeleid en het is de eerste keer dat het nieuwe instrumentarium in de praktijk wordt toegepast. Het ambitieniveau voor deze eerste beoordeling moet hierop zijn afgestemd. Zoals u terecht aangaf tijdens het wetgevingsoverleg van 4 juli jongstleden volgen na deze eerste beoordelingsronde nog twee volledige beoordelingsronden op weg naar 2050.

Voor deze eerste beoordelingsronde van zes jaar stellen de waterschappen voor het gezamenlijk ambitieniveau af te spreken:

- a) Ervaring opdoen met het beoordeling van de dijktrajecten aan de nieuwe normen;
- b) Een indicatie per dijktraject geven of deze aan de wettelijke norm voldoet of niet;
- c) De dijktrajecten aangeven waarbij de afwijking tot de norm zo groot is dat urgent verbetermaatregelen getroffen moeten worden.

Draaiboek Eerste Beoordeling Primaire Keringen Overstromingskans versie 3.0, juni 2020

Ambitie LBO-1

De eerste Landelijke Beoordeling op basis van Overstromingskansen (LBO-1) loopt vanaf 2017 tot en met 2022. In 2023 rapporteert de minister van Infrastructuur en Waterstaat het landelijk beeld aan de Eerste en Tweede Kamer.

De nieuwe systematiek op basis van overstromingskansen is een verbetering, maar ook complex, de tijd tot 2023 is relatief kort en de kennis bij alle betrokken partijen is in opbouw. Vandaar dat het Ministerie van I&W, de ILT en de waterkeringbeheerders samen de volgende, passende en realistische ambitie hebben afgesproken:

- Een eerste landelijk veiligheidsbeeld in 2023.
- Tijdig verantwoording afleggen aan de Minister.
- Een gedetailleerd veiligheidsbeeld geven van normtrajecten met een urgente (D) veiligheidsopgave.
- Leren en ervaring opdoen met nieuwe veiligheidssystematiek.



Colofon

Rapport opgesteld door: Joost Pol
Betrokken vanuit het ENW: Leo Smit, Matthijs Kok, Raphaël Steenbergen, Jentsje van der Meer,
Timo Schweckendiek, Henk van Hemert, Philippe Schoonen.
Betrokken waterschappen: Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Hoogheemraadschap van
Delfland, Waterschap Hollandse Delta, Waterschap Brabantse Delta,
Waterschap Aa en Maas, Waterschap Rijn en IJssel.

Uitgave van het Expertise Netwerk Waterveiligheid
© 2024

Expertise Netwerk Waterveiligheid
E enwsecretariaat@rws.nl
I www.enwinfo.nl