



Voortgangsbericht KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid

no 6





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden



Samen met vele andere partijen voert Deltares onderzoek uit voor Rijkswaterstaat op het gebied van waterveiligheid. Dit gebeurt in het kader van het KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid (VOW), waarin KPP staat voor kennis primaire processen.

Rijkswaterstaat gebruikt de uitkomsten van het onderzoek om zijn primaire proces rondom waterveiligheid te verbeteren. Hierbij gaat het om kostenbesparingen bij aanleg, beheer en onderhoud, om betere risicobeheersing en om versterking van het imago van Rijkswaterstaat.

Het merendeel van de projecten wordt in NKWK-kader uitgevoerd, dus samen met en met medefinanciering van andere partijen uit de sector, zoals STOWA, individuele waterschappen en TU Delft.

Dit voortgangsbericht brengt de werkzaamheden in beeld die we in 2020 hebben uitgevoerd. We hebben onderscheid gemaakt tussen projecten (P1 t/m P11) en verkenningen (dit jaar maar één, V1). Bij de projecten en verkenningen heeft Rijkswaterstaat kort aangegeven welke meerwaarde het project voor Rijkswaterstaat heeft.



P1 Quick reaction force

P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties

P3 Overgangen dijkbekledingen

P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen

P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen

P6 Optimalisatie kribben

P7 Morfologie en scheepvaart

P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat

P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement

P10 Graverij door dieren

P11 Meetprotocol kunstwerken

V1 Verkenning damwanden

P1 Quick Reaction Force

Waar werken we aan

Het doel van de Quick Reaction Force (QRF) is verbeteren van waterveiligheidskennis door betere acquisitie, ontsluiting en gebruik van velddata rondom stormen en hoogwaterstanden. De QRF biedt een structuur voor een betere afstemming tussen de betrokken stakeholders over de ontsluiting van velddata, het inwinnen van (eventueel extra) metingen en voor het opstellen van gemeenschappelijke rapportages. De QRF bevordert daarmee de samenwerking, tijdens en na afloop van stormen, tussen Rijkswaterstaat, waterschappen, universiteiten en Deltares. Hierdoor wordt de kennis van waterveiligheid continue verder ontwikkeld. Een voorbeeld is de kennisontwikkeling van XBeach voor het Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium (BOI) Zandige Keringen.

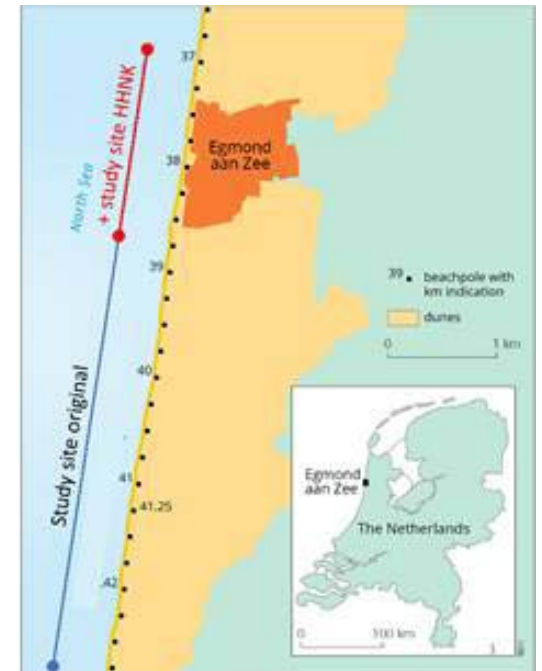
Wat kunnen we al laten zien

We werken samen met de Universiteit Utrecht in een langlopend project bij Egmond aan Zee. Vlak voor en na een storm meten we de bodemhoogte van vooroever, strand en duinen. Tijdens de storm meten we ook de waterstanden en golven. We vergelijken dit met een voor dit gebied opgezet XBeach-model. Figuur hiernaast toont het studiegebied. In het originele studiegebied zijn metingen vanaf 2013 beschikbaar in hoge temporele en ruimtelijke resolutie. In 2020 is het studiegebied uitgebreid met het interessegebied van Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). In 2020 is eveneens samenwerking gestart met het Interreg North Sea Region Building with Nature (BwN) project.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

In 2021 wordt de ontwikkeling van het XBeach model voor Egmond uitgevoerd in samenwerking met het Interreg Building with Nature project en het ontwikkelen van XBeach voor het Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium (BOI) Zandige Keringen.

De ontwikkelde optimum modelinstellingen voor de Nederlandse kust binnen BOI-Zandige Keringen zullen worden toegepast voor het Egmond model. Hiermee draagt de Quick Reaction Force bij aan de ontwikkeling van technieken die nu en in de toekomst nodig zijn voor monitoring van strand- en duinerosie langs de kust. Deze kennis wordt onder meer gebruikt voor het beoordelen van de sterkte van de Nederlandse kust en de effectiviteit van zandsuppleties.





P1 Quick reaction force

P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties

P3 Overgangen dijkbekledingen

P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen

P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen

P6 Optimalisatie kribben

P7 Morfologie en scheepvaart

P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat

P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement

P10 Graverij door dieren

P11 Meetprotocol kunstwerken

V1 Verkenning damwanden

P2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties

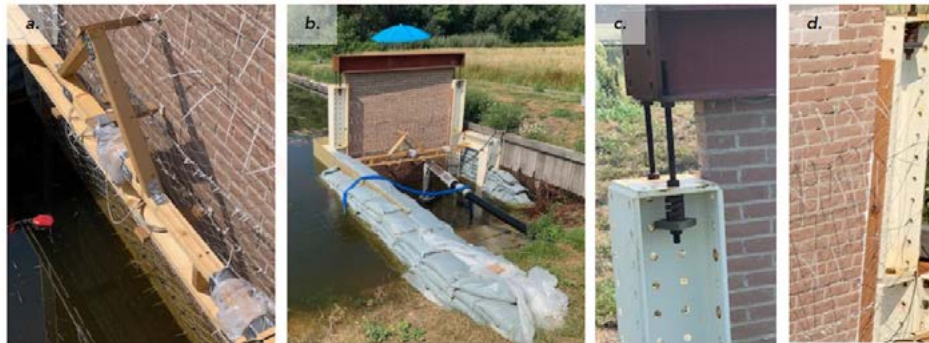
De kennisalliantie "Slachtoffers en evacuatie", waarin RWS, TUD, HKV en Deltares sinds 2017 participeren, doet onderzoek naar evacuatie, mortaliteit en slachtofferschattingen om daarmee de waterveiligheid en het crisismanagement te verbeteren.

De twee hoofdvragen waar de kennisalliantie aan werkt zijn:

- Hoe kan een evacuatie effectief uitgevoerd worden en wat bepaalt die effectiviteit?
- Hoe kan de bij een overstroming te verwachten mortaliteit en het aantal slachtoffers het best bepaald worden, rekening houdend met (nieuwe) kennis over evacuatie, gedrag, gebouwsterkte en andere factoren?

In de afgelopen jaren is een slachtoffer- en evacuatiedatabase gemaakt en is er onderzoek gedaan naar slachtofferfuncties, de invloed van vertrekcurves op evacuatie, de invloed van huissterkte (zie onderstaande foto's) en de modelleringsaanpak op slachtofferuitkomsten.

Hierin is samengewerkt met onderzoekers in binnen- en buitenland.



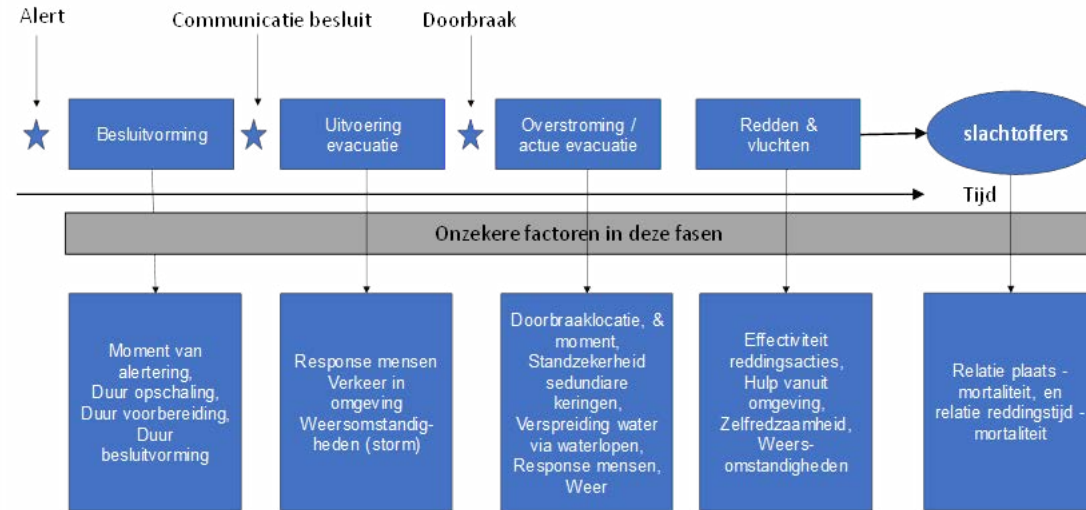
a) Timber support for 3 potentiometers, b) dike made from sand bags, c) spring for application of vertical force on the masonry wall, and d) timber support at the sides.

In 2020 is de beschikbare kennis toegepast op enkele dreigings- en overstromingsscenario's. Deze zijn doorgeredeneerd tot storylines. Een storyline is een verhaal waarin stapsgewijs een overstromingsgebeurtenis wordt doorlopen, waarbij steeds even wordt gepauzeerd om de situatie te beschouwen. De storyline begint wanneer de hoogwatervoorspellers een dreiging detecteren en eindigt bij de herstelfase. Op ieder tijdstip wordt beschreven wat er op nationaal en regionaal niveau gebeurt, wat er gebeurt in het watersysteem, wat de Veiligheidsregio en het Waterschap besluiten en doen, en hoe de burgers (binnen- en buitendijks) reageren. Dit wordt gedaan door voor iedere cruciale aanname een keuze te maken. De resulterende storyline is geen voorspelling, maar een mogelijk scenario. De slachtoffermodellen zijn toegepast op de storylines om zo te zien of ze leiden tot plausibele uitkomsten voor verschillende situaties.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden



Als een dreigingsscenario werkelijkheid wordt, dan zal het verloop waarschijnlijk niet precies overeenkomen met de geschetste storyline. Er zijn voor het ontwikkelen van een storyline immers keuzen en aannamen nodig. Daarom zijn er ook evacuatiebomen ontwikkeld. Hierin is voor de belangrijke keuzen en aannamen in de storyline niet één waarde genomen, maar is een verwachte, een gunstige en een ongunstige aanname gedaan. Met die evacuatiebomen kan het effect van onzekerheden op evacuatie en slachtofferaantallen bepaald worden. Vooral wanneer er minder tijd beschikbaar is voor (preventieve) evacuatie, kan het aantal slachtoffers snel oplopen. De storyline is één pad door de evacuatieboom.

Uit de storylines en evacuatiebomen kwam inzicht in onderdelen waar duidelijk nog verbetering nodig is. Zo wordt de ruimtelijke variatie in bijvoorbeeld waterdiepte en stijgsnelheid en in aankomsttijd van het water nog niet altijd goed meegenomen bij de evacuatiemogelijkheden, waarbij in riviergebieden deze aankomsttijd meerdere dagen kan bedragen. Ook de samenhang in bedreiging en strategieën van verschillende gebieden behoeft aandacht. Verder is er behoefte aan geactualiseerde methoden voor het bepalen van slachtofferfuncties en het ondersteunen van besluitvorming over het al dan niet verticaal of preventief evacueren, met daarin ruimtelijke informatie, informatie over de orde van grootte van onzekerheden en handelingsperspectieven. Een illustratieve casestudy helpt daarbij. Deze informatie helpt ook bij het bepalen van het basisbeschermingsniveau (Lokaal Individueel Risico), één van de criteria achter de waterveiligheidsnormen.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

De storylines, evacuatiebomen, de bijbehorende slachtofferaantallen en de aanbevelingen zijn besproken in twee werksessies met experts uit het waterveiligheidsbeleid en crisismanagement. De sessies werden enthousiast ontvangen en hebben geleid tot bevestiging en aanscherping van de aanbevelingen. Het delen en uitwisselen van kennis over gevaarlijke plekken, evacuatiemogelijkheden, onzekerheden in bijvoorbeeld besluitvorming, het overstromingsverloop, het evacuatieproces en de mortaliteit van achterblijvers leidde tot levendige en constructieve discussies. De resultaten en aanbevelingen dragen bij aan het werk voor de evaluatie van de Waterwet en aan de impactanalyses en analyses van handelingsperspectieven die de veiligheidsregio's gaan uitvoeren.

Meerwaarde voor RWS

De nieuwe inzichten zullen dit jaar direct kunnen worden toegepast bij de pilot naar evacuatiemogelijkheden in de landsgrens-overschrijdende dijkkring 48 (die in de het kader van de evaluatie van de Waterwet wordt uitgevoerd). In 2050 zal door dijkversterkingen niet overal in het gebied het wettelijke basisbeschermingsniveau worden gerealiseerd als gevolg van overstromingen vanuit Duitsland. Een verbeterd rampenplan kan hiervoor een oplossing bieden. Veiligheidsregio's in andere gebieden volgen deze pilot met grote belangstelling.



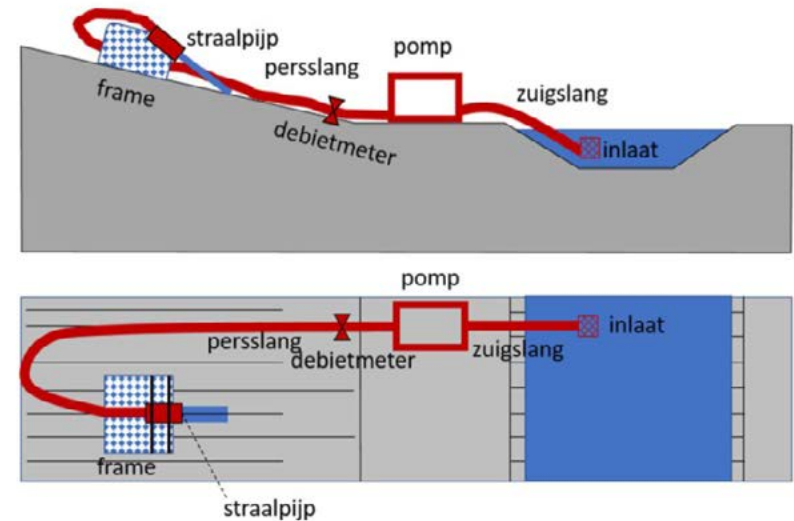
- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P3 Overgangen dijkbekledingen

Overgangen in dijkbekledingen zijn potentieel zwakke plekken, die kunnen leiden tot een hogere faalkansbijdrage. Het op de juiste wijze meenemen van overgangen en andere discontinuïteiten bij grasbekledingen bij ontwerp, beoordeling en beheer van primaire waterkeringen is, onder andere vanwege de grote variëteit, zeer complex.

Om overgangen en andere discontinuïteiten te testen is het mogelijk om deze te beproeven met bekende onderzoeksmethoden zoals de Deltagoot en verschillende in-situ simulatoren zoals de overslagsimulator en de oploopsimulator. Dit zijn doorgaans echter logistiek complexe en omvangrijke onderzoeken. De veelheid aan overgangen vereist ook veel testen waardoor de onderzoekskosten hiervoor relatief hoog zijn. Om die reden is er behoefte aan een kleinschaliger testmethode. Die is het afgelopen jaar ontwikkeld.

Het afgelopen jaar is de zogenoemde 'brandslangmethode' ontwikkeld. Deze methode kan binnen enkele uren door twee personen op locatie worden uitgevoerd waardoor de uitvoeringskosten bijzonder laag zijn. Bij de methode wordt het talud blootgesteld aan een waterstraal met een gestandaardiseerde belasting. De respons van de grasbekleding wordt gemonitord. Dit zal mogelijk leiden tot een erosieclassificatie. De verwachting is dat op termijn deze classificatie kan worden gebruikt voor het ontwerp, beheer en beoordeling van grasbekledingen inclusief overgangen en andere discontinuïteiten. Een impressie van de methode is weergegeven in de onderstaande figuren.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 **Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen**
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen

Voor een succesvolle toepassing van de meerlaagsveiligheidsbenadering is veel kennis en ervaring nodig. Het project 'Beheer- en noodmaatregelen' richt zich op laag 3 van deze veiligheidsbenadering, de calamiteitszorg. Bij een dreigende overstroming is het van groot belang snel de juiste maatregelen te nemen en deze maatregelen correct uit te voeren, zodat de overstroming kan worden voorkomen of tenminste de gevolgen ervan geminimaliseerd.

Wiki Noodmaatregelen

Op verzoek van Rijkswaterstaat en STOWA heeft Deltares de website Wiki Noodmaatregelen opgezet. Deze Wiki geeft een overzicht van stabiliteitsverhogende noodmaatregelen, die bij een (dreigende) overstroming op waterkeringen kunnen worden toegepast. Daarnaast wordt ook aan een kennismanagementsysteem gewerkt, waarbij de in Nederland en in het buitenland ontwikkelde en beschikbare kennis, ervaring en tools op het gebied van noodmaatregelen ontsloten en aan iedereen beschikbaar gesteld worden. Het gaat hierbij om een proces dat start met de waarneming van schadebeelden, dan vaststelt wat de bijbehorende faalmechanismen zijn, en uitmondt in het kiezen, dimensioneren en uitvoeren van geschikte noodmaatregelen.

Community of Practice Wiki Noodmaatregelen

De CoP Wiki Noodmaatregelen bestaat uit waterkeringsbeheerders van Rijkswaterstaat en waterschappen, deskundigen van het Ministerie van Defensie en uit verschillende netwerken. De CoP signaleert kansen voor professionalisering, initieert activiteiten en onderhoudt contacten met diverse gremia en professionals. Op deze wijze leren partijen van elkaar, definiëren zij gemeenschappelijke onderzoeksdoelen, wordt kennis ontwikkeld en samengewerkt aan nieuwe producten.

In dit project zijn het afgelopen jaar verschillende oefeningen en werkinstructies ontwikkeld, waarbij ook met Coronamaatregelen rekening is gehouden. Zo is de samenwerking op het gebied van crisisbeheersing van waterkeringen verder uitgebouwd. Het afgelopen jaar is hard gewerkt aan het ontwikkelen van werkinstructies voor het gebruik van zandzakken en zogenaamde bekrammingen en is kennis beschikbaar gesteld rondom het detecteren van graverijen door dieren en het effect ervan op de stabiliteit van dijken.

In 2021 wordt het aandachtsveld uitgebreid met de kustwaterschappen en hun behoeften, en wordt de community verbreed en geïntensiveerd met het aandachtsveld waterkerende kunstwerken. Ook zal dit jaar worden ingezet op het ontwikkelen van een handreiking en werkinstructie voor de correcte inzet van steunbermen en een handreiking voor de inzet van bekrammingen. Bovendien wordt binnen de CoP nog meer aandacht besteed aan het aspect "veilig werken" en zullen weer kleine oefeningen voor het Crisis Expert Team Waterkeringen (CTW) worden georganiseerd.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 **Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen**
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

Relatie CoP Wiki Noodmaatregelen met SCW

De CoP Wiki Noodmaatregelen is onderdeel van de Samenwerking Crisisexpertise Waterkeringen (SCW). Binnen de SCW werken alle crisispartners in Nederland samen aan de benodigde crisisexpertise, in het bijzonder met het Crisis Team Waterkeringen (CTW). Het CTW is een flexibel inzetbaar team van Rijkswaterstaat, de waterschappen en Deltares dat landelijk (en eventueel internationaal) alle waterbeheerders desgewenst kan bijstaan bij een dreiging van overstromingen en op verzoek beschikbaar is om (in situ) te adviseren op het gebied van het dreigend falen van waterkeringen en over het correct inzetten van noodmaatregelen.

Daarnaast zal voor de CoP Wiki Noodmaatregelen in 2021 in Duitsland een workshop worden georganiseerd om de kennisuitwisseling met Duitse en Franse partners te versterken. Ook zogenaamde “lessons learned” van hoogwatergebeurtenissen in het buitenland en ervaringen bij het binationale onderzoeksproject Polder 2C's in het Living Lab Hedwige- en Prosperpolder worden bij de Wiki Noodmaatregelen ingebracht. Daardoor kan de opgedane ervaring beter en breder worden ontsloten. Dit is voor alle waterkeringbeheerders van belang.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De meerwaarde van de Wiki Noodmaatregelen uit zich in de structuur van de SCW. De Wiki Noodmaatregelen verbindt de pijlers die onder de SCW hangen. Deze verbinding is noodzakelijk vanuit het integraal benaderen van het waterveiligheidsprobleem. Het CTW is een grootgebruiker van de Wiki en de CoP voor oefeningen en inzet bij diverse incidenten.

(zie ook https://v-web002.deltares.nl/sterktenoodmaatregelen/index.php/Wiki_Noodmaatregelen_Waterkeringen_-_homepage)





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 **Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen**
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen

Een draaiende windturbine genereert trillingen in de bodem. Als de windturbine op een waterkering staat, kan dat nadelige effecten hebben op de stabiliteit van de waterkering. Er is daarom eerder in dit project een handreiking ontwikkeld, die een beheerder van een waterkering ondersteunt bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van een windturbine op een waterkering.

Om de handreiking betrouwbaarder te maken en verder te verbeteren wordt momenteel een meting uitgevoerd. De trillingsmonitoring wordt uitgevoerd bij een 7.5 MW windturbine in het windpark 'NOP Agrowind' nabij de Westmeerdijk in de Noordoostpolder. De trillingen worden gemeten op het funderingsblok, aan het maaiveld en in de zandlaag nabij de funderingspalen. De meting heeft twee hoofddoelen. Ten eerste wordt onderzocht hoe de trillingen in de ondergrond samenhangen met de windsnelheid en windrichting. Ten tweede wordt nagegaan of de trillingen afhangen van de grootte van de windturbine, door de resultaten te vergelijken met meetresultaten bij kleinere windturbines. Indien nodig kan de meting later nog worden gebruikt voor validatie van rekenmodellen voor de trillingsuitbreiding.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De resultaten van de analyses zijn primair bedoeld als invoer voor de opgestelde handreiking voor de beoordeling van de trillingen door windturbines op waterkeringen. Het onderliggende model suggereert dat de trillingen slechts weinig toenemen bij toenemende windsnelheid. De lopende monitoring is een validatie van dit model door het meten bij verschillende windsnelheden en windrichtingen. Het resultaat van deze meting is ook interessant voor de uitvoering en beoordeling van controle metingen bij nieuwe windturbines.

Daarnaast is de onzekerheid over het werkelijke trillingsniveau in de bodem een belangrijke factor in de onzekerheid over de toelaatbaarheid van windturbines op dijken. Deze trillingsmeting draagt bij aan verkleining van deze onzekerheid.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P6 Optimalisatie kribben

Dit project richt zich op de stroming nabij kribben, door via numerieke modellering het ontwerp van experimenteel werk te ondersteunen.

Het Nederlandse riviersysteem kenmerkt zich door het gebruik van kribben, onder andere voor oeverbescherming, het behouden van voldoende stromingsdiepte voor de scheepvaart in de hoofdgeul bij laagwater en voor het bevorderen van biodiversiteit in de kribvakken. Bij hoogwater vormen de kribben echter obstakels tegen de stroming, wat resulteert in verhoogde waterstanden. Hoe groot de bijdrage van kribben aan de opstuwing bij verschillende overstromingsdiepten tijdens hoogwater is, is tot op heden niet vastgesteld.

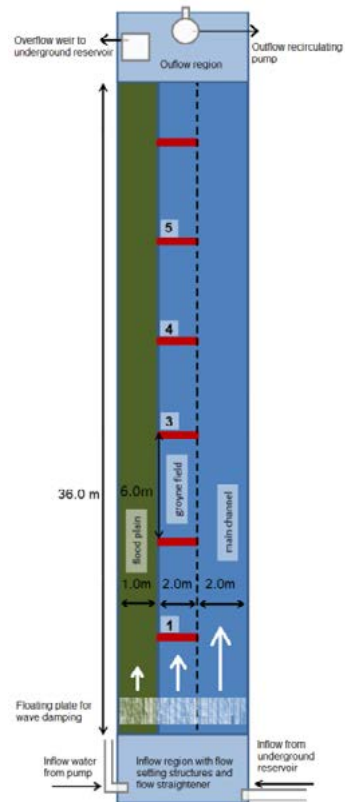
Rijkswaterstaat heeft de afgelopen decennia de mogelijkheden onderzocht van het verlagen of stroomlijnen van kribben om de weerstand te verminderen. Er zijn enkele proefprojecten gerealiseerd (bijvoorbeeld in de Waal tussen Beuningen en Gorinchem) om het (langetermijn) effect op de stroming en de morfodynamiek in de rivier te onderzoeken. Deze effecten (zowel hydro- als morfodynamisch) zijn echter nog niet gekwantificeerd. Daarom heeft Rijkswaterstaat besloten om bij de Technische Universiteit Delft een fysisch laboratoriumexperiment op te zetten om de stroming over ondergelopen kribben te bestuderen. Het onderzoek is bedoeld om inzicht te geven in de waterstanden en stromingspatronen rond kribben; en de effecten van veranderde geometrie van kribben.

Deltares is belast met het uitvoeren van de numerieke modelanalyse van de experimenten. Ten eerste om het ontwerp van de experimentele opstelling te ondersteunen; en ten tweede om de numerieke modellering van kribben in grootschalige riviermodellen te valideren en te helpen verbeteren.





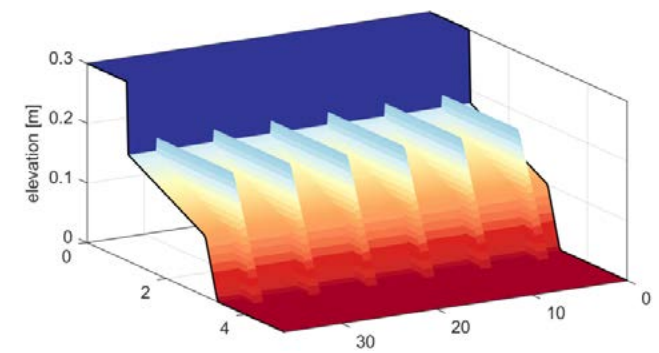
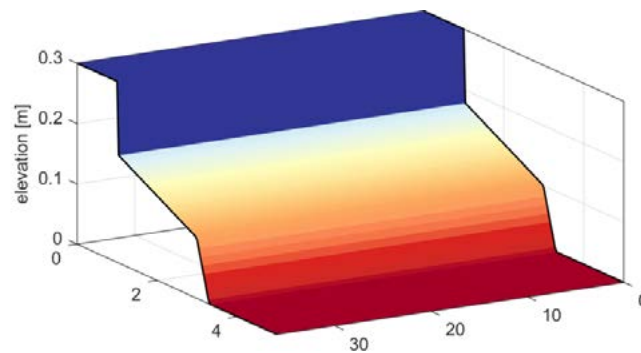
- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 **Optimalisatie kribben**
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden



Schematization of top view of the flume with the groyne fields, main channel, and flood plain



Overview of the Laboratory test setup (before installing groynes)



Three-dimensional representation of the bed level in the planned experiment (with and without groynes)



- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 **Morfologie en scheepvaart**
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

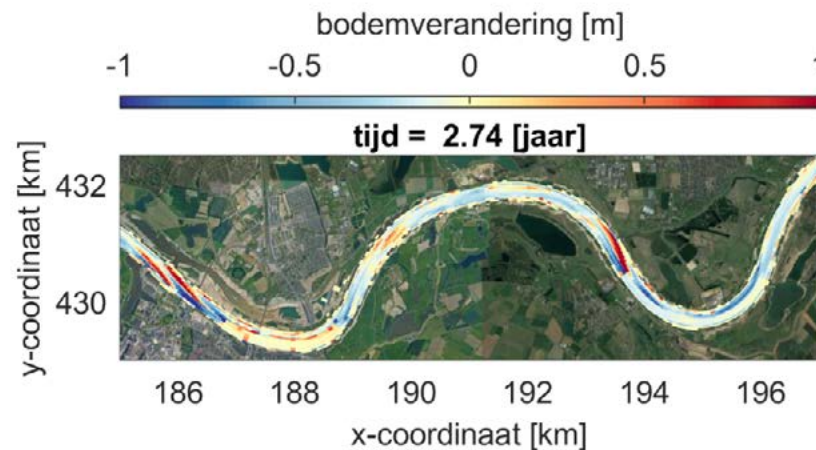
P7 Morfologie en scheepvaart

Rijkswaterstaat heeft als taak om het riviersysteem in Nederland te onderhouden. Daarbij is het van belang in de rivier goed de bodemveranderingen te kunnen voorspellen.

Voor het onderzoek van 2020 is eerder in dit project een beknopte literatuurstudie gedaan naar verschillende aanpakken om morfologische voorspellingen te kunnen doen. Deze varieerden van expert-judgement tot schaalonderzoek en numerieke berekening. Het doel hiervan is een overzicht te schetsen voor rivierbeheerders van de verschillende aanpakken en wat het te verwachten resultaat is. Een specifiek onderdeel waar nader op in is gegaan is de beschrijving van vaste lagen in de rivier. Met de bestaande aanpak in de standaard Delft3D wordt dit op een vereenvoudigde manier gedaan, waarbij enkele belangrijke aspecten niet kunnen worden gemodelleerd. Eerder is een model ontwikkeld om deze punten te verbeteren, maar hier waren nog verschillende tekortkomingen aan. In de bijbehorende rapportage van 2020 zijn deze punten samengevat.

In het tweede deel van het project is het eerdere model nauwkeurig geanalyseerd en zijn verschillende verbeterpunten geïdentificeerd. Op basis hiervan is een verbeterd model voorgesteld, geïmplementeerd en toegepast op labmetingen van de vaste laag bij Nijmegen. Het model laat een bevredigend resultaat zien van de morfologische ontwikkeling over een vaste laag.

Voor het vervolg zijn verbeterpunten geïdentificeerd en wordt verdere toepassing op labdata aanbevolen, met name voor de situatie voor het ontstaan van een vaste laag (van niet mobiel sediment) en het weer opbreken ervan. Daarnaast zal in het komende jaar ook worden gezocht naar een veldtoepassing van het model in samenwerking met Rijkswaterstaat.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P8 Trends en onzekerheden in het toekomstige stormklimaat

Voor het ontwerpen en beoordelen van primaire waterkeringen wordt in Nederland gebruik gemaakt van probabilistische methoden, die onderdeel uitmaken van het Beoordelings- en Ontwerp Instrumentarium (BOI). Onzekerheden in hydraulische belastingen worden daarin expliciet in rekening gebracht. Het effect van zeespiegelstijging is hierin verdisconteerd, maar dat geldt niet voor klimaat-geïnduceerde onzekerheden in het stormklimaat.

Betekent dat dan dat er geen significante veranderingen (trends) in het stormklimaat te verwachten zijn? Of draagt een veranderd klimaat niet bij aan een vergroting van de onzekerheid daaromtrent? Inmiddels zijn er aanwijzingen dat zware stormen in de toekomst vaker zullen voorkomen. Daarnaast zien we dat in een opwarmend klimaat re-activerende orkaanrestanten steeds vaker Europa zullen weten te bereiken. Dit vergroot de onzekerheid van het stormklimaat. Echter, de grote vraag is hoe groot trends en onzekerheden in het stormklimaat zijn en welk effect deze hebben op de veiligheidsbeoordeling en het ontwerp van onze waterkeringen.

In 2019 is aan de hand van ruwe schattingen de impact van trends en onzekerheden op waterkeringen langs het IJsselmeer en de kust bepaald. Dit leidde tot verhoging van de benodigde kruinhoogte van 1 tot 4 m. De uitkomst werd echter sterk bepaald door het gekozen scenario. Daarmee werd duidelijk dat een scherpere schatting van trends en onzekerheden in het stormklimaat noodzakelijk is om het mee te kunnen nemen in BOI.

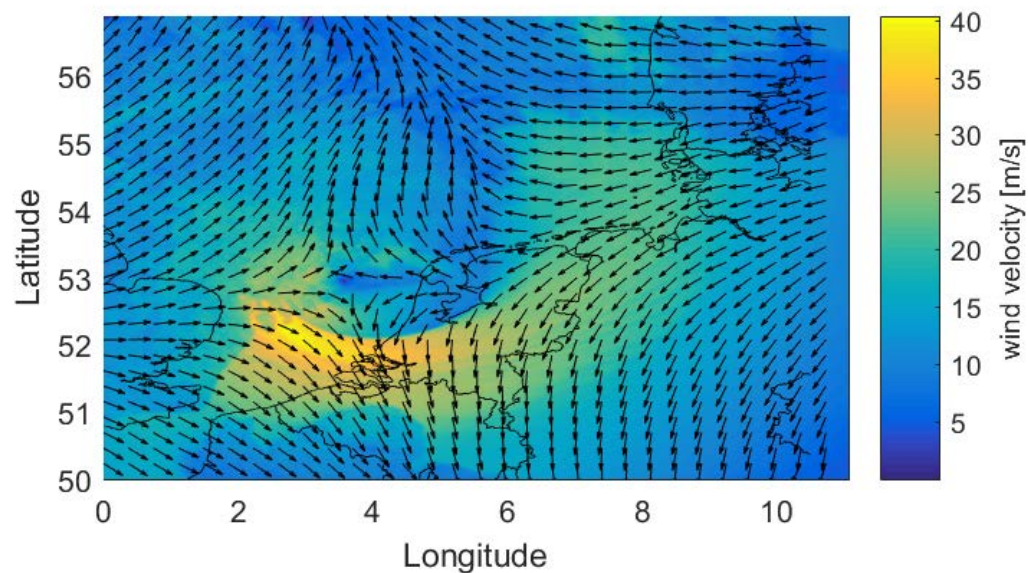
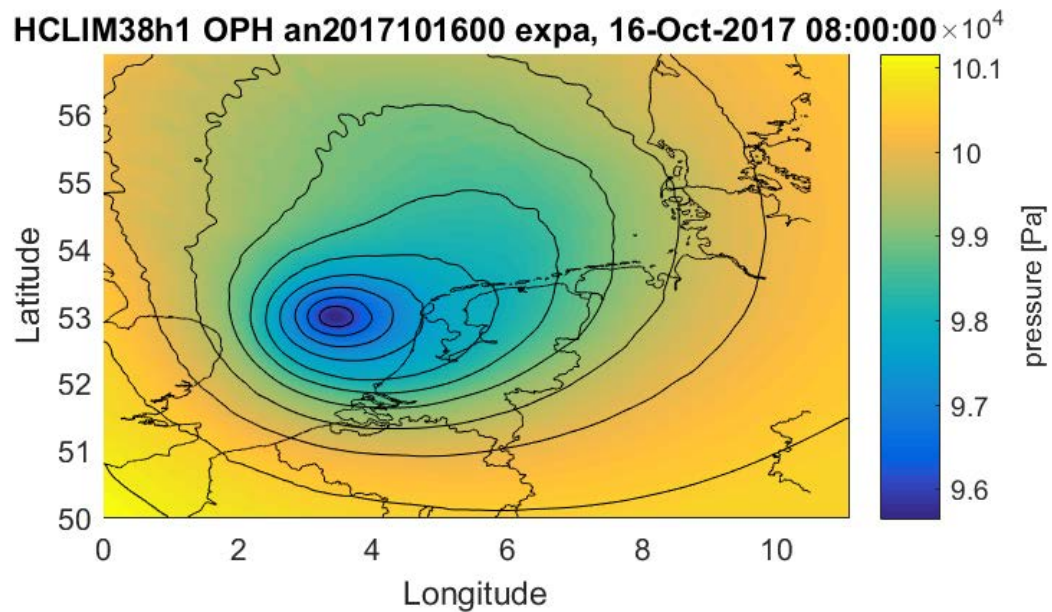
Omdat de vakliteratuur geen openingen naar scherpere schattingen bood, is in 2020 samen met KNMI een uitgebreid plan van aanpak opgesteld. Dit plan is gebaseerd op een tweetal aanpakken, die elkaar aanvullen. De eerste maakt gebruik van de data uit CMIP6 (Coupled Model intercomparison project 6). De data worden geanalyseerd om trends en onzekerheden van het toekomstig extreme windklimaat te bepalen. De tweede aanpak gebruikt anekdotes van extreme situaties om een bepaalde hypothese te testen (storyline aanpak), waarbij meer begrip van de fysica in het systeem wordt verkregen. Een voorbeeld is het verplaatsen van de baan van de orkaan Ophelia over de Noordzee.

Niet alleen voor de opstelling van het plan was de inbreng van KNMI noodzakelijk. Ook de uitvoering ervan vergt nauwe samenwerking met KNMI. Daarbij vindt ook aansluiting plaats op KNMI's Klimaatsignaal '21 en zal er een sterke link zijn met de Klimaatscenario's KNMI '23.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden



Figuur: Druk- en windvelden van een naar de Noordzee verschoven baan van de orkaan Ophelia.



- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement**
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P9 Scenario's overstromingen en crisismanagement

Nederland is de best beveiligde delta in de wereld en we hebben dan ook groot vertrouwen in de dijken die ons beschermen. Met het 3-laags veiligheidsbeleid denken we dat we het goed geregeld hebben. Maar is dat wel waar? Zijn we echt goed voorbereid op een crisis en kunnen we tot actie komen als het echt gevaarlijk wordt? Dit is de vraag die Jan Hendrik Dronkers aan LCO voorzitter Bart Vonk voorlegde en die is uitgediept in de verkenning overstromingsscenario's.

In 2019 is, aan de hand van een overzicht van de beschikbare hoogwater-informatie, een discussie georganiseerd over de waarde van de beschikbare informatie. Benadrukt werd toen dat voor goed handelen veel nodig is: heldere scenario's, een geoliede machine, een goede communicatie en betere informatie over het aspect tijd. Scenario's moet je bovendien samen doorleven. Verder is duidelijk geworden dat handelingsperspectieven afhangen van de fase van de hoogwatercrisis, en dan in kunnen grijpen op het hoogwater zelf ("source"), het waterkeringstelsel ("pathways") en/of het beperken van de gevolgen ("receptors").

Bestuurlijk staan de afspraken op papier en er wordt regelmatig geoefend. Met elkaar weten we hoe de lijnen lopen en waar de bevoegdheden liggen. Maar we weten ook hoe groot de uitdaging is om in een situatie van dreiging, urgentie en onzekerheid zo goed mogelijk samen te werken. Niet omdat we dat niet willen, maar omdat het een hele kunst is om de expertise bij elkaar te brengen, materiaal en materieel te delen, goed te duiden, maatregelen af te stemmen en te communiceren. De samenwerking tussen experts stond centraal in de sessie van 2020. Als casus is een dijkdoorbraak bij Den Helder genomen. De opbrengsten van de discussie zijn breder bruikbaar.

Het gesprek werd geleid door Marco Zannoni, directeur van het COT Instituut voor Veiligheids- en Crisismanagement. Het gesprek liep langs drie fasen van een overstromingscrisis: 1) de dreiging, 2) de doorbraak en de 3) directe nasleep. Ter inspiratie konden de deelnemers gebruik maken van overstromingsmodelleringswerk van Louise Klingen, TUDelft. Voor elke fase werd het gesprek gevoerd over: a) Welke maatregelen zouden mogelijk genomen kunnen worden, wat zijn mogelijke dilemma's? b) Welke informatie, expertise of middelen heb je als expert nodig? En van wie? c) Welke informatie, expertise of middelen heb je te bieden? En aan wie?





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden



Bron: TUDelft, SOS Flooding

De werksessie is geslaagd. Het in een open sfeer delen van ervaringen en uitdagingen draagt bij aan het beter begrijpen van elkaars belangen. Het durven benoemen van onzekerheden en onduidelijkheden maakt zichtbaar dat geen van de deelnemers zelf alle wijsheid in pacht heeft, maar dat we samen een heel eind komen. Verder heeft de werksessie geleid tot een standaard scenariokaart die als checklist van nieuwe scenario's kan dienen.

Natuurlijk legde de sessie ook een aantal vervolgvragen bloot, reden om in 2021 verder te gaan langs twee sporen:

- verder versterken van de samenwerking en organisatie van experts in het veiligheidsdomein tijdens een hoogwaterdreiging en
- voorbereiden van handelingsperspectieven, verdringingsreeksen en consequenties.



- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P10 Graverij door dieren

In 2020 is een inventarisatie gemaakt van de invloed die graverijen zouden kunnen hebben op het falen van een waterkering. Dit is gedaan aan de hand van een specifieke case van een kanaaldijk met zandige kern en kleibekleding, met onderscheid naar kleine, middelgrote en grote gravers. Daarbij is de case slechts als richtinggevend beschouwd, zodat er generieke waarde aan de uitkomsten kan worden toegekend.

Ook is gebruik gemaakt van de methode van de faalpaden: welke stappen moeten doorlopen worden om uiteindelijk tot falen te komen, waarbij eventueel aspecten van verschillende faalmechanismen een rol kunnen spelen.

Er is een inschatting gemaakt van de potentiële gevaren, waarbij de vijf belangrijkste faalpaden nader zijn uitgewerkt.

Voor het als vierde gerangschikte faalpad zijn later in 2020 proeven uitgevoerd in het Living Lab Hedwige-Prosperpolders, op locaties met en zonder graafschade. De graafschade zorgde voor een relatief snel falen van de dijk, hetgeen de potentiële ernst van graverijen onderstreepte (zie foto).

In 2021 wordt onderzocht of hier in het beheer en onderhoud voldoende aandacht aan kan worden besteed, of dat hier (mede) in het kader van versterking maatregelen tegen moeten worden genomen.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 Verkenning damwanden

P11 Meetprotocol kunstwerken

Bij de wettelijke beoordeling van de veiligheid tegen overstromen van de primaire waterkeringen is onnodig afkeuren en versterken van waterkerende kunstwerken ongewenst. Dit is zeker een aandachtspunt bij het beoordelen van de weerstand tegen piping bij historische waterkerende kunstwerken. Bij oudere kunstwerken is vaak onbekend of er kwelschermen aanwezig zijn, en indien dat het geval is, in welke constructieve staat deze verkeren. Op dit moment ontbreekt het in de praktijk nog aan handvatten om tegen relatief lage beheerderskosten een werkelijkheidsgetrouw inzicht te verkrijgen in de maatgevende kwelwegen. En daarmee ontbreekt het aan een meetprotocol om, ten behoeve van gedetailleerde toets of toets op maat, een goede indicatie te verkrijgen van de daadwerkelijke weerstand tegen piping bij (historische) waterkerende kunstwerken.

Een van hoofddoelstellingen bij het onderdeel kunstwerken in 2020 was het (in samenwerking met Rob Delhez van Greenrivers) aanreiken van een praktisch toepasbaar en doelmatig meetprotocol, dat beschrijft hoe met een zo beperkt mogelijk aantal simpele monitoringstechnieken inzicht verkregen kan worden in de veiligheid tegen piping van een waterkerend kunstwerk. Vooralsnog lijken peilbuismetingen het meest geschikt om deze doelstelling te bereiken. Dit meetprotocol voor een effectieve inzet van peilbuismetingen - gebaseerd op zowel expert judgement als best practices - levert niet alleen inzicht in het verloop van de verhanglijn (voor de beoordeling Bligh/Lane). De metingen laten ook zien of aanwezige kwelschermen functioneren en wat het uittredeverhang is (voor de beoordeling van heave). Ook maken de metingen een kalibratie van (3D) grondwaterstromingsmodel mogelijk.

Het meetprotocol bevat drie praktijkvoorbeelden. In 2021 zal worden gezocht naar geschikte locaties om een meetcampagne bij een waterkerend kunstwerk op te zetten.

Meerwaarde voor RWS en andere waterkeringbeheerders

Dit protocol is interessant voor alle waterkeringbeheerders die te maken hebben met onzekerheid over de aanwezigheid of het functioneren van kwelschermen. De toegevoegde waarde dient nog te worden getest in een aantal praktijkcases.





- P1 Quick reaction force
- P2 Kennisalliantie
slachtoffers & evacuaties
- P3 Overgangen dijkbekledingen
- P4 Beheer- en noodmaatregelen
bij dreigende overstromingen
- P5 Handreiking voor trillingen van
windturbines op waterkeringen
- P6 Optimalisatie kribben
- P7 Morfologie en scheepvaart
- P8 Trends en onzekerheden in het
toekomstige stormklimaat
- P9 Scenario's overstromingen
en crisismanagement
- P10 Graverij door dieren
- P11 Meetprotocol kunstwerken
- V1 **Verkenning damwanden**

V1 Verkenning damwanden

Inspectie met diktemetingen

Dat stalen damwanden ook in waterkeringen kunnen roesten is geen verrassing. Om damwanden in waterkeringen goed te kunnen beoordelen is inzicht in de actuele conditie en de verwachte degradatiesnelheid een vereiste.



Op basis van het CROW-protocol wordt in KPP-VOW 2021 een vereenvoudigd protocol opgesteld voor het meten van de initiële dikten en wordt beschreven op welke wijze diktemetingen op aan het einde van de levensduur vrijkomende damwanden kunnen worden verricht. Daarnaast behoeft het RWS-protocol voor prepareren en slaan van testplank een kleine update ten aanzien van de meetmethode en kwalificatie van personeel.

Toetsvoorschrift

In 2021 zal ook worden onderzocht hoe de wijze beoordeling van damwanden, zoals beschreven in artikel 5.2.15 van het 'Voorschrift toetsen op veiligheid niet-primaire waterkeringen in rijksbeheer', kan worden verfijnd en daarnaast geactualiseerd op het gebied van corrosie.

Beoordeling vergunningsaanvragen voor het aanbrengen van doorvoeren in damwanden

Verder blijkt dat voor de aanleg van onder meer (aard)warmtesystemen er steeds meer doorvoeren (doorgangen) door damwanden nodig zijn. Op dit moment bestaat er geen eenvoudig beoordelingskader om vergunningsaanvragen te beoordelen. In het 2021 zal op basis van 'engineering judgement' van experts een eerste versie van een beoordelingskader worden opgesteld.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat heeft veel kanalen met damwanden in beheer. Veel van die kanalen hebben zowel een waterveiligheidsfunctie als een functie als onderdeel van het hoofdvaarwegennet. De onderzoeken ondersteunen het beheer, monitoring en de beoordeling van de damwanden.

Binnen KPP-VOW 2021 wordt de wijze van inspectie van eenzijdig door grond belaste stalen damwanden met behulp van diktemetingen voor de diverse levensfasen gestandaardiseerd. In 2021 verschijnt het CROW-protocol voor diktemetingen van bestaande stalen damwanden dat door het Kennisprogramma Natte Kunstwerken (KpNK) samen met de markt is opgesteld.