



Voortgangsbericht SITO-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid

2023



Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden



Inleiding

Samen met vele andere partijen voert Deltares onderzoek uit voor Rijkswaterstaat op het gebied van waterveiligheid. 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 in de vorm van 14 beknopte teksten de hoogtepunten in beeld van de werkzaamheden die we in 2023 hebben uitgevoerd. Daarbij heeft Rijkswaterstaat in het kort aangegeven welke meerwaarde het project voor Rijkswaterstaat heeft.

Inleiding

1. **Graverij door dieren in waterkeringen**
2. **Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken**
3. **Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen**
4. **Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwafvalbeton**
5. **Steenzettingen onder praktijkomstandigheden**
6. **Quick Reaction Force**
7. **Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid**
8. **Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties**
9. **Beheer- en noodmaatregelen**
10. **Handboek voor scenario's hoogwatercrisis**
11. **Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen**
12. **Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen**
13. **Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden**
14. **Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden**

1. Graverij door dieren in waterkeringen

In 2023 is er nader onderzoek uitgevoerd naar dierlijke graverijen in waterkeringen. Dierlijke graverijen kunnen afhankelijk van locatie, graver en andere factoren een negatief effect hebben op de overstromingskans van de betreffende kering.

In het project zijn een drietal aspecten onderzocht:

- Vastleggen van praktijkcases
- Detectiemogelijkheden
- Invloed op overstromingskansen

Vastleggen van praktijkcases

Onderzoek is uitgevoerd in de vorm van veldinventarisaties en gesprekken met dijkbeheerders om van een aantal aspecten van dierlijke graverijen een beeld te krijgen en kennis op te halen. Dit is uitgevoerd door een bezoek aan diverse locaties bij de Waterschappen Limburg en Hunze en Aa's en bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland. De observaties en toelichting door de beheerders tonen aan dat dierlijke graverijen in toenemende mate een bedreiging kunnen vormen voor waterkeringen, met name voor dijken. Bij bespreking van de problematiek met beheerders meldden zij dat wet- en regelgeving nog niet goed zijn toegesneden op de toenemende dreiging, waardoor tegenstrijdige belangen tussen waterveiligheid en ecologie belemmerend kunnen werken. Met het vastleggen van deze praktijkcases kan het handelingsperspectief van de beheerder worden bepaald.

Detectiemogelijkheden

Informatie is verzameld op de Kennisdag Dierlijke Graverij door het geven van een workshop. De deelnemers gaven aan dat de kans op het vinden van alle graverijen als zeer klein werd geschat. Door Deltares wordt gepleit voor een tweetrapsraket, waarbij eerst grof (over een lang traject) wordt gekeken waar de graverij zich bevindt, om vervolgens met een nauwkeurige detectiemethode de grootte en het ruimtelijk verloop te bepalen van de lokale situatie. Voor de grove methode kan gebruik gemaakt worden van onder andere visuele methoden, sonarbeelden, satellietbeelden, drones, glasvezels et cetera. Middels deze methoden kunnen verdachte locaties, zoals verzakkingen worden opgespoord en vervolgens nader onderzocht worden met lokale nauwkeurige methoden. Deze methoden kunnen bestaan uit (een combinatie van) visuele inspectie, hitte camera, rookbommen, vine robots et cetera, Hiermee kan bijvoorbeeld de ruimtelijk oriëntatie en het volume van de graverij worden bepaald.

Inleiding

1. **Graverij door dieren in waterkeringen**
2. **Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken**
3. **Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen**
4. **Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton**
5. **Steenzettingen onder praktijkomstandigheden**
6. **Quick Reaction Force**
7. **Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid**
8. **Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties**
9. **Beheer- en noodmaatregelen**
10. **Handboek voor scenario's hoogwatercrisis**
11. **Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen**
12. **Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen**
13. **Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden**
14. **Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden**

Invloed op overstromingskansen

In mei 2023 is een tabel gepubliceerd waarin – met onderbouwing – is aangegeven binnen welke bandbreedte de overstromingskans van de Nederlandse primaire waterkeringen in ongunstige zin beïnvloed kan worden gegeven de aanwezigheid van een graverij (en een hoogwater). Hierbij zijn vijf (groepen van) diersoorten onderscheiden en eveneens vijf verschillende initiële faalmechanismen. Hierop is een aanvulling gegeven, door een splitsing te geven van de gepubliceerde tabel naar de samenstelling van de dijk: een kleibekleding met een zandkern, een kleidijk en een zanddijk.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De meerwaarde van dit onderzoek voor Rijkswaterstaat is dat het ten eerste bijdraagt aan het bepalen van de invloed van graverijen op de waterveiligheid in het RWS areaal. Het helpt daarnaast bij de bewustwording over graverijrisico's bij de beheerders van het eigen areaal. Dit is van cruciaal belang om potentiële risico's te identificeren en passende maatregelen te kunnen nemen. De opgedane kennis kan tenslotte gebruikt worden bij de doorontwikkeling van technieken en procedures op landelijk niveau waarmee waterkeringbeheerders in Nederland bediend worden via de zorgplicht.



Ontgraven en herstellen van beverholen langs de Hunze over een lengte van 550 m (bron: Waterschap Hunze en Aa's)

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. **Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken**
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

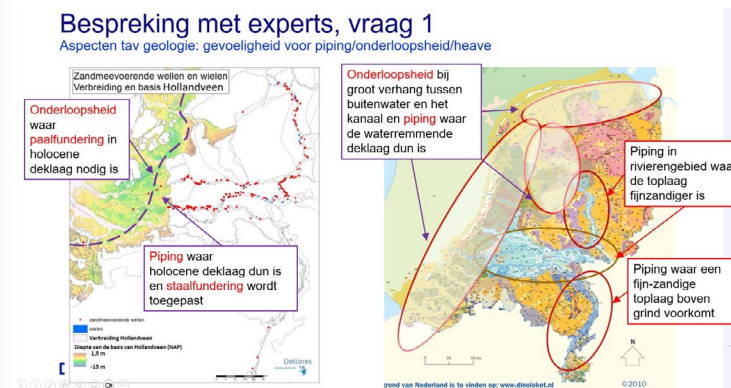
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken

Ook het afgelopen jaar lag de focus binnen dit deelproject op het verbeteren van de beoordeling van de weerstand tegen onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken. Dit aspect hangt in belangrijke mate af van de grondwaterstroming onder een kering of kunstwerk. Met het werk van 2022 was al geïllustreerd dat het meerwaarde kan opleveren om bij het beoordelen hiervan een kunstwerk als onderdeel van zijn omgeving te beschouwen.

In het vervolgonderzoek in 2023 is gebleken dat er, ondanks de vele beschikbare handleidingen voor het beoordelingsspoor, bij beoordelaars behoefte bestaat aan meer duidelijkheid over een generieke opzet van beschouwing van piping waarin grondwaterstroming wordt meegenomen. Er is daarom nagegaan of een voorbeeldenboek met cases van geohydrologische systeemanalyse kan helpen om toe te lichten wat de meerwaarde is van aanvullende screening van kunstwerken op dat onderwerp.

Om dit proces te ondersteunen is een rapportage opgesteld met een beschrijving van de mogelijk in te zetten technieken. Deltares deelde de daaruit resulterende bevindingen met een groot aantal belangstellende experts. Op 27 juni 2023 is een presentatie gegeven over de voortgang van het onderzoek in een webinar in het Kennis en Kunde Platform van STOWA. De sessie over geohydrologie en piping is terug te zien via de website van STOWA of via de link: <https://youtu.be/ac3W2S28EXY>.

Uit het webinar zijn (naast een aantal mogelijke voorbeeldcases) suggesties van deelnemers meegenomen in een voorlopige beschrijving van een beoordelingskader piping van grof naar fijn, inclusief de bijdrage van geohydrologische analyse en witte vlekken in de kennis.



Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De huidige methodes voor de waterveiligheidsbeoordeling bestaan hoofdzakelijk uit empirische relaties. Rijkswaterstaat hecht er waarde aan dat met nieuwe geohydrologische technieken de methodes worden uitgebreid. Zo wordt meer bekend over het kunstwerk in zijn omgeving. Dit sluit aan bij de wens om beoordelingen integraler te beschouwen. Bovendien is deze kennis ook van meerwaarde voor beoordelingen bij de Waterschappen.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. **Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen**
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

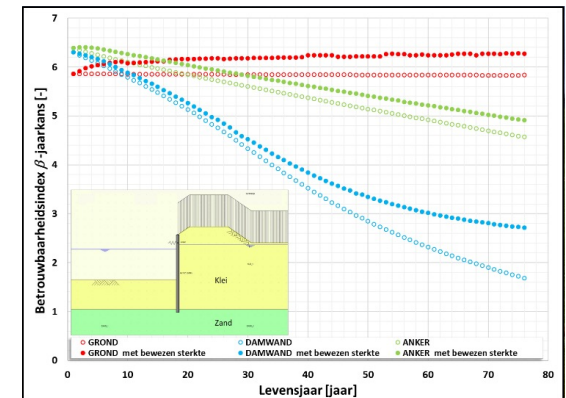
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen

Waar werken we aan

In 2023 is gewerkt aan het probabilistisch onderzoek, dit wordt voortgezet in 2024 en leidt naar verwachting tot de opzet van de eerste versie van een scherpere beoordelingsmethodiek met minder onnodige afkeur van langsconstructies (damwanden) in het buitentalud van regionale waterkeringen. De methodiek maakt gebruik van het aspect “bewezen sterkte” en is gebaseerd op jaarkansen. Daarnaast start in 2024 de verkenningsfase van het onderzoek naar het beoordelen complexe bouwkuipen in waterkeringen.

Wat kunnen we al laten zien

In 2023 is een nieuwe verfijndere beoordelingsmethode van bestaande damwanden in regionale waterkeringen, zoals beschreven in artikel 5.2.15 van het ‘Voorschrift toetsen op veiligheid niet-primaire waterkeringen in rijksbeheer’, afgerond waarin ook de laatste inzichten op corrosiegebied zijn verwerkt. In 2022 is het onderzoek gestart, dat naar verwachting leidt tot een scherpere beoordelingsmethodiek met minder onnodige afkeur van bestaande langsconstructies (damwanden) in het buitentalud van regionale keringen. Hiervoor zijn 2023 probabilistische berekeningen uitgevoerd.



De 16 cases betreffen verankerde en onverankerde damwanden met diverse waterdiepen en grondopbouw met of zonder grondwaterstroming. De probabilistische analyses zijn uitgevoerd voor 3 mechanismen van falen: passieve weerstand, damwand en anker. In deze analyses zijn de laatste inzichten op corrosiegebied en verdelingsfuncties van belastingen meegenomen. Ter vergelijking met de CUR166-aanpak zijn eerst probabilistische analyses voor een levensduurfaalkans van 50 jaar gemaakt. Vervolgens is de overstap gemaakt naar het verloop van jaarkansen over een periode van 76 jaar met en zonder bewezen sterkte. Hierbij is in de probabilistische analyse met bewezen sterkte vanaf het 2e jaar in de bepaling van de à priori betrouwbaarheid van een jaar op basis van jaarkansen meegenomen dat er geen falen is opgetreden in de periode tot aan dat jaar.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

RWS beheert circa 800 km damwand-oevers langs kanalen. Een groot deel hiervan is ook onderdeel van een regionale waterkering. Gezien de hoge kosten die vervanging of versterking met zich meebrengt, wordt gezocht naar een zo scherp mogelijke beoordeling van de damwanden. Te vroeg vervangen leidt immers tot kapitaalvernietiging, te laat tot onvoldoende veiligheid. Het onderzoek levert hier een bijdrage aan.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. **Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton**
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

4. Klimaatneutraal en circulair (half)warm waterbouwasfaltbeton

Ten aanzien van het toepassen van Waterbouw AsphaltBeton (WAB) op de Nederlandse waterkeringen zal een transitie plaats vinden van het toepassen van hoge temperatuur-/hete mengsels naar lagere temperatuur mengsels als onderdeel van klimaatneutraal en circulair waterbouwasfalt. Het doel van het onderzoek is om meer inzicht te verschaffen in de mogelijkheden voor het toepassen van (half)warm WaterbouwAsfaltBeton ((H)WWAB) als dijkbekleding. Het in dit onderzoek beschreven uitgevoerde onderzoek maakt deel uit van een groter onderzoek naar de toepassing van (half)warm waterbouwasfaltbeton ((H)WWAB) op waterkeringen.

Dit grotere onderzoek bestaat uit meerdere delen. Het huidige uitgevoerde onderzoek betreft onder andere:

- Het ophalen van ervaringen uit de wegenbouw en het organiseren van een workshop
- Het opstellen van een plan voor verbetering van het levensduurmodel

Ervaringen uit de wegenbouw

Bij Rijkswaterstaat is in de wegenbouw al vele jaren ruime ervaring met het toepassen van (half)warme mengsels voor snelwegen. Vele wegvakken zijn beproefd door het Innovatie Test Centrum van RWS met positieve resultaten. De informatie betreffende de ontwikkelingen en testresultaten wordt echter door de verschillende producenten niet gedeeld uit concurrentieoverwegingen. Ook voor RWS is het momenteel niet mogelijk om alle informatie te delen.

Op basis van openbare informatie kan worden gesteld dat de diverse eigenschappen (sterkte, draagkracht, veroudering, etc.) zoals deze in de wegenbouw voor (half)warm asfalt worden vereist minimaal dezelfde zijn als voor het conventionele hete asfaltmengsel en zodoende voldoen deze mengsels dus aan de gestelde normen voor het conventionele hete asfalt. Toch zijn er wel eens kwaliteitsverschillen geconstateerd tussen warme en hete mengsels t.a.v. bijvoorbeeld de sterkte in de indirecte trekopstelling na een vocht- en vorst/ dooibehandeling.

Plan levensduurmodel

Er is een plan opgesteld voor verbetering van het levensduurmodel. Beschreven is in hoeverre het vigerende levensduurmodel kan worden uitgebreid met meer verklarende variabelen, zodat het model breder toepasbaar wordt, te weten ook voor heet WAB met een 50% of meer recyclingfractie en onder voorwaarden ook voor (half)warm WAB. Voor het bruikbaar maken van het levensduurmodel voor (half)warm WAB zullen zowel op mengselniveau (sterkte) als componentniveau (bitumenkwaliteit) testen worden uitgevoerd. Proeven op oud heet WAB uit de drie geselecteerde dijkvakken dienen als referentie en geven tevens inzicht in de invloed van de bitumenkwaliteit op de verschillen in veroudering van deze drie dijkvakken, met name de afname in buigtreksterkte.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. **Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton**
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden



Figuur: Breuktest asfalt

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Vanuit de asfaltsector is aangegeven op korte termijn enkel nog asfalt te willen produceren op lagere temperaturen om zo aan de strengere milieunormen te kunnen voldoen. Rijkswaterstaat heeft meerdere dammen met asfaltbekledingen in het beheer. Voor een aantal dammen nadert het einde levensduur van de asfaltbekleding. De kennis die wordt ontwikkeld wordt ten aanzien van het toepassen van lagere temperatuur mengsels is belangrijk voor beheerders om straks de vervanging van de asfalt dijkbekleding als handelingsperspectief te houden. De kennis die wordt ontwikkeld ten aanzien van (half)warm geproduceerd waterbouw asfaltbeton met een hoog percentage menggranulaat sluit daarbij mooi aan bij de wens om vanaf 2030 circulair te opereren.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden

Er is mogelijk een mismatch tussen hoe steenzettingen onder praktijkomstandigheden op dijken aanwezig zijn, en hoe ze in (onder andere) de Deltagoot worden beproefd. Steenzettingen worden in de Deltagoot erg netjes aangebracht, waarna de stabiliteit wordt bepaald door de steenzetting tot bezwijken te brengen. In de praktijk kan door de manier van aanleg, of tijdsafhankelijke veranderingen de stabiliteit van de steenzetting verminderen. In 2023 is een inventarisatie gemaakt van potentiële afwijkingen van steenzettingen die in de praktijk kunnen voorkomen. Vervolgens zijn de belangrijkste afwijkingen geselecteerd en nader beschouwd. Tenslotte zijn oriënterende proeven uitgevoerd om de afwijkingen aan steenzettingen in de praktijk te kunnen kwantificeren.

Het onderzoek naar steenzettingen onder praktijkomstandigheden heeft potentieel impact op landelijk niveau. Het onderzoek brengt een risico in kaart dat speelt bij dijken met een zetsteenbekleding, namelijk of afwijkingen die zich kunnen voordoen bij steenzettingen leiden tot een vermindering van de stabiliteit. Op dit moment is er nog weinig bekend over de omvang en gevolgen van dit risico. Wanneer beheerders (waterschappen en Rijkswaterstaat) beter inzicht hebben in de afwijkingen wordt het risico verkleind dat men er vanuit gaat dat de waterkering veilig is, waar in de praktijk afwijkingen kunnen resulteren in een verminderde stabiliteit.



Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Beheerders worden geacht continu 'in control' te zijn. Hiervoor is het ook van belang om te kunnen identificeren in welke gevallen schadebeelden aan bekledingen zorgen voor een significante toename in faalkans om dan vanuit het concept van risico gestuurd beheer en onderhoud te sturen op een goede beheersaanpak. Dit project heeft als doel handelingsperspectieven te bieden aan beheerders voor het kunnen inschatten van de faalkansbijdrage van schades.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

6. Quick Reaction Force

Het doel van de Quick Reaction Force (QRF) is de waterveiligheidskennis te verbeteren door betere verwerving, ontsluiting en gebruik van velddata tijdens en vlak na stormen en hoogwaters. Het project is verdeeld in twee onderdelen: QRF-kust en QRF-rivieren.

QRF-kust: Waar werken we aan / waar werken we naar toe

QRF-kust richt zich in 2024 op de dynamiek van strand en duinen. Samen met Universiteit Utrecht wordt door QRF-kust in Noord-Holland op het strand en de duinen met nieuwe technieken bodemhoogtemetingen en golfhoogtemetingen uitgevoerd. Een XBeach-model van de kust bij Egmond aan Zee, dat in het kader van QRF werd opgezet, is in 2022 en 2023 verder verbeterd en gevalideerd, o.a. met de gegevens van het onstuimige stormseizoen met storm Corrie en de drielingstorm Dudley, Eunice en Franklin. Zes gemeten bathymetrieën van 2020 - 2023, elk 6 km langs de kust met een gesuppleerd en een niet-gesuppleerd deel van de kust, werden gebruikt om mogelijke aanhoudende effecten van suppleties op duinerosie tijdens de stormsequentie te onderzoeken. Daarnaast werden verschillende suppletieontwerpen toegevoegd aan de meest recent verkregen bathymetrische gegevens van oktober 2023 om de effecten van het suppletieontwerp op duinerosie te onderzoeken. De configuraties omvatten het werkelijke ontwerp van de Bergen-Egmond zandsuppleties van 2023-2024, verschillende zandsuppleties op het strand en het verwijderen van de buitenste subtidal bar.

QRF-Kust: Wat kunnen we al laten zien

Voorafgaand aan elk stormseizoen en na elke storm wordt de bodemhoogtemetingen uitgevoerd met een zogenaamde Terrestrial Laser over een strandgebied van 6 km kustlangs. De metingen zijn aanvullend op KustLiDAR door Rijkswaterstaat. Naast de Terrestrial Laser wordt ook de zogenaamde Structure for Motion (SfM) techniek toegepast. Behalve bodemhoogtemetingen worden door de Universiteit Utrecht op het strand van Egmond tijdens het stormseizoen ook golfhoogtemetingen uitgevoerd met 14 druksensoren. Onderstaande foto toont de plaatsing van een druksensor aan een strandpaal en de four wheel drive met Terrestrial Laser op het dak.



Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

QRF-rivieren: Waar werken we aan / waar werken we naar toe

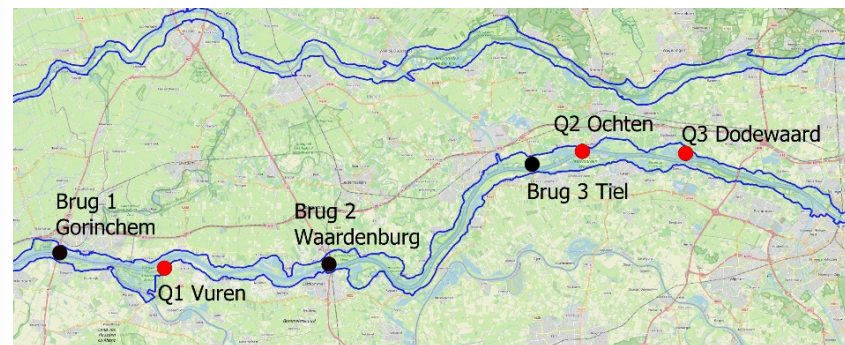
Voor het bepalen van hydraulische condities in rivieren speelt de vraag hoe goed de kwaliteit van golf- en stromingsberekeningen is met de huidige instrumentaria (bijv. Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium, BOI). Er zijn voor rivieren nauwelijks golf- en stromingsmetingen beschikbaar om modelsimulaties en voorspellingen te verifiëren en te verbeteren. QRF-rivieren richt zich daarom op de vraag welke meetmethoden gebruikt kunnen worden om de informatiebehoefte van bovengenoemde modellen in te vullen.

In voorgaande jaren is bekeken hoe videomonitoring ingezet kan worden om golfinformatie op rivieren af te leiden. In 2023 is een meetvoorstel geschreven, waarin een overzicht wordt gegeven van de meetbehoefte en een voorstel wordt gedaan hoe, waar en wat gemeten moet worden in de Waal om aan deze meetbehoefte te voldoen. Het meetvoorstel dient als basis voor een uitvoerende partij, die uiteindelijk de metingen mogelijk moet maken. In 2024 worden SWAN berekeningen uitgevoerd van de voorgestelde meetlocaties, om meer inzicht te krijgen in de ruimtelijke beeld van de golfcondities op de meetlocaties.

Daarnaast is gekeken hoe waterhoogtes uit Light Detection And Ranging (LiDAR) opnamen ingezet kunnen worden voor het bepalen van de afvoer in uiterwaarden, het verhang op rivieren en voor golven. In 2024 wordt gewerkt aan een haalbaarheidsstudie voor Rijn en Maas, met als doel om de afvoer tijdens een (extreem) hoogwater beter te bepalen met huidige meettechnieken en verwerkingsmethoden.

QRF-Rivieren: Wat kunnen we al laten zien

Onderstaande figuur geeft een overzicht van de voorgestelde meetlocaties om meer inzicht te krijgen in de golven tijdens hoogwater en harde wind. Het idee is om op deze locaties zowel met een camera te meten als in-situ metingen uit te voeren. Een voorbeeld van de golven bij locatie Q2 Ochten is te zien in de onderstaande foto, tijdens het hoogwater van 28 december 2023.



Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

QRF-kust: We beschermen de Nederlandse kust met suppleties. De kustveiligheid hangt voor een groot deel af van de mate waarin de duinen bestand zijn tegen overstromingen en afkalving tijdens stormen. Dit proberen we te berekenen met modellen, maar data van echte stormen zijn hierin onmisbaar. De QRF-kust voorziet in de behoefte om data van erosie tijdens stormen te meten, en daarmee modellen te verbeteren. Ook de effecten van suppleties op duinveiligheid kunnen hiermee worden onderzocht. Uiteindelijk kan dit leiden tot een efficiënter suppletiebeleid.

QRF-rivieren: Door de jaren heen is de relevantie van golfbelastingen op rivierdijken steeds meer onderkend. Het is echter nooit gekomen van een meetcampagne die zich richt op windgolven bij rivierhoogwaters, en zelfs het verkrijgen van directe of indirecte waarnemingen is lastig. Daarom is afgelopen jaar een meetplan uitgewerkt dat een overzicht geeft windgolf-gerelateerde kennisvragen voor rivierdijken, én van opties om deze te beantwoorden. De uitvoering van het meetplan is wel nog een aandachtspunt; aansluiting bij hoogwatermeetprotocollen lijkt daarbij het meest kansrijk. Daarnaast is het gewenst om na te gaan óf en waar er kansen liggen om extreme rivierafvoeren (en de afvoerverdeling stroomgeul-uiteerwaard) beter te bemeten.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid

Ontwikkelingen op de gebieden van Remote Sensing, Artificial Intelligence (AI) en Digital Twins bieden kansen voor Rijkswaterstaat bij het realiseren van haar ambities en maatschappelijke opgaven op het gebied van waterveiligheid. De ontwikkelingen op deze gebieden zijn zeer omvangrijk en verlopen uitzonderlijk snel. Een voorbeeld zijn de algemeen veronderstelde disruptieve effecten van generatieve AI die met programma's als ChatGPT mogelijk zijn en in korte tijd algemeen toepassing hebben gevonden.

Een vraag die zich daarbij opdringt is hoe deze verschillende technieken zich tot elkaar verhouden en welke meerwaarde ze ten opzichte van elkaar bieden. In dat opzicht is er vraag naar een breder onderzoekskader dat kan helpen bij het beoordelen en testen van de verschillende innovaties. Om vragen naar de toepassing van (remote) sensing en AI op een samenhangende wijze te kunnen beantwoorden wordt in dit project de koppeling gelegd met ontwikkelingen die gaande zijn met betrekking tot het concept Digital Twin. Er is een verkenning uitgevoerd met betrekking tot relevante ontwikkelingen van remote sensing, AI en Digital Twins en lopende projecten op dit gebied, zoals het TKI-project DigiTwin voor Waterkering en Ondergrond. Dit heeft geleid tot een voorstel voor agendering en nadere verkenning van twee concrete opgaven:

Agenderen

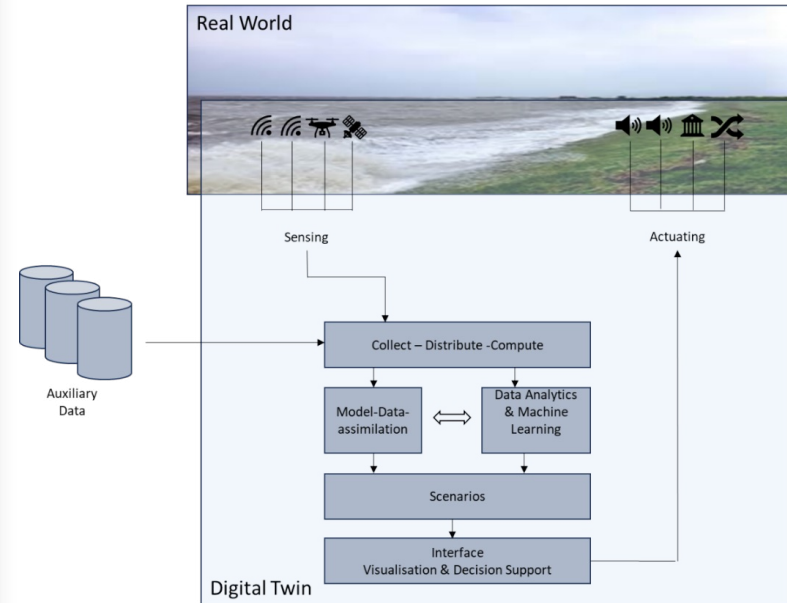
Gegeven de snelheid van ontwikkelingen en de brede impact van de nieuwe technologieën is een goede verbinding tussen onderzoek, implementatie en gebruik van groot belang. Dit willen we bereiken door een agenda te ontwikkelen die op een samenhangende wijze prioritering aanbrengt in nader onderzoek op het gebied van Remote Sensing, AI en Digital Twins. Daarbij maken we gebruik van de casus 'Digital Twin ARK' (Amsterdam Rijnkanaal) als concreet onderwerp van onderzoek.

Verkennen

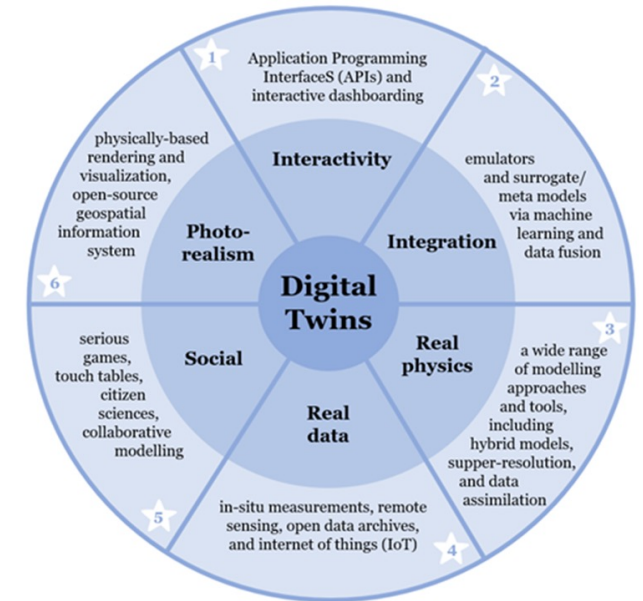
De Digital Twin-cases voor het ARK kunnen dienen voor een nadere verkenning naar rol en koppeling van data/meten/monitoren en AI voor het updaten van modellen die gedrag beschrijven. Omdat remote sensing en geofysische metingen veelal indirecte metingen zijn is het waardevol om meer te weten over de relatie tussen meting en het gedrag van de waterkering. De vraag is: "Hoe kunnen we uit al die verschillende metingen informatie halen die bijdraagt aan een verbeterde voorspelling van het model?". De cases geven ook sturing aan de richting waarin het onderzoek naar de toepassing van AI op de meest effectieve wijze plaats kan vinden zoals deep learning-algoritmes voor model updating of als emulator voor numerieke modellen.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden



Generiek schema voor een Digital Twin



Generiek schema voor een Digital Twin

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Dit onderzoek is erop gericht om de meerwaarde van de ontwikkelingen in Remote Sensing, Artificial Intelligence (AI) en Digital Twins voor Rijkswaterstaat in kaart te brengen bij het realiseren van haar ambities en maatschappelijke opgaven op het gebied van waterveiligheid. De snelle en omvangrijke ontwikkelingen van de afgelopen jaren vraagt om een goede verbinding tussen onderzoek, implementatie en gebruik van deze technologieën. Dit willen we bereiken door een agenda te ontwikkelen die op een samenhangende wijze prioritering aanbrengt in nader onderzoek op dit gebied.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouw asfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties

De kennisalliantie “Slachtoffers en Evacuaties”, waarin Rijkswaterstaat, TU Delft, HKV en Deltares sinds 2017 participeren, doet onderzoek naar evacuatie, mortaliteit en slachtofferschattingen om daarmee de waterveiligheid en het crisismanagement te verbeteren.

De kennisalliantie werkt aan de volgende hoofdvragen:

- 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 evacuatie-database gemaakt en is er onderzoek gedaan naar slachtofferfuncties, de invloed van vertrekcurves op evacuatie, de invloed van huissterkte en de modelleringsaanpak op slachtofferuitkomsten. Ook zijn er storylines gebruikt om dreigings- en overstromingsscenario's te beschouwen vanaf het signaleren van hoogwater tot het begin van de herstelfase en alle belangrijke momenten daartussen.

In 2021 is onderzocht wat het effect is van het meenemen van aankomsttijden op slachtoffer risico's: Vooral op plekken waar veel mensen wonen en met een aankomsttijd langer dan een dag nemen de slachtoffer aantallen sterk af. Ook helpt het meenemen van aankomsttijden bij het identificeren van gevaarlijke plekken, door onderscheid te maken tussen plaatsen waar het snel diep wordt met een korte aankomsttijd, en plaatsen met vergelijkbare karakteristieken maar lange aankomsttijden. Verder worden LIR waardes lager daar waar lange aankomsttijden maatgevend zijn. Daarnaast is gekeken naar de (onzekerheid in) de beschikbare tijd vanaf een hoogwatervoorspelling of inspectie tot aan een doorbraak voor twee fictieve cases. De gehanteerde methode combineert de sterkte van de waterkering (en de dominante faalmechanismen daarbij) met de verwachting van de waterstand om tot een schatting van de tijd tot aan doorbraak te komen.

In 2022 is gekeken naar het hoogwater in Limburg, België en Duitsland in de zomer van 2021. Er zijn zo veel mogelijk datapunten verzameld die indicatief zijn voor het al dan niet voorkomen van slachtoffers. Hierbij valt te denken aan gegevens over stroom- en stijgsnelheden, waterstanden, de instorting van gebouwen en de aanwezigheid en het gedrag van mensen en natuurlijk de locaties waar slachtoffers gevallen zijn. Het doel was om meer inzicht te krijgen in welke omstandigheden bepalend waren voor het wel of niet ontstaan van dodelijke slachtoffers, en hoe dit zich verhoudt tot uitgangspunten en functies die nu gebruikt worden in bijvoorbeeld de Schade- en Slachtoffer Module 2017.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Daarnaast is aan de hand van interviews de effectiviteit van de evacuatie en evacuatiegedrag tijdens het hoogwater in Limburg beschouwd aan de hand van tijdlijnen voor verschillende individuen. De focus lag hierbij op de informatie en wanneer ze die gekregen hebben, en de handelingen die ze vervolgens hebben verricht. De berichtgeving bleekt vooral te zijn toegesneden op 'mensen zoals wij'. De verwachting is dat met een meer 'inclusieve' informatievoorziening meer mensen gehoor zullen geven aan een evacuatieadvies.

In 2023 zijn de huidige omstandigheden vergeleken met die waarop de slachtofferfuncties zijn afgeleid. Hoe verschillen zaken als aankomsttijd, waarschuwingmogelijkheden voor het grote publiek, de sterkte van huizen en betere communicatiemiddelen, waarschuwingssystemen en redding. Op basis daarvan zijn aanbevelingen gedaan om slachtofferfuncties te verbeteren en hoe deze verbeteringen kunnen worden verwerkt in tools en software en doorwerken in het Nederlandse overstromingsrisicobeleid.

Ook is gewerkt aan de risico's rond Nederlandse ziekenhuizen. Per ziekenhuislocatie is een waterrisicoprofiel opgesteld en uitgesplitst bij welk type overstroming het ziekenhuis getroffen wordt. Ook is een verkenning uitgevoerd naar evacuatiemogelijkheden van ziekenhuizen. Tijdens het hoogwater in 2021 is het VieCuri ziekenhuis van Venlo succesvol geëvacueerd. Maar hoe kansrijk is een evacuatie als er – bij een ander type overstromingsdreiging zoals bij storm - meerdere ziekenhuizen tegelijkertijd worden bedreigd? Per ziekenhuislocatie zijn waterrisicoprofielen opgesteld (tot welke hoogte stijgt het water en is doorfunctioneren onder 'Spartaanse omstandigheden' een optie?) en is nagegaan hoeveel ziekenhuizen – per type dreiging – tegelijkertijd kunnen worden getroffen. Deze resultaten zijn gedeeld met het Ministerie van Volksgezondheid, Welzijn en Sport.



Zomer-hoogwater 2021: Zwaar beschadigde huizen in district Ahrweiler langs de oevers van de Ahr. Boven: Verwoest huizenblok in Mayschoß; links: Grotendeels weggeslagen gevel in Schuld; rechts: Ondergraving van fundering in Altenahr.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden



Ziekenhuis VieCuri - 16 juli 2021. Foto: © Keistadnieuws.

2024 wordt het afsluitende jaar voor de kennisalliantie waarin de opgedane kennis wordt verzameld en aanbevelingen zullen worden opgesteld voor implementatie daarvan t.b.v. waterveiligheidsbeleid en crisisbeheersing.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Overstromingen komen in Nederland gelukkig niet vaak voor en events in het buitenland zijn meestal niet goed vergelijkbaar met de situatie in Nederland. Als er zich dan een overstroming(sdreiging) voordoet in Nederland zoals in de zomer van 2021, is het van groot belang daar zo veel mogelijk lessen uit te trekken m.b.t. slachtofferfuncties en evacuatie(gedrag).

Aangezien de huidige rampenplannen meestal nog altijd zijn gebaseerd op 'weggaan' (waarbij veel waarschuwingstijd wordt verondersteld), terwijl dat voor grote delen van Nederland niet de meest voor de hand liggende strategie is (lang niet iedereen kan het bedreigde gebied tijdig verlaten), blijft aandacht voor dit onderwerp nodig.

Referenties

van Kester en Maas (2023) Lessen uit zomerhoogwater 2021 voor slachtofferanalyses Deltares

Rudolph, van den Berg en Kolen (2022) Evacuatiegedrag van getroffen en tijdens de overstromingen in Limburg in juli 2021 HKV IJN in Water

Inleiding

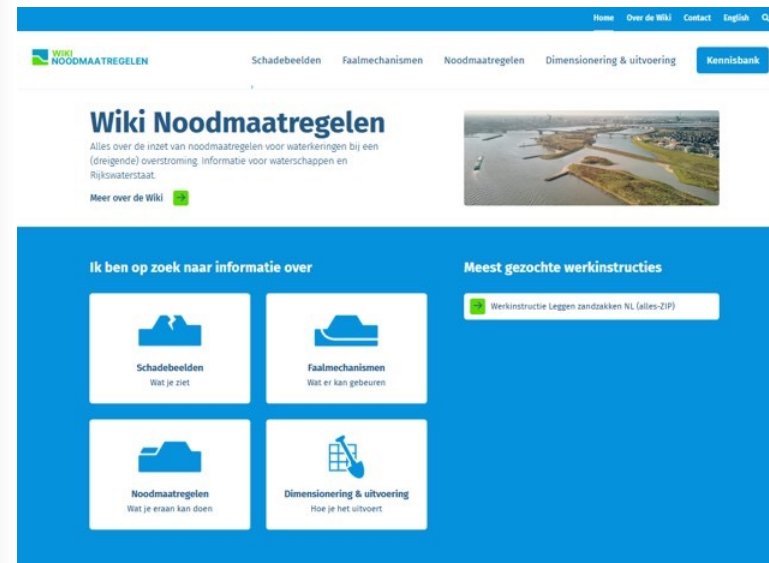
1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouw asfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. **Beheer- en noodmaatregelen**
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

9. Beheer- en noodmaatregelen

Bij een dreigende overstroming is het van groot belang snel de juiste noodmaatregelen te nemen en deze maatregelen correct uit te voeren, zodat een overstroming kan worden voorkomen of tenminste de gevolgen ervan worden geminimaliseerd. Hiervoor is veel kennis en ervaring nodig.

Wiki Noodmaatregelen

Op verzoek van Rijkswaterstaat en STOWA heeft Deltares de website Wiki Noodmaatregelen (www.wikinoodmaatregelen.nl) opgezet. Deze Wiki geeft een overzicht van stabiliteitverhogende noodmaatregelen, die bij een (dreigende) overstroming op waterkeringen kunnen worden toegepast. Daarnaast wordt aan een kennismanagementsysteem gewerkt, waarbij de in Nederland en in het buitenland ontwikkelde en beschikbare kennis, ervaringen 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, het hieraan relateren van de onderliggende faalmechanismen en het kiezen van geschikte noodmaatregelen met daarbij horende aandachtspunten voor dimensionering en uitvoering. In 2023 is hard gewerkt aan een vernieuwing van de website, waarin de informatie nog beter wordt ontsloten en voor de gebruiker toegankelijk wordt gemaakt. We focussen ons hier meer op de kerntaak van de wiki, namelijk op basis van ervaring en lessons learned gevalideerde werkinstructies rondom noodmaatregelen. De nieuwe website is op 5 maart 2024 officieel gelanceerd en wordt door STOWA gehost.



Vernieuwde website WIKI noodmaatregelen

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. **Beheer- en noodmaatregelen**
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Community of Practice Wiki Noodmaatregelen

De Community of Practice (CoP) Wiki Noodmaatregelen bestaat uit waterkeringsbeheerders van Rijkswaterstaat en waterschappen, deskundigen van het Ministerie van Defensie en uit verschillende netwerken met het buitenland (vooral met Duitsland, Engeland, de VS en Japan). De Wiki Noodmaatregelen is ook sterk gekoppeld aan het netwerk dat op dit moment aan het International Handbook Emergency Response Measures for Flood Defences werkt. De CoP signaleert kansen voor professionalisering, initieert activiteiten en onderhoudt contacten met diverse gremia en professionals in het binnen- en buitenland. Op deze wijze leren partijen van elkaar, definiëren zij gemeenschappelijke onderzoeksdoelen, wordt kennis (verder) ontwikkeld en samengewerkt aan nieuwe producten. Binnen dit project zijn ook het afgelopen jaar weer verschillende bekrammingsoefeningen begeleid en zijn themagerichte workshops gehouden.



De bekrammingsoefening met overslaggenerator



Deelnemers aan de Duits-Nederlandse workshop in Kaiserslautern

In november 2023 is in Kaiserslautern (Duitsland) de 6de Duits-Nederlandse workshop georganiseerd om kennis en ervaringen uit beide landen rondom hoogwatervoorspelling en ervaringen met het nemen van noodmaatregelen te delen. Hier hebben ook collega's van de Duitse Bundeswehr en de brandweer uit Luxemburg (CGDIS) voor het eerst aan deelgenomen. Doel van deze workshop "Forecasting meets first responders" was om hoogwatervoorspellers en hulpdiensten nog dichter bij elkaar te brengen om elkaars behoefte beter te begrijpen en een efficiëntere communicatie en handelingsperspectief te bereiken.

¹ Bekrammen is het verstevigen van de dijk door een folie te verankeren met krammen en zandzakken.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. **Beheer- en noodmaatregelen**
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

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 het correct inzetten van noodmaatregelen.

Voor de CoP Wiki Noodmaatregelen zal in 2024 in Nederland wederom een vervolgworkshop met Duitse, Belgische en Engelse partners worden georganiseerd om de kennisuitwisseling te versterken. Tijdens de laatste internationale workshops zijn goede netwerken ontstaan en is de bereidheid vice versa toegenomen om bij oefeningen en trainingen niet alleen als waarnemer maar ook actief mee te doen. Daardoor kan de opgedane ervaring beter en breder worden ontsloten. Dit is voor alle waterkeringbeheerders van belang.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat heeft als water(kering)beheerder een belangrijke rol tijdens crisissituaties. Zowel Kennisontwikkeling (WVL en VWM waterkamer) als ook Operationeel (leden van het CTW, Calamiteiten team waterkeringen) moeten gereed staan om crisisorganisatie, beheerders en aannemers van de juiste informatie en werkwijzen te voorzien. Door de activiteiten die binnen dit project worden uitgevoerd en de samenwerking met alle crisispartners staat Rijkswaterstaat beter gesteld bij calamiteiten. Voorbeelden zijn de bijdragen aan stabilisatie van de overlaat Bosscheveld bij Maastricht tijdens de hoogwaters van 2024 en 2021.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. **Handboek voor scenario's hoogwatercrisis**
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis

Van Workshops naar een Praktisch Handboek

Het managen van een dreigende hoogwatercrisis is een complexe uitdaging waarbij tijdige besluitvorming cruciaal is. Beslissingen over inzet van noodmaatregelen of in het uiterste geval evacuaties moeten tijdig genomen worden en hebben grote impact. Het ondenkbare blijkt in de praktijk toch mogelijk en steeds weer worden we verrast door onvoorziene weersontwikkelingen en reacties daarop in onze watersystemen, zoals we hebben gezien tijdens de wateroverlast in de zomer van 2021.

In samenwerking met Rijkswaterstaat en andere partners zijn we sinds 2019 bezig met het verbeteren van het hoogwatercrisismanagement. Door de jaren heen hebben we verschillende workshops en sessies gehouden om essentiële elementen voor effectieve scenario's vast te stellen, zoals beschreven in ons rapport 'De volgende stap in advisering voor crisismanagement' (de Leeuw et al., 2022).

Vorig jaar, in februari 2023, hebben we samen met Rijkswaterstaat geconstateerd dat de beste manier om de lessen uit voorgaande jaren toe te passen in het crisismanagement, is door middel van een handboek. Het zal dienen als een handleiding voor het maken en gebruiken van scenario's (scenariodenken). Het zal voorbeeldscenario's bevatten voor hoogwatersituaties. Het is belangrijk om te benadrukken dat dit handboek aanvullend is op bestaande planvorming en draaiboeken. Daarmee blijven bestaande crisisplannen leidend.

Een belangrijk onderdeel van het handboek zijn de denkramen die worden gepresenteerd, waaronder de BOB-methode, het 'Think Big, Act Early, Be Visible'-raamwerk en het 'Source, Pathway, Receptor and Consequences' (SPRC) raamwerk. Deze denkramen bieden een structuur voor het begrijpen en beheren van hoogwaterrisico's en worden in relatie gebracht met het maken en gebruiken van scenario's.

De werkwijze voor het maken van en werken met scenario's wordt uitvoerig besproken, inclusief de definitie van een hoogwaterscenario, de elementen ervan, de criteria waaraan een goed scenario moet voldoen en het gebruik van Reasonable Worst Case en Reasonable Best Case. Daarnaast worden de betrokken crisispartners en gebruikers geïdentificeerd en wordt het proces van het maken en gebruiken van scenario's toegelicht.

Het handboek bevat tevens voorbeeldscenario's voor verschillende hoogwatersituaties, zoals kustgebieden, rivieren, overgangsgebieden, grote meren en het regionale systeem. Elk voorbeeld beschrijft kort maar duidelijke de verwachte situatie en biedt inzicht in de mogelijke scenario's die zich kunnen voordoen bij hoogwatercrises.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

De ontwikkeling van dit handboek is een iteratief proces, waarbij input van betrokkenen van cruciaal belang is. Het is samengesteld op basis van praktijkervaringen en literatuur, met een focus op een “van en voor experts” aanpak. Het vereist daarmee de inzet van verschillende expertises en ervaringen van organisaties zoals Rijkswaterstaat, waterschappen, veiligheidsregio's, KNMI en andere stakeholders. Hierdoor wordt niet alleen het handboek zelf beter, maar wordt ook gewerkt aan de samenwerking en communicatie tussen de partners in tijde van crisis.

Samen met Rijkswaterstaat en alle partners blijven we ons inzetten om het crisismanagement bij hoogwatercrises te verbeteren, zodat we als land beter voorbereid zijn op mogelijke risico's en wendbaarder kunnen reageren op onvoorziene omstandigheden. Met deze gezamenlijke inspanningen streven we naar een voorspelbare, betrouwbare en zichtbare reactie op (dreigende) watercrises.

CONCEPT **Deltares**

Handboek samen bouwen en werken aan crisisscenario's
Voor meer inzicht, vakmanschap en wendbaarheid



| |
|--|
| DOEL EN LEESWIJZER |
| DREIGINGSBEELD – HUIDIGE EN VERWACHTE SITUATIE (max 2 A4) |
| Beschrijving weerbeeld |
| Beschrijving waterbeeld |
| Beschrijving status waterkeringen |
| Beschrijving potentieel blootgesteld gebied (gekoppeld aan WCS) |
| Tijdlijn: beschrijving van de maatregelen die ingezet worden volgens protocollen |
| Betrokken crisisorganisaties en verantwoordelijkheden |
| SCENARIO-ONTWIKKELING: MOGELIJK PADEN EN EFFECTEN (max 2-3 A4) |
| Potentiele onzekerheden: |
| Reasonable Worst Case: |
| Reasonable Best Case: |
| Maatregelen / handelingsperspectief: |
| ORGANISATIE EN ACTIE (orde 1 A4) |
| Besluitvormingsproces en -criteria, inclusief tijdlijnen voor acties en (sleutel)besluiten |
| Vertaalslag van handelingsperspectief naar mandaat |
| Beschikbare middelen en capaciteiten: mankracht, noodpompen, inzet defensie |
| Evaluatie en herstelstappen |
| Communicatieprotocollen – intern en met LCO partners |
| Communicatieprotocollen – extern |

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De primaire doelgroep voor dit handboek is de Landelijke Coördinatiecommissie Overstromingsdreiging, welke wordt gefaciliteerd en inhoudelijk ondersteund door Rijkswaterstaat. Met dit handboek kunnen de adviseurs van de LCO de verschillende mogelijke scenario's uit (laten) werken en daarmee in de LCO het besluitvormingsvormingsproces ondersteunen

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouw asfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

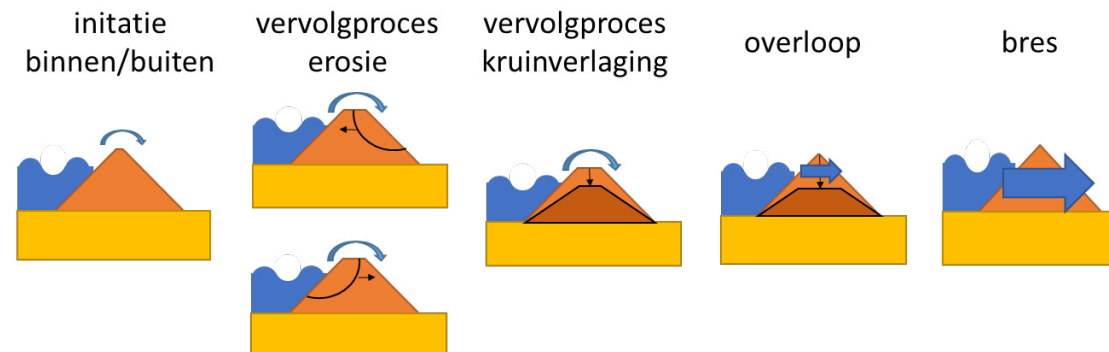
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen

De bepaling van belastingen op waterkeringen door golven en daaruit volgende bezwijkprocessen binnen het faalpad dijkerosie gaat gepaard met verschillende relevante kennisleemtes. Deze kennisleemtes omvatten o.a. de invloed van kortkammige versus langkammige golven en de invloed van (gecombineerde) ruwheid, bermen, schuine golfval en ondiepte.

“Met de meetstrategie kunnen meekoppelkansen op bestaande projecten waarbij metingen worden uitgevoerd worden benut om effectief en efficiënt kennisleemtes in te vullen, die significante invloed kunnen hebben maar niet hoog op de prioriteitenlijst staan.”

Om deze kennisleemtes effectief en efficiënt op te vullen kunnen veld- en of laboratoriummetingen worden uitgevoerd en/of kan numeriek of fysisch onderzoek worden gedaan. Er lijken namelijk mogelijkheden te zijn om door gebruik te maken van slimme combinaties en meekoppelkansen meerdere relevante kennisleemtes in één klap in te vullen. Hiervoor is in het afgelopen jaar een meetstrategie opgesteld met input van verschillende experts van RWS-WVL, HWBP en Deltares.

De meetstrategie bevat een overzicht van kennisleemtes, congruent met de Rode Draad Dijkerosie en aangevuld met expertkennis. Kennisleemtes die kunnen worden beantwoord met meekoppelkansen op bestaande projecten zijn nader uitgewerkt op inhoud, de benodigde metingen en op de benodigde investering (type en duur van de proeven). Met de meetstrategie in de hand kan per project waarbij metingen worden uitgevoerd worden gekeken of er meekoppelkansen aanwezig zijn voor de beantwoording van (een) kennisleemte(s).



Keten van gebeurtenissen voor faalpad overstrooming door dijkerosie (Deltares, Rijkswaterstaat & HWBP, 2023)

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Voor het valideren van rekenmodellen voor golfbelastingen op bekledingen zijn metingen cruciaal. Goede veldmeetcampagnes zijn vaak echter zeer duur en de uitkomst ervan is onzeker. Daarom wordt vaak teruggevallen op goot- en bassinmetingen in het laboratorium. Ook die zijn echter duur. Bovendien heeft elk type metingen inherente beperkingen qua toepassingsbereik en nauwkeurigheid. Daarom is het cruciaal om verschillende meetopties te kunnen vergelijken, in beeld te krijgen waar deze elkaar kunnen aanvullen, en om relevante maar nét iets minder urgente kennisvragen te kunnen laten meeliften op reeds geplande experimenten en meetcampagnes. Het rapport biedt voor beide een handvat.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouw asfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

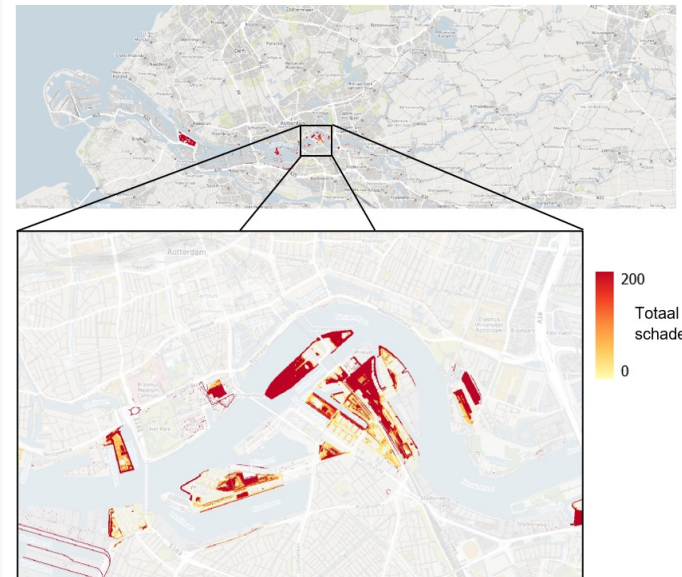
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen

Verkenning sluitpeilverhoging Maeslantkering in onderhoudscontext

Door klimaatverandering, in het bijzonder een stijgende zeespiegel, en veroudering van de Nederlandse stormvloedkeringen komt er meer druk op het onderhoud van dit type keringen. Zeespiegelstijging leidt ertoe dat keringen vaker ingezet worden, in de toekomst mogelijk ook in de zomer. Deze beide aspecten zorgen voor een toename aan onderhoud en beperking van de momenten waarop onderhoud uitgevoerd kan worden.

Oplossingen zijn nodig om de druk van extra werkzaamheden en beperking van onderhoudsmomenten te verlagen. Een voorbeeld van een oplossingsrichting is het oprekken van de beslisriteria. Het verhogen van het sluitcriterium van een stormvloedkering zal logischerwijs leiden tot minder sluitingen en dus minder slijtage en (in de toekomst) minder onderhoudsonderbrekingen. Maar er zijn ook nadelen, bijvoorbeeld omdat een hoger sluitpeil ook de waterveiligheid van het achterland beïnvloedt.

In dit onderzoek is een eerste verkenning gemaakt of een sluitpeilverhoging een haalbare oplossingsrichting is die verder kan worden uitgewerkt. Als casestudie is de Maeslantkering genomen. Er zijn berekeningen gemaakt op een aantal locaties in het achterland waarbij 1 m zeespiegelstijging is aangehouden en 0 en 0,5 m sluitpeilverhoging. De effecten op de waterstanden, buitendijkse schade en (extra) benodigde dijkhoogtes zijn verkend.



Ruimtelijk beeld van de totale buitendijkse schade bij een waterstand met een terugkeertijd van 100 jaar en een sluitpeil van 3,5m+NAP.

Uit de analyse blijkt dat sluitpeilverhoging voor de doorgerekende combinatie van zeespiegelstijging en sluitpeilverhoging een niet-verwaarloosbaar effect heeft op de waterveiligheid en (economische) schade in het achterland. In een vervolgstudie dienen de kosten en baten van combinaties van zeespiegelstijging en sluitpeilverhoging verder te worden uitgewerkt.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Door klimaatverandering gaat de Maeslantkering vaker dicht. Het frequentere sluiten heeft niet alleen nadelen voor de scheepvaart, de verwachting is ook dat dit gaat leiden tot nog meer Beheer en Onderhoud en mogelijk zelfs een kortere levensduur. Een aanpassing kan zijn om het sluitpeil te verhogen in de toekomst maar dit geeft overlast en schade in het buitendijkse gebied. De schademodelen laten forse schades zien voor buitendijk gebied maar dit is de potentieel maximale schade dus hier valt nog wel wat op af te dingen. Dit moet in de toekomst nog nader worden bekeken.

De invloed van het aantal sluitingen op de beheersinspanning en de levensduur is ook een belangrijke vraag maar vooralsnog erg lastig te beantwoorden. Als vervolg zal ook gekeken gaan worden naar de invloed van beheer en onderhoud in het stormseizoen op de veiligheidseisen voor de dijken. De normeis is een kans per jaar die opgebouwd is uit kansen per dag die echter niet allemaal even groot hoeven te zijn. Dus mag de kans soms best wel iets hoger zijn om toch te voldoen. Hoeveel dat mag zijn, en hoeveel dat ongeveer is tijdens Beheer en Onderhoud is nog de vraag. Een Plan B met noodmaatregelen heeft hier ook invloed op.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden

Werkzaamheden aan dijken en kunstwerken worden normaal gesproken uitgevoerd buiten het stormseizoen. De omvang van het onderhoud en versterkingsopgaven is dermate groot dat het steeds moeilijker wordt dit in deze periode te realiseren. Klimaatverandering kan het in de toekomst zelfs onmogelijk maken om alle werkzaamheden buiten het stormseizoen uit te voeren. Daarbij is het van belang dat uitvoeringsrisico's van werken aan dijken en kunstwerken goed ingeschat kunnen worden. De hydraulische randvoorwaarden op de keringen spelen daarbij een belangrijke rol.

In 2022 is een inventarisatie uitgevoerd van de informatiebehoefte met betrekking tot seizoensafhankelijke statistiek van hydraulische randvoorwaarden. Hieruit blijkt dat op beleidsmatig niveau de systematiek van open en gesloten seizoenen ter discussie staat, omdat deze systematiek niet aansluit bij de gewenste risico-gestuurde manier van werken. Voor het inschatten van risico's voorafgaand aan de uitvoering van werken aan dijken en kunstwerken bestaat er een brede behoefte aan seizoensafhankelijke statistiek van de hydraulische randvoorwaarden. Deze statistiek faciliteert het inplannen van de werkzaamheden en het voorbereiden van de vereiste noodmaatregelen. Wanneer de werken aan dijken en kunstwerken in uitvoering zijn, is er behoefte aan operationele voorspellingen van zowel de zwaarte van de hydraulische randvoorwaarden als van de tijdshorizon waarop deze plaatsvinden.

De doelstelling van het SITO-VOW onderzoek voor 2023 betrof het opstellen van een ontwikkelstrategie voor het afleiden van seizoensafhankelijke statistiek van hydraulische randvoorwaarden. De beleidskant viel buiten de scope van deze studie. De operationele kant wordt door WMCN opgepakt. In nauw overleg met Deltares en Rijkswaterstaat-WVL heeft HKV een inventarisatie gemaakt voor mogelijke manieren om genoemde statistiek af te leiden en daarvan de haalbaarheid ingeschat.

Haalbaarheid seizoensafhankelijke statistiek

De werkwijze richt zich op maandstatistiek van de basisstochasten. De basisstochasten zijn invoer voor het huidige instrumentarium (BOI) voor de bepaling van hydraulische belastingen: neerslag, afvoer, wind, zeewaterstand en meerpeil. Daarbij wordt uitgegaan van het huidige klimaat. De stap van het huidige klimaat naar klimaatscenario's kan nader worden ingevuld wanneer de maandstatistiek voor het huidige klimaat is afgeleid. De haalbaarheid van de maandstatistiek van de basisstochasten en van de implementatie daarvan in bestaande modellen (DEZY, Hydra-NL, Hydra-Ring, PROMOTOR) is uitgebreid beschreven. Merk op dat seizoensafhankelijke statistiek kan worden afgeleid uit maandstatistiek.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Meerdere strategieën zijn gepresenteerd: (1) een 'basis' strategie met alleen de afleiding van maandstatistiek, (2) een 'plus' strategie met óók de uitbreiding van bestaande software/modellen en (3) een 'uitgebreide' strategie die ook aanpassingen in de databases fysica bevat. Deze databases worden gebruikt voor de vertaling van statistiek van basisstochasten naar statistiek van hydraulische belastingen. Voor de korte en middellange termijn wordt aanbevolen om voor het afleiden van maandstatistiek van de basisstochasten de factormethode (een grove, pragmatische werkwijze om maandstatistiek af te leiden) of de beschikbare modelreeksen (m.b.v. modelberekeningen zijn lange tijdreeksen voor zowel afvoer als wind en zeewaterstand gegenereerd) te gebruiken. Zelfs als er geen software-aanpassingen worden gedaan, dan kunnen relatief snel handreikingen met work-arounds aan de gebruikers van Hydra-Ring, Hydra-NL, DEZY en Promotor worden gemaakt.

Afwegingen

Het beschikbare budget is een belangrijke factor in het kiezen tussen de factormethode en de beschikbare modelreeksen. Ook de gewenste betrouwbaarheid speelt een belangrijke rol. De beschikbare modelreeksen leveren namelijk betrouwbaardere extreme-waarden verdelingen op dan de factormethode, maar dit kost meer inspanning en gaat gepaard met hogere kosten. De keuze hangt ook van de toepassing af. De factormethode is vooral interessant wanneer men geïnteresseerd is in niet zo extreme gebeurtenissen, die relevant zijn voor o.a. ARBO-eisen en inschatting van werkbaar weer. Voor andere toepassingen ligt een meer geavanceerde methode voor de hand. Denk hierbij aan inschattingen voor de waterveiligheid. De keuze voor het doen van aanpassingen aan software is enerzijds sterk afhankelijk van het beschikbare budget en anderzijds van de gebruikerswensen.

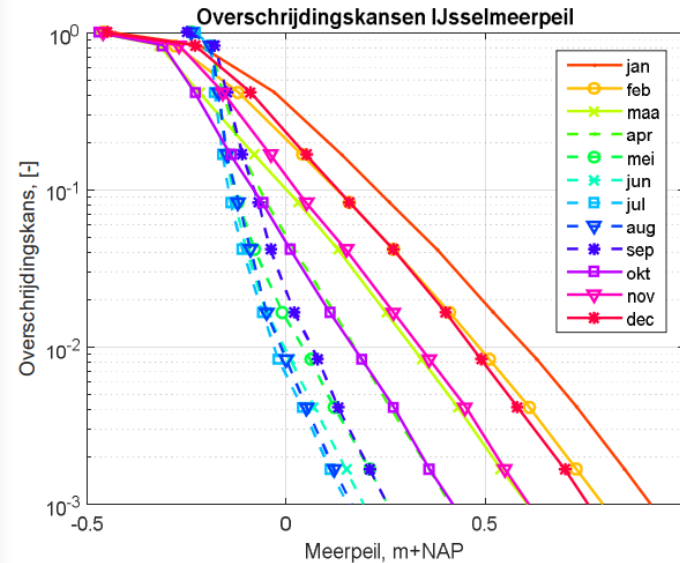
Hoe nu verder?

Een ontwikkelstrategie voor het afleiden van seizoensafhankelijke statistiek van hydraulische randvoorwaarden is nu opgesteld. Door aanvullend meerdere experts te bevragen om de strategieën te beoordelen zouden nog nieuwe inzichten naar voren kunnen komen. Duidelijk is wel dat er nog diverse keuzes te maken zijn. Deze hangen af van randvoorwaarden, ten aanzien van beschikbaar budget, gewenste betrouwbaarheid van de statistiek en gebruikersvriendelijkheid voor de gebruiker.

De behoeften en daarmee de randvoorwaarden zullen waarschijnlijk per project verschillen. Het ligt daarom in de lijn der verwachtingen dat een generiek toepasbare set aan seizoensafhankelijke statistiek van hydraulische randvoorwaarden en software om deze te verwerken en af te leiden niet zondermeer te genereren is. We bevelen aan om gegenereerde bouwstenen voor statistiek en software in beheer te nemen. Op deze manier kunnen de verschillende projecten profiteren van de ontwikkelingen die zijn opgedaan bij projecten, waarbij ontwikkelingen ten aanzien van seizoensafhankelijke statistiek hebben plaatsgevonden.

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden



Figuur 1: Voorbeeld van maandstatistiek van de meerpeilstatistiek op het IJsselmeer (bron: HKV, 2018 rapport PR3451.20)



Figuur 2: Extreem hoge waterstanden in de Maas in de zomer van 2021

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Eerder hebben keringbeheerders al aangegeven behoefte te hebben aan een seizoensafhankelijke uitsplitsing van de hydraulische belastingen waarmee rekening moet worden gehouden bij ontwerp, beheer en beoordeling van keringen. Om vervolgstappen te kunnen zetten is het echter cruciaal in beeld te krijgen wat er qua seizoensafhankelijk uitgesplitste belastingen haalbaar is, en tegen welke inspanning. Door HKV is in samenspraak met Deltares een indicatief plan van aanpak uitgewerkt dat deze zaken inzichtelijk maakt, en daarmee richting kan geven aan zowel een verdere vraagarticulatie vanuit de beheerder als het (door de beheerder) agenderen van vervolgtacties.

Inleiding

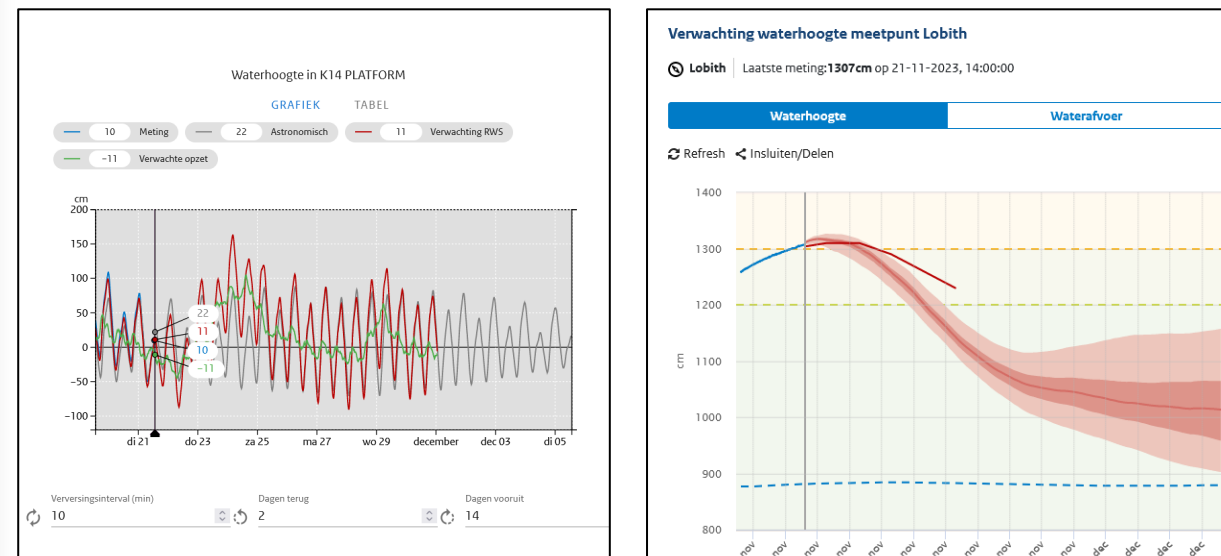
1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouw asfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

In 2023 is gestart met het onderzoeken van de mogelijkheden om de voorspellingshorizon van wind en luchtdruk op de Noordzee te verlengen. Thans bedraagt deze horizon typisch tien dagen. Een lange termijn voorspelling kan zinvol zijn voor de planning van onderhoudswerkzaamheden aan stormvloedkeringen en andere infrastructuur, alsmede de organisatie tijdens calamiteiten, omdat deze activiteiten afhankelijk zijn van fysieke condities die worden bepaald door wind, waterstanden en golfcondities.

Diverse onderzoeksvragen zijn geadresseerd: bestaat de noodzaak voor voorspellingen met een duur van meer dan tien dagen? Welke data en technieken zijn wereldwijd beschikbaar om deze te bepalen? Hoe kunnen we deze dan ook operationeel maken?

De verkenning heeft voornamelijk plaatsgevonden middels literatuuronderzoek en interviews van diverse experts. Een van de bevindingen is dat, ondanks dat er momenteel geen vraag is naar verlenging van de huidige voorspelhorizon, wordt erkend dat deze er in de toekomst wel gaat komen. Tevens wordt aangegeven dat er nu al een noodzaak is voor het opdoen van ervaring met het gebruik van dergelijke langetermijn voorspellingen. Diverse meteorologische centra verschaffen operationele lange-termijn voorspellingen (seizoensvoorspellingen). Diverse technieken zijn gevonden in de literatuur om dergelijke voorspellingen om te zetten in voorspellingen van waterstanden, golfcondities of kansen op overstroming. De technieken betreffen de inzet van hydrodynamische modellen en golfmodellen tot aan machine learning technieken. In 2024 zal dit onderzoek verder uitgewerkt worden.



Figuur 1: Deterministische 10-daagse waterstandsvoorspelling van de waterstand bij Hoek van Holland (kust) en deterministische 4-daagse en probabilistische 1.4-daagse waterstandvoorspelling voor Lobith (rivier).

Inleiding

1. Graverij door dieren in waterkeringen
2. Onder- en achterloopsheid bij waterkerende kunstwerken
3. Beoordeling van damwanden in het buitentalud van regionale waterkeringen
4. Klimaatneutraal en circulair (half) warm waterbouwasfaltbeton
5. Steenzettingen onder praktijkomstandigheden
6. Quick Reaction Force
7. Remote Sensing, Artificial Intelligence en Digital Twins voor waterveiligheid
8. Kennisalliantie Slachtoffers en Evacuaties
9. Beheer- en noodmaatregelen
10. Handboek voor scenario's hoogwatercrisis
11. Meetstrategie belastingen door golven op waterkeringen
12. Jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen
13. Seizoensafhankelijke Hydraulische Randvoorwaarden
14. Verkenning langetermijnvoorspellingen windvelden

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Dit onderzoek is van bijzonder belang voor onderhouds- en bouwwerkzaamheden aan natte infrastructuur in het winterseizoen. Indien we weten welke perioden meer kans hebben op rustig weer kunnen we daarop anticiperen. Dit zal altijd tot extra risico's leiden in de winter ten opzichte van de zomer. Maar als er toch gewerkt moet worden, willen we de risico's voor personeel, constructie en waterveiligheid zo beperkt mogelijk houden. Dit onderwerp heeft een sterk verband met het jaarrond onderhoud van stormvloedkeringen (onderwerp 12).