

Verantwoordingsrapportage

Strategisch Onderzoek 2020



Voorwoord

In deze Verantwoordingsrapportage Strategisch Onderzoek 2020 wordt een inhoudelijke blik gegeven in de Deltares onderzoeksprogramma's van het jaar 2020. Noodgedwongen is dat een selectie uit het totaal aan activiteiten die in dit kader zijn uitgevoerd, en een goed overzicht geven van de breedte van de bij Deltares ontwikkelde kennis, die ten goede komt aan de maatschappij. We hopen met dit overzicht de deur open te zetten voor verdere vragen, gesprekken en samenwerking.

De strategie van Deltares is erop gericht om in het totale projectportfolio kennis te ontwikkelen. De missie van Deltares is immers het op topniveau ontwikkelen en toepasbaar maken van kennis op het gebied van water, ondergrond en infrastructuur voor mens, milieu en maatschappij. De middelen van de instituutssubsidie vervullen daarbij een cruciale rol in het in stand houden en ontwikkelen van de kennisbasis voor de B.V. Nederland. Zij worden bijvoorbeeld ingezet voor het co-financieren van gezamenlijk onderzoek (JIP's, EU projecten), voor het doen van verkenningen, voor het ondersteunen van relevante fundamentele kennisontwikkeling via promotietrajecten en voor het onderhouden van intensieve relaties met universiteiten door deeltijds hoogleraar- en docentschappen.

We maken de ontwikkelde kennis ook toepasbaar voor anderen, zodat het niet blijft steken in onderzoeksrapporten maar van toegepaste waarde is voor de samenleving. We zijn ons ervan bewust dat onze expertise over water, ondergrond en infrastructuur een schakel vormt in een keten. De opgaven waar we aan werken zijn complexer geworden, er zijn vaak meerdere partijen, ministeries en bestuurslagen bij betrokken en een integrale, gebiedsgerichte aanpak wordt urgenter. We werken daarom op veel gebieden samen, met veel verschillende partners.

We wensen u veel plezier met het lezen van dit verslag. De opzet is dusdanig dat u via een menu heel makkelijk door deze rapportage heen kunt navigeren. Na het inleidende hoofdstuk is er een schema met daarin 24 inhoudelijke onderzoeksprogramma's en 1 programma over sleuteltechnologieën. Daar is voor ieder programma een toelichting op het programma en twee voorbeeldprojecten opgenomen. Daarnaast is er, als ingang voor verdere informatie, een overzichtslijst opgenomen in een aparte katern waarin de producten zijn opgenomen die zijn gemaakt in het kader van het strategisch onderzoek. Verzoeken om informatie of vragen worden gesteld via regieteam@deltares.nl. Ons motto 'Dare to share' geeft aan dat we graag onze kennis delen met alle partijen. De proef op de som is altijd dat de door ons ontwikkelde kennis en tools in praktijktoepassingen zijn weg vindt en meerwaarde levert. Wij menen met deze rapportage hier een ruim scala aan voorbeelden van te laten zien.



TO2's en subsidie

De wereld staat voor grote uitdagingen, zoals het aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering, omgaan met schaarse grondstoffen en water, de energietransitie, het tegengaan van verlies aan biodiversiteit en de zorg voor voldoende voedsel. Daarbij is de ambitie om dat in te bedden in een wereld die tevens sociaal rechtvaardig en economisch welvarend is. Voor al deze ambities en ontwikkelingen geldt dat onderzoek en innovatie onmisbare pijlers zijn om deze uitdagingen het hoofd te bieden.

De Stichting Deltares is één van de TO2's (Toegepast Onderzoek Organisaties) van Nederland, samen met Marin, NLR, TNO, en WR.

De missie van de samenwerkende TO2-instellingen is om een doorslaggevende bijdrage te leveren aan het oplossen van de maatschappelijk uitdagingen, de innovatiekracht van het Nederlandse bedrijfsleven te versterken en de overheid inhoudelijk te ondersteunen bij beleidsvragen.

De TO2 instellingen hebben drie hoofdtaken:

- Het ontwikkelen, toepassen en verspreiden van kennis ten behoeve van het oplossen van maatschappelijke vragen en ondersteuning van overheidstaken en -beleid. Een deel van dit onderzoek valt onder wettelijk verplichte taken.
- Het ontwikkelen, toepassen en verspreiden van kennis voor het versterken van de innovatiekracht en concurrentiepositie van Nederland, in het bijzonder voor de topsectoren.
- Het beheren van strategische onderzoeksfaciliteiten welke soms uniek zijn in Nederland en deels ook internationaal.

Missie Deltares

'Enabling delta life' is waar wij voor staan. We zetten onze hoogwaardige kennis in om innovatieve en duurzame oplossingen voor wereldwijde vraagstukken rondom het gebruik en de risico's van water en ondergrond mogelijk te maken. Als toegepast kennisinstituut is Deltares succesvol als haar kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. De missie van Deltares en de strategische doelen zijn beschreven in de Strategische Agenda Deltares 2018 – 2021. Het onderzoek van Deltares moet bijdragen aan de missie en de strategische doelen. Dit is nader uitgewerkt in de Onderzoeksagenda Deltares 2018 – 2021, die in nauw overleg met overheid, kennispartners en private partijen is opgesteld. De Strategische Agenda en de Onderzoeksagenda zijn te vinden op de *website*. In 2021 zullen beide documenten geactualiseerd worden voor de periode 2022-2025.

Strategisch onderzoek

In november 2019 is door Deltares het *Activiteitenplan* en een begroting voor Strategisch Onderzoek in 2020 ingediend. Dit activiteitenplan is afgestemd met een groot aantal stakeholders en is in diverse gremia (met relevante departementen en topsectoren) besproken en positief ontvangen. Dit is in december 2019 door het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat gehonoreerd met een positief besluit ten aanzien van het toekennen van de gevraagde instituutssubsidie voor het boekjaar 2020.

De subsidie valt onder de op 5 februari 2018 in de Staatscourant gepubliceerde "Regeling van de Minister van Economische Zaken en Klimaat van 1 februari 2018, nr. WJZ/17203973, houdende regels voor het verstrekken van subsidies door de Ministeries van Economische Zaken en Klimaat en van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit aan de instituten voor toegepast onderzoek (Subsidieregeling instituten voor toegepast onderzoek)".

Overgang naar missiegedreven onderzoek en nieuwe Strategische kennisagenda

In navolging op het *Activiteitenplan 2020*, heeft ook deze rapportage een veranderde indeling als de rapportages van de afgelopen jaren. Dit komt door de beweging die we hebben ingezet om ons onderzoek nadrukkelijk te verbinden aan de mondiale, Europese en Nederlandse doelstellingen en missies. Een belangrijk aspect van het Nederlandse missiegedreven onderzoek is dat er gezamenlijke, lange termijn doelen worden afgesproken, die focus aanbrengen in de R&D-inspanning van bedrijven, overheden en kennisinstellingen. Deze doelen nopen tot samenwerking tussen sectoren (cross-overs) en disciplines in de kennis- en innovatieketen.

De meest relevante agenda's en missies geven wij een centrale plaats en nemen we als startpunt bij de invulling van de onderzoeksprogramma's. Hiervoor hebben wij vanuit het perspectief van water, bodem en infrastructuur deze uitdagingen en missies vertaald naar vier zogeheten missiegebieden:



In het *Activiteitenplan* leest u meer over de missiegebieden.

Opbouw in 24 programma's en sleuteltechnologieën

Met deze rapportage geven we een overzicht en hoogtepunten van de activiteiten die in 2020 in het kader van het Strategisch Onderzoek van Deltares zijn uitgevoerd. Voor het verder ontwikkelen en op internationaal topniveau houden van kennis op het gebied van deltatechnologie ontvangt Deltares een Rijksbijdrage van circa 15 % van de jaaromzet. De rijksbijdrage wordt ingezet voor strategisch onderzoek in de missiegebieden en het onderhouden van de kennisbasis.

In 2020 zijn de 24 bestaande onderzoeksprogramma's die de basis vormen voor dit verslag afgerond. Naast de onderzoeksprogramma's onderhoudt Deltares de Strategische Kennisbasis, die bestaat uit de Kennisfaciliteiten (software & modellen, data, laboratoria en experimentele faciliteiten) en de Langetermijn Kennisbasis, waarin de actieve samenwerking met universiteiten wordt onderhouden via deeltijd hoogleraar en universitair docentschappen, en van waaruit de matching van EU en NWO onderzoek wordt gedaan.

In 2021 is het nieuwe missiegedreven onderzoek bij Deltares vormgegeven in 15 nieuwe onderzoeksprogramma's die duidelijker de link leggen met de vier missiegebieden. Dat zal zich ook vertalen in de nieuwe Strategische Kennisagenda 2022 -2025. Op deze manier houdt de kennisontwikkeling een herkenbare continuïteit, maar kan ook aangepast aan de actuele maatschappelijke ontwikkelingen.

In dit verslag wordt vervolgd met een overzichtspagina met links naar de 24 onderzoeksprogramma's en een link voor de sleuteltechnologieën (Enabling Technologies) die over deze programma's heen lopen. Op deze manier is het mogelijk heel snel door te linken naar uw eigen interessegebieden. Vanuit elk programma kunt u doorklikken op de overzichtslijst met producten die daar uit zijn gekomen. We hopen dat u met plezier de bijdragen leest, en dat uw interesse gewekt wordt om meer informatie te vragen via regieteam@deltares.nl.



Doorwerking van de mondiale, Europese en nationale missies en agenda's in de onderzoeksagenda van Deltares.

Inhoud

 > Planning for Disaster Reduction and Resilience	 > Enabling Early Warning	 > Quantifying flood hazards and impacts	 > Future Proof Dikes	 > Impacts of Extreme Weather
 > Resilient ecosystems	 > Integrated Modelling and Monitoring	 > Environmental Quality	 > Nature Based Solutions	 > Healthy Water systems
 > Information Systems for Water security	 > Subsurface Resources in a Circular Economy	 > Water Energy Food nexus	 > Sustainable Energy Transition	 > Futureproof Coastal Infrastructure
 > Infrastructure for Waterborne Transport	 > Infrastructure for Water and Energy	 > Robust and reliable urban infrastructure	 > Replacement and Renovation of Hydraulic Infrastructure	 > Resilient Infrastructure
 > Adaptive governance & finance	 > Climate Change Adaptation	 > Urban Resilience	 > Subsidence adaptation	 > Enabling Technologies

Planning for Disaster Risk Reduction and Resilience

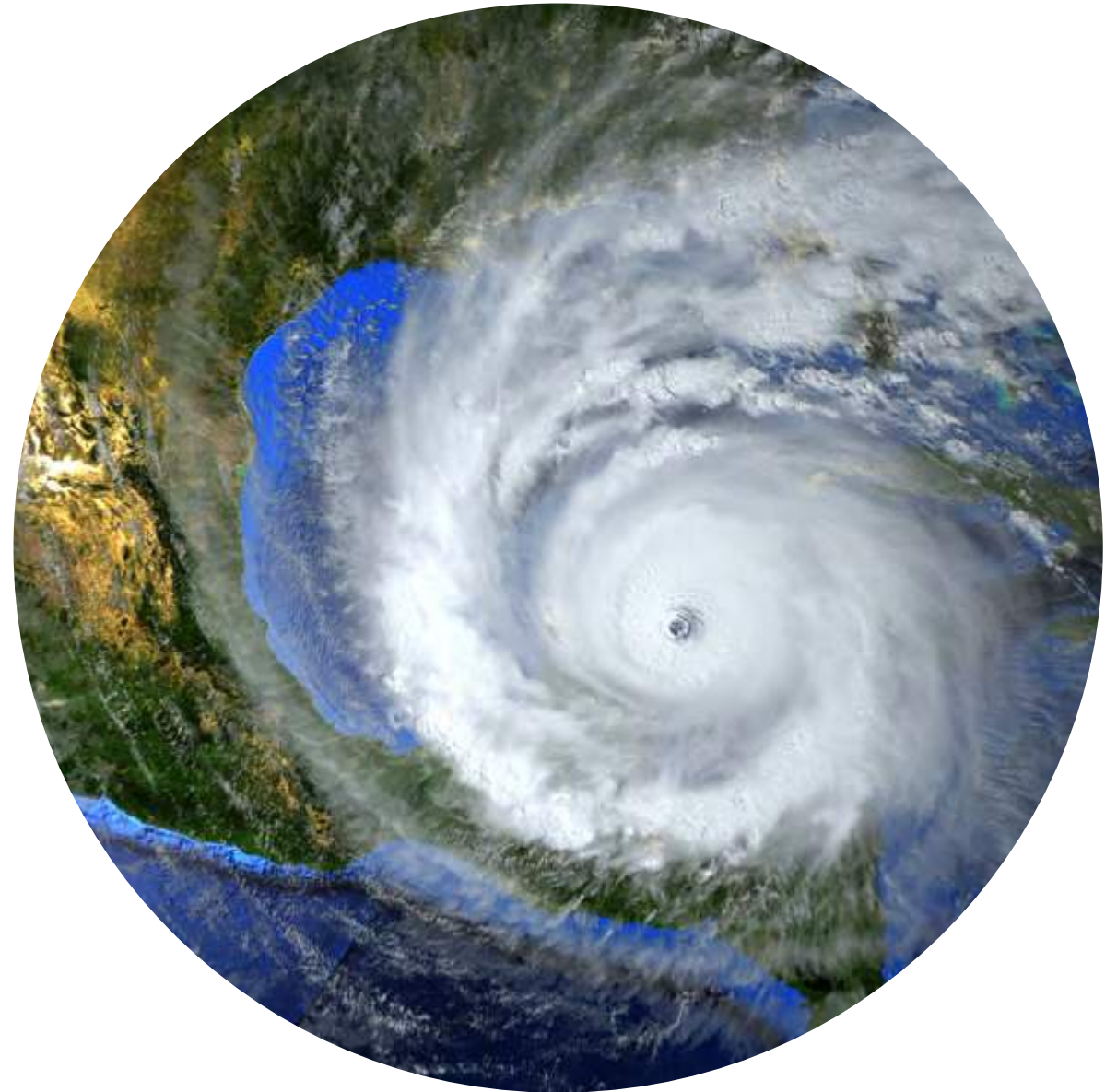
Doel en relevantie van het programma

Het programma “Planning for Disaster Risk Reduction and Resilience” is nauw verwant aan de internationale agenda van het Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Dit framework onderscheidt vier prioriteiten, waaronder het vergroten van kennis en begrip van het risico op rampen en het investeren in risicoreductie voor meer veerkracht (‘resilience’).

De focus van het onderzoeksprogramma lag bij het beter begrijpen van risico als gevolg van rampen om risico-gestuurde planning en besluitvorming te ondersteunen. Hiervoor werkte het programma aan het ontwikkelen van methodes en tools voor het kwantitatief beoordelen van risico door rampen (direct of indirect), inclusief schattingen hoe veranderingen in klimaat en socio-economische omstandigheden deze risico's beïnvloeden. Dit betekent een bredere scope van het beoordelen van risico's, het kijken naar de interactie tussen verschillende vormen van risico en naar de gezondheidsimpact van rampen.

De concepten van veerkracht en risico zijn beide belangrijk voor onderzoek en voor beleidsontwikkeling (reductie van risico en vergroten van veerkracht). Het programma ontwikkelde methodes, tools en indicatoren om het concept van veerkracht voor planningstudies te operationaliseren. Deze inzichten ondersteunden de ontwikkeling van strategieën voor integrated flood risk management (IFRM), toegesneden op de risico situatie en beleidscontext. Deze ontwikkeling omvatte ook ondersteunende tools zoals policy dash-boards om betrokkenheid van stakeholders te vergroten bij risico-geïnformeerde besluitvorming.

[Lijst van output](#)



Project 1

Beoordelen van overstromingsrisico door gebruik van Artificial Intelligence (AI)

De huidige praktijk in het beoordelen van het risico van overstromen kan worden verbeterd door gebruik te maken van Artificial Intelligence (AI). Overstromingsschademodellen worden toegepast om besluitvorming te ondersteunen over investeringen om het overstromingsrisico te reduceren, om verzekeringspremies te bepalen en om voorspellingen te doen van de gevolgen van overstromingen. De modellen beschrijven veel complexe en niet-lineaire processen die overstromingsschade bepalen.

De huidige overstromingsschademodellen kennen grote onzekerheden en zijn daarom vaak de zwakke schakel in het beoordelen van overstromingsrisico's. Daarom is een alternatieve methode toegepast om overstromingsschademodellen te ontwikkelen. Gegevens over opgetreden overstromingsschades en variabelen die hier een indicator voor zijn werden als invoer voor AI benut om verbanden te vinden tussen deze indicatoren en de schade. Deze AI modellen kunnen veel meer indicatoren voor overstromingsschade in beschouwing nemen dan experts; een model gemaakt op basis van één dataset is daarom veel breder toepasbaar. Dit werk was de voornaamste pijler van de doctoraalscriptie van Dennis Wagenaar (Wagenaar, D.J. (2020), Capturing Complexity: Transferable flood impact models with Machine Learning, PhD-thesis, Vrije Universiteit, 2 September 2020).

AI deze technieken kunnen nauwkeuriger en goedkopere modellen genereren. Er ontstaan echter ook nieuwe ethische uitdagingen. Deltares werkte samen met de Columbia University en de World Bank in een werkgroep over "Responsible AI for Disaster Risk Management". De werkgroep organiseerde een serie webinars om

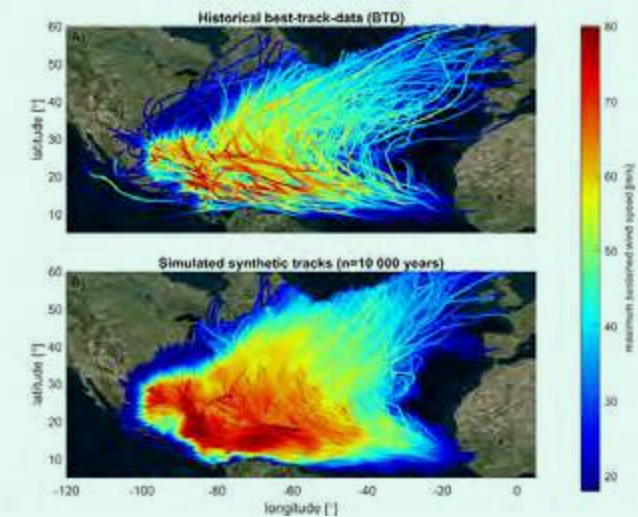
de literatuur over ethiek en Artificial Intelligence te bediscussiëren, en paste de verkregen inzichten toe op risico management vraagstukken. De werkgroep heeft vier ethische zorgen geïdentificeerd: bias (vooordeel), privacy, gebrek aan uitlegbaarheid en hype. De bevindingen van dit project zijn vastgelegd in een gezamenlijke Deltares - World Bank publicatie (Soden, R., Wagenaar, D., Tijssen, A., 2020. Responsible use of Artificial Intelligence for Disaster Risk Management. Joint Deltares World Bank publication).

Project 2

Schatten van risico's door tropische cyclonen¹

Tropische cyclonen zijn een van de meest destructieve natuurverschijnselen in de wereld. Vooral kustgebieden zijn kwetsbaar voor de gevolgen van tropische cyclonen door extreme winden, regenval, hoge golven en stormvloed. Het ontwerp van kustbeschermingsmaatregelen op locaties die cyclonen moeten weerstaan zijn vaak enkel gebaseerd op een analyse van historische cycloonpaden. Deze cycloonpaden worden pas de laatste decennia geregistreerd, wat resulteert in beperkt betrouwbare schattingen van de extremen, in het bijzonder in gebieden die worden gekenmerkt door een gering aantal historische cyclonen.

Deltares heeft een Tropical Cyclone Wind Statistical Estimation tool (TCWiSE) ontwikkeld die kan voorzien in betrouwbaardere schattingen van extreme cycloon windsnelheden en regenval en de daarmee samenhangende risico's. Door de onzekerheidsmarges die met de extreme condities gepaard gaan te verkleinen worden nauwkeuriger ontwerpcondities afgeleid. Dit resulteert in effectievere maatregelen en daarmee kostenbesparing bij het ontwerp en planning van adaptieve beschermings maatregelen.



TCWiSE is gebaseerd op de statistiek van historische tropische cyclonen, er worden duizenden synthetische gebeurtenissen genereerd die representatief zijn voor mogelijke tropische cyclonen die gedurende een zeer lange periode op zouden kunnen treden. Bovendien kan TCWiSE rekening houden met toekomstige klimaatomstandigheden door klimateffecten als toenemende windsnelheden of hogere frequentie van cyclonen mee te nemen. De verbeterde schattingen van windsnelheden kunnen daarna gebruikt worden om stormvloed, golfhoogtes en daarmee verbonden risico's te berekenen in een modelketen met andere numerieke modellen (bijvoorbeeld Delft3D, SFINCS en FIAT).

De tool is succesvol toegepast bij studies voor verschillende oceaangebieden (bijvoorbeeld Verenigde Staten, Bangladesh, Marshall Eilanden, Mozambique, Oman en Sint Maarten). De tool en de praktische toepassingen worden beschreven in twee journal papers (Nederhof et al, 2020; Leijnse et al, in preparation).

¹ Het werk is uitgevoerd in nauwe samenwerking met het programma "Natural Hazards".

Enabling Early Warning

Doel en relevantie van het programma

Het programma Enabling Early Warning ontwikkelt kennis en tools gericht op de real-time componenten van de flood risk management cyclus. Met deze kennis en tools kunnen beter bruikbare verwachtingen en voorspellingen voor het waarschuwings- en besluitvormingsproces gemaakt worden. Deze informatie komt tot stand door de integratie van modellen en actueel beschikbare data. Het programma heeft een internationaal portfolio en sluit nauw aan bij internationale ambities op het gebied van Early Warning zoals die in het – door de Verenigde Naties gecoördineerde – Sendai Framework zijn vastgelegd.

Binnen het programma wordt gekeken naar het voorspellen van gevaar en gevolgen -samen dus risico- op verschillende tijd- en ruimtelijke schalen. Zo zijn de mondiale voorspellingssystemen voor hoogwater op rivieren en langs kusten een voortdurende bron van nieuwe kennis, technieken en inspiratie. In 2020 lag de nadruk van het programma op:

- het verbeteren van het vermogen van de operationale hoogwaterverwachtingsinstrumentaria voor het voorspellen van hoogwater op rivieren en langs kusten, zowel op lokale, regionale als globale schaal
- vanuit het 'Decision making in uncertainty lab' beter inzicht krijgen in biases die optreden bij forecast informed decision making
- verbeteren van het vermogen om niet alleen toekomstige hoogwaters maar ook de gevolgen daarvan te voorspellen.

[Lijst van output](#)

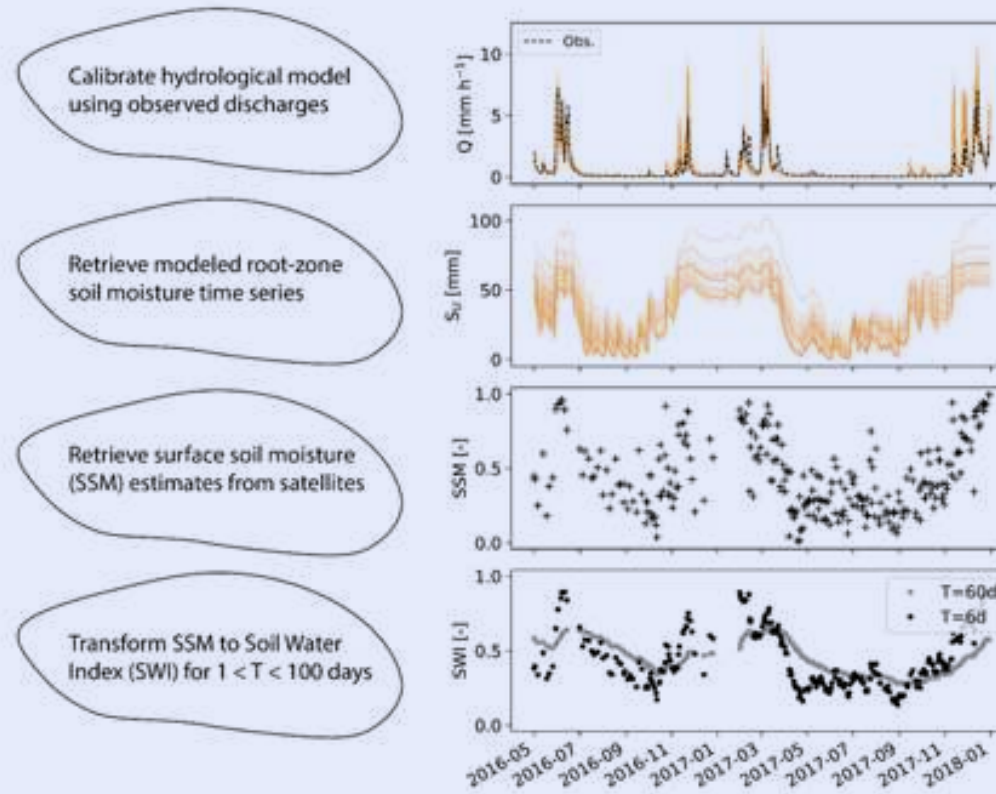


Project 1

Verbetering van de hydrologische modellering van het Maasstroomgebied

In de afgelopen vier jaar (2017-2020) heeft het programma Enabling Early Warning een bijdrage geleverd aan het promotieonderzoek van Laurène Bouaziz over de verbetering van de hydrologische modellering van het Maasstroomgebied ten behoeve van operationele en beleidstoepassingen van Rijkswaterstaat. In samenwerking met Deltares, TU Delft en Rijkswaterstaat, zijn vier hoofdrichtlijnen onderzocht voor het verbeteren van de betrouwbaarheid van hydrologische voorspellingen van de Maas door gebruik te maken van in-situ en satellietgegevens (Fig. 1). Enerzijds is er gekeken naar het belang van het beschrijven van additionele processen. Met name grondwateruitwisselingen tussen stroomgebieden zijn gekwantificeerd aan de hand van waterbalansgegevens. Dit speelt vooral een rol in bovenstroomse gebieden gelegen op watervoerende lagen. Anderzijds zijn satellietgegevens van bodemvocht in de bovenste laag van het aardoppervlak omgezet naar schattingen van bodemvocht in de wortelzone van vegetatie op stroomgebiedsschaal. Dit is van belang aangezien de tijdsafhankelijke dynamiek van bodemvocht in de wortelzone bepalend is voor hoeveel water er in de bodem kan infiltreren en hoeveel water er beschikbaar is voor verdamping van vegetatie. In een vervolgonderzoek is de modellering (interne procesrepresentatie) in een tiental modellen van verschillende universiteiten en instituten werkzaam in het Maasstroomgebied met elkaar vergeleken. Daarnaast is de consistentie geëvalueerd tussen modelresultaten en satellietgegevens van verdamping, bodemvocht, sneeuw en totale berging. Het onderzoek heeft laten zien dat modellen tot gelijke afvoerresultaten kunnen leiden ondanks verschillen in interne

procesrepresentatie. Dit toont het belang van een multi-model aanpak om de onzekerheid expliciet mee te nemen in hydrologische toepassingen. Tenslotte is er onderzoek gedaan naar het representeren van een veranderend hydrologisch systeem in hydrologische modellen. Dit is een belangrijke stap voorwaarts in de huidige grote uitdaging van hydrologische voorspellingen onder veranderende omstandigheden.



Project 1: Onderzoeksrichtingen voor de verbetering van het hydrologisch modelleren van het Maasstroomgebied voor het promotieonderzoek van Laurène Bouaziz



Project 2

Blue Earth Data platform

In het najaar van 2020 heeft Deltares het BlueEarth Data platform gelanceerd (<https://blueearthdata.org>). Onder het motto “Data to Share” wordt in BlueEarth Data wereldwijde water data voor oceanen, kusten en rivieren gedeeld. Deze data is afkomstig uit diverse voorspelsystemen en projecten, en wordt gecombineerd aangeboden in één online platform. Onderzoekers, specialisten en watermanagers waar dan ook ter wereld kunnen de data kosteloos bekijken en downloaden.

Vanuit het SO programma Enabling Early Warning is bijgedragen aan de ontwikkeling van het BlueEarth Data platform. Het doel is de resultaten van de globale voorspelsystemen van Deltares beschikbaar te maken voor de buitenwereld. Het GLOSSIS (Global Storm Surge Information System) levert op globale schaal verwachtingen van waterstanden en stromingen langs de kust. Het GLOFFIS (Global Flood Forecasting Information System) levert op globale schaal afvoerwachtingen van rivieren. Beide systemen spelen een belangrijke rol bij diverse activiteiten onder het Enabling Early Warning programma, als testmogelijkheden voor onderzoek en innovatie bij het voorspellen op globale schaal. Dit is in 2020 verder doorontwikkeld.

Het beschikbaar stellen van de globale waterstanden en afvoeren vanuit GLOSSIS en GLOFFIS via BlueEarth Data heeft tal van voordelen. Dit stelt gebruikers waar dan ook ter wereld in staat om feedback te leveren op de kwaliteit van deze modellen, en draagt zo bij aan de verdere ontwikkeling en verbetering van deze modellen. Ook stelt dit gebruikers in staat om deze data af te tappen voor gebruik in hun eigen (downstream) diensten.

BlueEarth Data is onderdeel van een overkoepelend initiatief genaamd BlueEarth, dat als doel heeft om een open platform en tools te ontwikkelen om integraal waterbeheer en planningsprocessen te ondersteunen. Om gebeurtenissen die zijn opgetreden te kunnen verklaren en zo toekomstige gebeurtenissen beter te kunnen voorspellen. De connectie met GLOSSIS en GLOFFIS geeft waterbeheerders waar dan ook ter wereld toegang tot waterinformatie over de nabije toekomst. De feedback hierop levert een belangrijke impuls voor de continue doorontwikkeling van deze systemen door Deltares.



Project 2: Global storm surge and water level forecasts in BlueEarth Data

Quantifying flood hazards and impacts

Doel en relevantie van het programma

Door klimaatverandering en intensiever landgebruik hebben overstromingen vanuit zee, regen en rivieren en de bijbehorende erosie een steeds grotere impact. Om delta's en kustgebieden nu en in te toekomst goed te kunnen beschermen moeten deze, vaak tegelijkertijd optredende, rampen beter en sneller gekwantificeerd worden.

Hiertoe ontwikkelt Deltares complexe modellen en statistische tools, en recentelijk ook snellere afgeleide vormen hiervan, om de onzekerheden in beeld te kunnen krijgen. De uitdaging bij het onderzoeken van snellere vormen van voorspellen is: met welk minimum aan fysische modellering kan worden volstaan om een snel maar voldoende goed antwoord te geven. De focus is vooralsnog op de 100 km ruimteschaal en op stormevent-tijdschaal. Aan de andere kant van het spectrum wordt juist met de laatste generatie hoge resolutie klimaatmodellen gewerkt om te kwantificeren hoe afvoerextremen van rivieren en lokale piekbuien in de toekomst zullen veranderen.

Uitdagingen liggen met name in de kustdelta's waar we werken aan een goede verbinding tussen de kust en riviermodellen.

[Lijst van output](#)

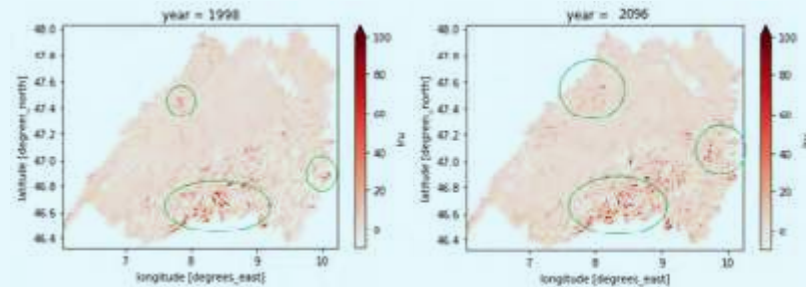


Project 1

H2020 European Climate Prediction System

EUCP is een onderzoeksproject dat klimaatwetenschappers en diegenen die klimaatinformatie beschikbaar maken ondersteund om de klimaatinformatie beter en beter toepasbaar te maken voor de eindgebruikers. Het doel is de ontwikkeling van een Europese service die regionale klimaatprojecties levert die beslissingen omtrent klimaatadaptatie kan ondersteunen. Er wordt gewerkt met de nieuwste generatie hoge resolutie klimaat modellen. Dit stelt ons onder andere in staat om te kijken hoe lokale extreme buien in de toekomst gaan veranderen.

In het project wordt de toekomstige verandering in flash floods in de Europese Alpen gekwantificeerd. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van klimaatmodel data in combinatie met het Deltares hoge resolutie hydrologische modelinstrumentarium Wflow – zie de figuur.



Project 1 Optreden van flash floods in het Alpine gedeelte van de Rijn onder de huidige (links) en toekomstige (rechts) klimaat condities gesimuleerd met Wflow_SBM. Donkerrode kleuren staan voor een hoge oppervlakkige afvoer die wordt gebruikt om flash floods te indentificeren.

Daarnaast wordt verkend hoe, op basis van de relatief korte klimaat-modelsimulaties, toch iets gezegd kan worden over verandering in hevige buien met een hoge terugkeertijd. Dit wordt gedaan met extreme waarden statistiek en ruimtelijke pooling van de data.

Samen met KNMI, ETH Zurich, SMHI en IIASA verkennen we hoe een weging op basis van klimaatmodel kwaliteit voor specifieke variabelen kan leiden tot een reductie van de onzekerheid in de toekomstige afvoer projecties van grote Europese rivieren. Met het KNMI zal in het laatste jaar van het project ook gekeken worden naar de verandering van overstromingen op de Cariben gebruikmakend van "Future Weather" klimaatsimulaties.

Project 2

SFINCS supersnel modelleren van overstromingen

Overstromingen van kustgebieden worden veroorzaakt door stormvloed, golfoverslag, lokale neerslag, rivierafvoeren of de combinatie daarvan. Al deze mogelijke oorzaken kennen inherente onzekerheden: zo zijn de baan van een storm, de hoeveelheid en verspreiding van de neerslag en de timing van een hoogwaterpiek in de rivierafvoer vooraf slecht te voorspellen. Toch is het van belang om een goede inschatting te maken van het overstromingsgevaar om schade en verlies van levens te voorkomen.

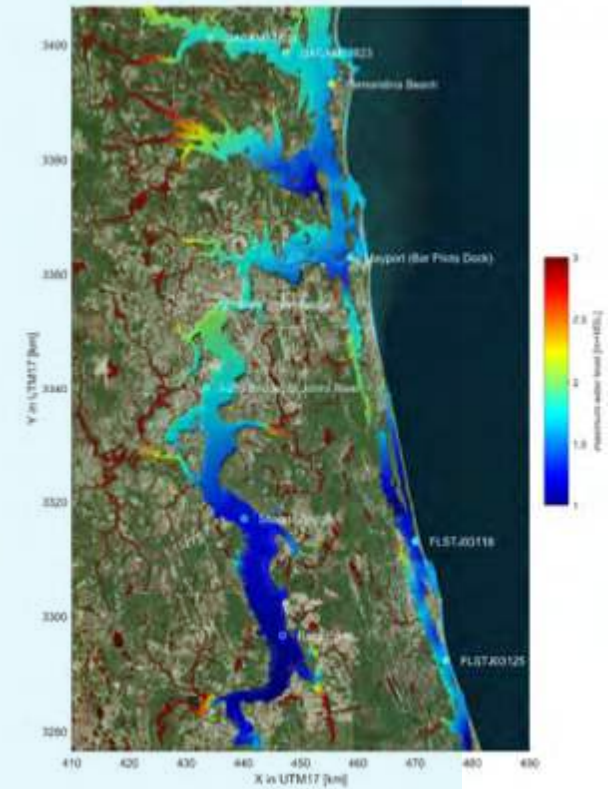
Daarom heeft Deltares het SFINCS (Super-Fast INundation of CoastS) model ontwikkeld dat zeer snel (100 x sneller dan gedetail-

leerde modellen) maar toch met redelijke nauwkeurigheid de overstroming kan berekenen. Op deze manier kan het model voor honderden variaties in de onzekere parameters draaien en zo de onzekerheden bepalen. Daarnaast kunnen ook grotere gebieden worden doorgerekend door een slimme subgrid-benadering waardoor zelfs met een grof rekenrooster de fijnere details van de bodemligging kunnen worden meegenomen.

SFINCS is ontwikkeld met startup financiering vanuit het Deltares onderzoeksprogramma, en wordt nu al toegepast in externe projecten voor onder andere de U.S. Geological Survey om de overstroming van het zuidoosten van de VS te berekenen, het U.S. Dept of Homeland Security om de overstroming van een stad in South Carolina te bepalen, en de Wereldbank om overstroming van kleine eilanden in het Caraïbisch gebied en de Stille Oceaan te berekenen.

Behalve een publicatie in de literatuur zijn er al diverse presentaties op conferenties en aan klanten gegeven.

Project 2 Overstroming van Jacksonville (Florida) ten gevolge van Orkaan Irma.



Future Proof Dikes

Doel en relevantie van het programma

Het programma Future proof Dikes heeft zich in 2020 gericht op de opstart van het onderwerp 'Waterveiligheidslandschappen' met daar in het onderwerp 'Taaie Dijken'. Het Deltares initiatief Waterveiligheidslandschappen is vanuit dit programma geïnitieerd en gepositioneerd als langere termijn perspectief. In de evaluatie van de waterwet in 2024 zal naast terugkijken naar de beoordelingen en versterkingen ook vooruit worden gekeken. Het initiatief Waterveiligheidslandschappen is een voorbereiding op dat beeld. Het denken vanuit dit onderwerp was nieuw en heeft goed gewerkt. Een belangrijk denkbeeld is dat de waterkering bestaande uit een smalle ruimtelijke zone onderdeel is van een veel bredere waterkerende zone. Binnen die waterkerende zone wordt gezocht naar synergie en meerwaarde van ruimtelijke ontwikkeling en realisatie van andere doelen met behoud van waterveiligheid.

Het onderwerp faalpaden en het onderwerp taaie dijken is binnen het programma een belangrijke sleutel voor de onderzoeksrichting en prioritering. In 2020 is veel focus geweest in het programma om het onderwerp taaie dijken van bouwstenen te voorzien, zoals onder andere: hoe numeriek om te gaan met grote vervormingen en welke veiligheidsbenadering is dan mogelijk, hoe in laboratoriumproeven de grote vervormingen in parameters te vangen, hoe taaieheid in een dijk in te kunnen bouwen en hoe de sterkte en belastingen te koppelen. De faalpaden-aanpak is uitgewerkt in een meer strategische visie op onderwerpen en zo wordt inzicht gebracht in de trits overstromingsrisico-overstromingskans-sterkte van dijken. De visies zijn in 2020 uitgewerkt voor macrostabiliteit, piping en dijkerosie en worden voorzien van een uitbreiding in 2021.

De visies vanuit faalpaden en het concept van waterveiligheidslandschappen boden een goede basis voor discussie met RWS, het Hoogwaterbeschermingsprogramma, waterschappen en NL ingenieurs. Daarnaast is vanuit het programma bijgedragen aan het internationale kennisnetwerk: zowel in ICOLD verband (International Committee on Large Dams) waar in de 'TC levees' een inventarisatierapport over de internationale aanpak ten aanzien van dijken is uitgebreid met een aantal landen. Ook is gewerkt aan een rapport met een vergelijking tussen dijken en dammen. In dit laatste rapport is bijgedragen aan het geheel, maar specifiek ook aan de hoofdstukken over ontwerp en beleid. Met de TC 201 Dikes and Levees van de ISSMGE is verder gewerkt aan een internationaal rapport over faalpaden dat in 2021 gereed zou moeten komen. Tot slot is samen met Engelse en Franse kennisinstellingen de Flood Risk conferentie georganiseerd, die helaas vanwege corona is uitgesteld naar 2021. <https://floodrisk2020.net/>



Project 1

Piping visie

In 2020 was het doel van het onderdeel Piping om de basis te leggen voor een gezamenlijke piping strategie voor de uitvoering van de kennisagenda's HWBP, DGWB/WVL en Deltares (Kennis en Innovatie Agenda (KIA) van het HWBP, het Kennis voor Keringen (KvK) onderzoek voor Rijkswaterstaat, en het eigen Deltares onderzoek). Daarnaast was in mindere mate aandacht voor kennisontwikkeling, voor het inspringen op praktijksituaties van zandmeevoerende wellen en voor internationale kennisdeling.

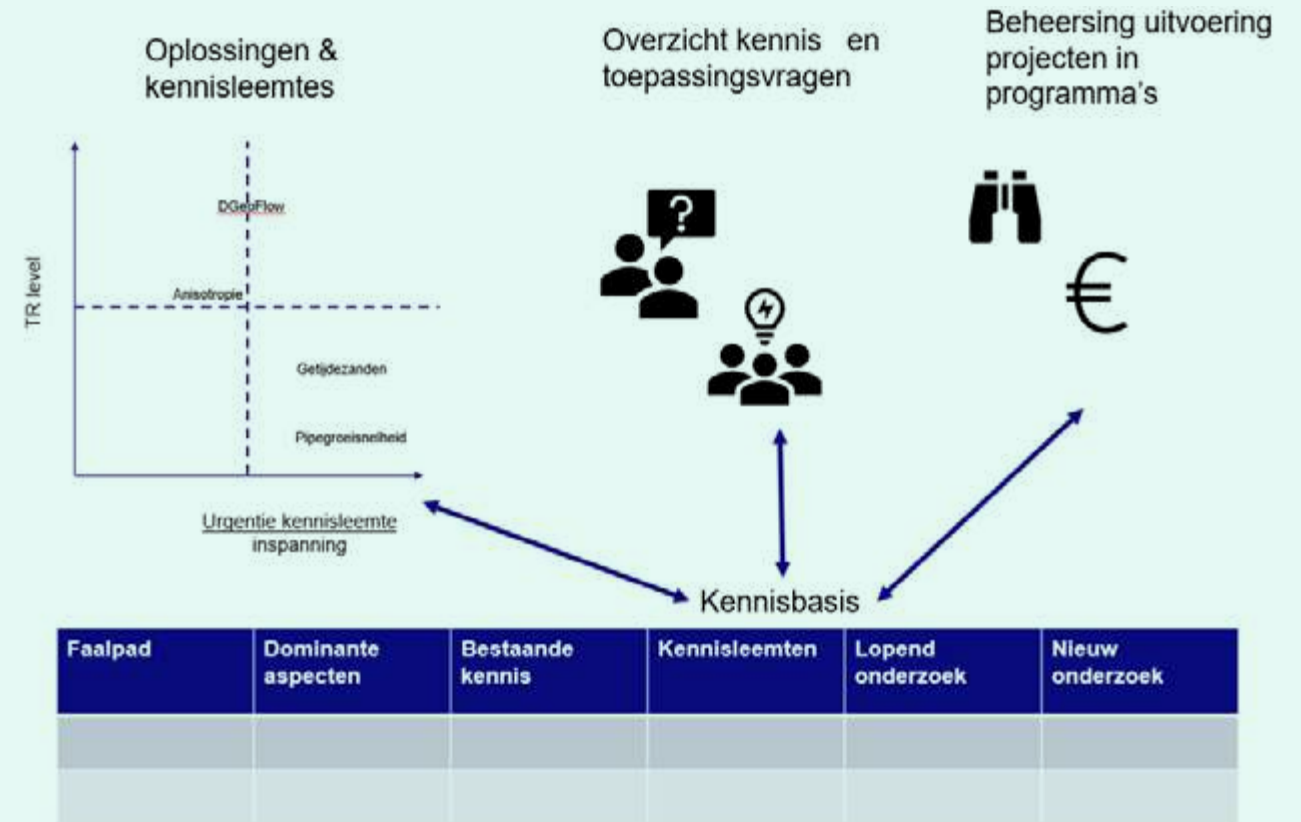
Het fundament voor de kennisstrategie is de keten van gebeurtenissen waarmee piping leidt tot een overstroming, het faalpad voor piping. De gebiedsspecifieke kenmerken van de ondergrond en de belasting zijn zeer bepalend voor de belangrijkste gebeurtenissen in dit faalpad, bleek al uit het faalpaden project in Kennis voor Keringen 2019. In 2020 is daar in het project 'Gebiedspecifieke Faalpaden Piping' op voortgebouwd, door Nederland te verdelen in 4 deelgebieden en is de aanpak per gebied uitgewerkt.

Dit project vormde de basis voor meerdere projecten. Zo is de basis in KvK Piping 2020 aangevuld met een overzicht van de nieuwe kennis en toepasbaarheid daarvan. In het HWBP project Hedwigepolder-Prosperpolder is het faalpad voor getijdenzanden geëvalueerd in een workshop ter voorbereiding van de grote schaal pipingproeven die in dat project in 2021 zullen worden uitgevoerd. Gezamenlijk met KvK en HWBP wordt deze basis verder ontwikkeld tot een 'Rode Draad Piping', als basis voor een gemeenschappelijke kennisagenda en piping strategie.

Daarnaast is in het onderdeel Piping geïnvesteerd in kennisontwikkeling op gebied van tijdsafhankelijke pipegroeisnelheid in het All-Risk onderzoek (met Joost Pol, PhD-student TUD). In een onderzoeksversie van het model DgFlow zijn de eerste aanpassingen gemaakt om dit fenomeen te kunnen modelleren zodat experimenten kunnen worden nagerekend en een eerste stap gemaakt kan worden richting het bepalen van de groeisnelheid van de pipe in verschillende situaties.

Vanuit het programma is een veldbezoek gemaakt naar een locatie waar zandmeevoerende wellen bij Waterschap Brabantse Delta tot zorg leidden. De bevindingen, gerapporteerd in een memo, resulteerden tot een gezamenlijke (WSBD, WVL en Deltares) KIA factsheet om deze situatie te betrekken in nader onderzoek.

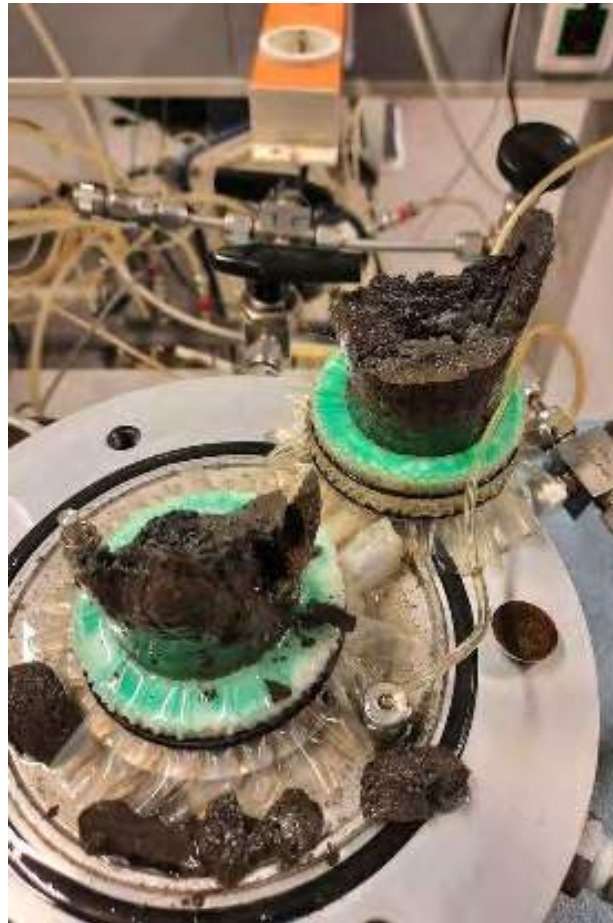
Tot slot draagt het programma bij aan de organisatie van een digitale workshop van de European Working Group on Internal Erosion, die begin 2021 plaatsvindt. Deze working group, met ook leden uit Noord Amerika, Oceanië en Azië, adresseert naast



piping een aantal andere belangrijke mechanismen van interne erosie. De door Deltares georganiseerde workshop betreft het onderwerp grote schaal proeven, pilots en andere ervaringen op de veldschaal, en biedt een uitstekend platform om kennis en ervaring uit actuele projecten, zoals de HWBP piping proef in de Hedwigepolder en/of die bij de Vijfhuisterdijk, en het Grof Zand Barrière onderzoek internationaal te presenteren.

Project 2

Membraanloze triaxiaalproef



In de visievorming met betrekking tot de ontwikkelingen in dijk-technologie is recent het begrip taaie dijken geïntroduceerd. Met het begrip taaie dijken wordt, meer dan voorheen, de nadruk gelegd op het traject tussen het optreden van een faalmechanisme (begin van falen) enerzijds en daartegenover het gehele traject van begin falen tot aan inundatie van het achterland anderzijds.

De aandacht voor het post-bezwijkgedrag heeft gevolgen voor de bepaling van de geotechnische parameters ten behoeve van de bijbehorende geotechnische stabiliteitsanalyse. Bij het post-bezwijk gedrag gaat het om grote vervormingen van het monster die in normale laboratoriumproeven niet worden beschouwd. In een eerder onderzoek is ingegaan op de analyse van triaxiaalproefdata bij grote vervormingen. Hierbij kwamen nieuwe onderzoeksvragen naar voren omtrent de invloed van het membraan op het gemeten sterktegedrag.

Om de invloed van het membraan op de resultaten van triaxiaalproeven vast te kunnen stellen zijn enkele triaxiaalproeven met en zonder membraan uitgevoerd op Oostvaardersplassen klei. In de proeven zonder membraan is het celwater vervangen door parafine. Parafine is een dikke vloeistof die het grondmonster niet indringt, maar die het monster wel ondersteunt. De figuur toont het verschil in proefresultaat voor monsters met en zonder membraan.

Het onderzoek is uitgevoerd met als hoofddoel ervaring op te doen met deze techniek. Het onderzoek heeft aangetoond dat dergelijke proefprocedure succesvol kan worden toegepast. Daarnaast laten de resultaten duidelijke verschillen zien in proeven waarin wel of geen membraan worden toegepast. Eén van de ervaringen die met deze techniek is opgedaan betreft de voorconsolidatie. De voorconsolidatie verloopt anders dan bij reguliere proeven. Hierdoor kunnen de waargenomen verschillen niet alleen worden verklaard uit het wel of niet gebruiken van een membraan. Het onderzoek wordt in 2021 voortgezet.



Figuur 1, Triaxiaalmonsters na beproeving. Links monster beproefd zonder membraan; het monster is uit elkaar gevallen. Rechts, monster beproefd met membraan; het membraan is voor de foto verwijderd

Impacts of Extreme Weather

Doel en relevantie van het programma

De gevolgen van klimaatverandering zijn wereldwijd voelbaar. Extreme stormen, stormvloed en droogte komen vaker voor, met grote schade en aanzienlijke aantallen slachtoffers als gevolg. De locatie en grootte van de extreme condities zijn de facto op voorhand niet bekend. Om snel in te kunnen grijpen en voor crisismanagement in geval van rampen is een vroeg inzicht in timing, omvang en intensiteit van groot belang. In grote delen van de wereld bestaat niet de mogelijkheid deze snelle beoordelingen te maken.

Het hoofddoel van het programma 'impacts of extreme weather' is om hier verbetering in te brengen. De ambitie is om meer bewustzijn en kennis van de mogelijke gevolgen van extreme gebeurtenissen te verkrijgen. Er wordt gekeken naar een veelheid van gevolgen voor mensen (slachtoffers, evacuaties, gezondheid) en middelen zoals ziekenhuizen, wegen, huizen en riolen. Dit draagt bij aan een betere ondersteuning voor beslissingen gedurende crisissituaties. Het geeft ook inzichten die van grote waarde zijn voor beleid en het ontwikkelen van mitigerende maatregelen.

[Lijst van output](#)



Project 1

Landslide detectie door Machine Learning

Landslides zijn grote aardverschuivingen. Landslide detectie houdt zich bezig met het afbakenen van de omvang van landslides. Het meeste werk dat op dit gebied is gedaan heeft een beperkte geografische reikwijdte. Om die reden kunnen de ontwikkelde modellen matig of slecht presteren als ze in een andere regio met andere karakteristieken worden ingezet. Dit project onderzoekt een methodologie gebaseerd op unsupervised en supervised Machine Learning om de plekken te ontdekken waar landslides in diverse regio's over de wereld zijn opgetreden. De gebruikte data bevat Sentinel-2 multi-spectrale satellietbeeldbewerking en ALOS Digital Terrein Model.

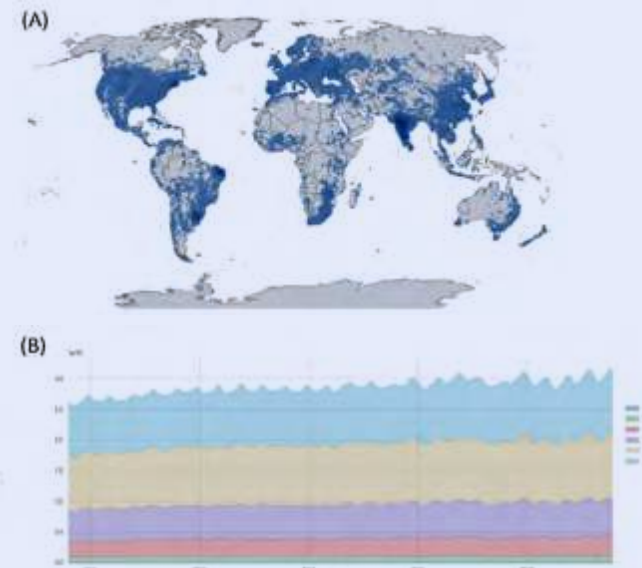
In de segmentatiefase worden pre- en post-landslide beelden gesegmenteerd met een clustering techniek. Na deze fase en de dataset preparatie en na het verwijderen van sterk-gecorrleerde delen van de dataset, worden twee machine learning technieken (RF1 en RF2) 'getraind' en getest op twee verschillende datasets. Het doel van de training is om de voorspellende kracht van de twee modellen te optimaliseren.

De resultaten laten zien dat de twee modellen succesvol kunnen worden ingezet om landslides te detecteren. Een verdere validatie laat zien dat methode RF1 minder fouten maakt in het voorspellen van landslides die niet optreden. Het lange termijn einddoel is om dit soort modellen in te kunnen zetten om te voorspellen waar en wanneer landslides een hoge kans op optreden hebben en daar maatregelen tegen te kunnen nemen.

Project 2

Wereldwijde heranalyse van oppervlaktewaterverandering in kleine en middelgrote waterreservoirs

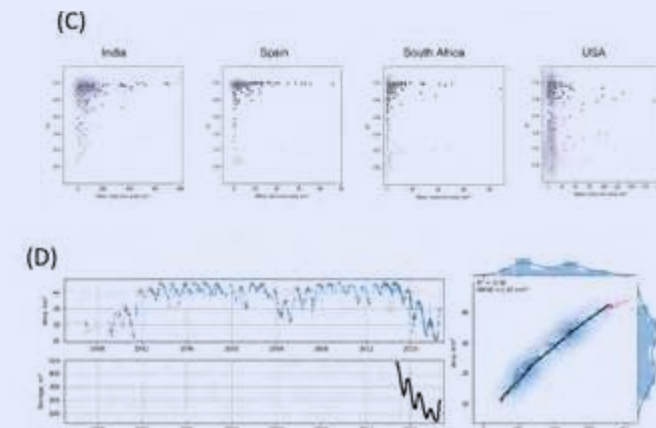
Duurzame ontwikkeling is niet mogelijk zonder waterzekerheid. Dalende beschikbaarheid van reservoir volumes kunnen grote gevolgen hebben voor de waterzekerheid en zouden kunnen leiden tot grote gevolgen door overstroming als gevolg van mismanagement. Gedurende de laatste decennia is er wereldwijd een enorme toename in de bouw van kleine en middelgrote dammen die worden gebouwd om energie op te wekken, vee te drinken te geven, irrigatiewater voor gewassen te leveren en vis te kweken. De economische voordelen van reservoirs en de impact op integraal water management moeten nog worden geanalyseerd, samen met de verstreckende gevolgen voor waterzekerheid en de informatie over de waterdynamica in de reservoirs is onbekend.



In dit onderzoek worden damlocaties gecombineerd met moderne algoritmes en multi-petabyte archiefgegevens van satellietdata om de oppervlaktewaterdynamica te herconstrueren. De geherconstrueerde wateroppervlaktetijdseries worden gebruikt om korte en lange termijn trends te analyseren, om voorspellingen van wereldwijde hydrologische modellen te verbeteren en om het beheer van reservoirs te verbeteren.

Het belang van reservoirs in de grensoverschrijdende rivierbassins kan niet worden overschat, in het bijzonder in aride en semi-aride gebieden die gevoelig zijn voor waterstress omdat de gevraagde waterhoeveelheid groter is dan de beschikbare hoeveelheid. De tijdige beschikbaarheid van accurate gegevens over oppervlaktewater in deze bassins kan een cruciale rol spelen in het bewaren van vrede en veiligheid in deze gebieden en duurzaam gebruik van water zeker stellen.

De database die wordt geproduceerd tijdens dit onderzoek wordt vrijelijk ter beschikking gesteld voor gebruik door internationale organisaties, regeringen en onderzoekers, om de oppervlaktewaterdynamica wereldwijd beter te leren begrijpen.



Resilient ecosystems

Doel en relevantie van het programma

Het programma “Resilient ecosystems” heeft als doel de veerkracht van waterrijke ecosystemen te vergroten. Hiervoor moet enerzijds begrepen worden hoe systemen reageren op klimaatveranderingen en menselijke ingrepen, en moeten anderzijds oplossingen worden gevonden om de veerkracht te vergroten. Dit gebeurt langs drie programmalijnen:

- *Sleutelprocessen voor veerkracht*

Om de veerkracht van waterrijke ecosystemen te bepalen is meer kennis nodig van de interactie tussen water, zand, slib, vegetatie en bodemleven; deze interacties vormen samen de sleutelprocessen die sturend zijn voor de habitatdiversiteit, draagkracht en reikwijdte van de veerkracht (“range of resilience”). In deze lijn worden de systeemkennis en de modellen ten aanzien van deze processen verbeterd.

- *Systeemrespons; voedsel en scheepvaart*

Met state-of-the-art modellen en gereedschappen wordt de respons van rivieren, estuaria en kusten op klimaatverandering en menselijke ingrijpen voorspeld.

- *Bepalen en vergroten van veerkracht*

We willen onze waterrijke ecosystemen graag gebruiken voor drinkwater, voedsel, scheepvaart. Ook willen we er veilig wonen en de natuur de ruimte geven. In deze programmalijn wordt de veerkracht van systemen in het licht van al deze functies bepaald en in deze integraliteit gezocht naar oplossingen om de veerkracht te vergroten.

[Lijst van output](#)



Project 1

Systeemrespons op drukken: kustverplaatsing

Het voorspellen van de kustontwikkeling bij een stijgende zeespiegel is veelal gebaseerd op de zogenaamde Bruunregel, die stelt dat bij een stijgend gemiddeld zeeniveau de kustlijn landwaarts verschuift. Deze (te) eenvoudige voorstelling van zaken gaat voorbij aan het feit dat het sedimentbudget van een kust (de optelsom van aan- en afvoer van sediment) uiteindelijk bepaalt of een kustlijn terugtrekt, stabiel is of zelfs zeewaarts verplaatst. Met name bij kusten die onderbroken worden door zeegaten of riviermondingen bepaalt de uitwisseling van sediment tussen het achterliggende bekken en de kustzone de kustlijnontwikkeling.

Omdat traditionele kustmodellen vooral uitgaan van oceanische processen en terrestrische processen negeren, is het G-SMIC model ontwikkeld. Het is een snel rekenend probabilistisch model dat aan de hand van een vereenvoudigde beschrijving van terrestrische en oceanische processen de effecten van klimaatverandering op de ontwikkeling van onderbroken kusten op tijdschalen van 50 tot 100 jaar kan simuleren. Daarbij wordt het gehele continuüm stroomgebied-estuarium-kust, dus van de bergen naar de zee beschouwd.

Toepassing van het model op vier studiegebieden in de Verenigde Staten, het Verenigd Koninkrijk, Sri Lanka en Australië laat zien dat de langetermijnontwikkeling van kusten aanzienlijk kan verschillen. Deze verschillen hangen samen met de grootte van het achterliggende stroomgebied, de oppervlakte van het betreffende getijddebekken en het al dan niet afnemen van de jaarlijkse neerslag in de klimaatprojecties. Toepassing van het

model op een wereldwijde verzameling van 41 getijddebekken laat zien dat 93% van deze systemen zal eroderen als gevolg van een veranderend klimaat. Daarbij blijkt dat de ontwikkelingen niet in alle gevallen een gevolg zijn van zeespiegelstijging door klimaatverandering, op sommige locaties spelen terrestrische processen een grotere rol. De onzekerheden in de modelprojecties benadrukken het belang van een probabilistische aanpak bij het onderzoeken van de ontwikkeling op langere termijn van onderbroken kusten.

Project 2

Sleutelprocessen voor veerkracht: Vegetatie

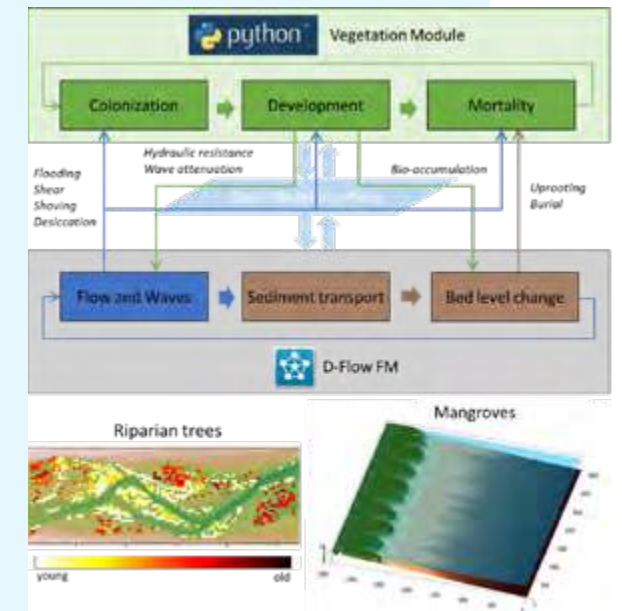
Natuurlijke systemen, zoals wetlands langs kusten en rivieren, vormen een buffer tegen de kracht van het water en kennen tal van ecologische en socio-economische functies. Deze rol is decennialang onderbelicht naarmate men meer is gaan vertrouwen op harde, 'grijze' maatregelen ter voorkoming van overstromingen. Nu duurzaamheid en klimaatverandering meer aandacht krijgen, wordt de rol van natuurlijke systemen belangrijker. Gegeven de interactie tussen fysica en biologie is het gekoppeld modelleren van ecologische (vegetatie) en morfologische dynamiek hiervoor essentieel. De afgelopen jaren zijn hier grote stappen in gemaakt.

Voor riviersystemen kan oevervegetatie, zoals wilgen en populieren, de waterbeweging en het wegspoelen en afzetten van zand actief beïnvloeden. Het is daarom belangrijk om inzicht te krijgen hoe het samenspel tussen oevervegetatie, rivierstroming en sediment van

invloed is op de waterstanden, de vorm en ontwikkeling van de rivier en de ecologie. Om deze effecten op langere termijn te kunnen voorspellen is een oevervegetatie module ontwikkeld die gekoppeld kan worden aan een D-Flow FM model. Deze module bevat de kolonisatie, groei en sterfte van oevervegetatie in interactie met stroming en sedimenttransport. De tool kan ingezet worden voor vragen op het gebied van rivierbeheer en rivierherstel of voor het berekenen van de ontwikkeling van rivierlandschappen onder de invloed van klimaatverandering of de aanleg van dammen.

Bij mangrovekusten beschermen mangrovebossen de kustlijn tegen directe golfaanval en spelen de bossen een unieke rol in de dynamiek van het ecosysteem. In samenwerking met IHE ontwikkelt Deltares een tool op basis van D-Flow FM en Python waarin de interactie tussen waterbeweging, windgolven, sedimenttransport, morfodynamiek en mangroven gemodelleerd wordt. De tool stelt ons in staat om de impact van extreme condities zoals stormen en zeespiegelstijging op mangrove systemen in detail te analyseren.

Voorbeelden zijn het dempen van golven en het optreden van bodemerosie in mangrovebossen tijdens een storm of het gedrag van mangrovebossen onder zeespiegelstijging scenario's, inclusief mogelijke adaptatie strategieën.



Integrated Modelling and Monitoring

Doel en relevantie van het programma

Centraal in dit programma staan nieuwe ontwikkelingen op het gebied van model- en informatiesystemen en nieuwe meet- en monitoringstechnieken, waardoor de integratie van verschillende informatiebronnen en de vertaling van data en kennis naar bruikbare informatie wordt versterkt. Het programma richt zich met name op water- en bodemecosystemen.

Binnen dit programma worden kennis, data en modellen samengebracht in informatiesystemen waarmee informatie over water- en bodemsystemen op het gewenste aggregatieniveau en op de juiste tijd- en ruimteschalen kan worden gegenereerd. De aard van deze systemen is zeer divers, variërend van apps voor waterkwaliteitsmetingen, eenvoudige tools gericht op ondersteunen van stakeholderprocessen tot complexe modellen en instrumenten voor real-time voorspelling van waterkwaliteit en algenbloei.

Het programma ontwikkelt zich langs deze drie lijnen:

- Breed toepasbare, open source simulatiesoftware, voor het beheer van aquatische ecosystemen.
- Innovatieve technologieën voor de monitoring van ecosystemen.
- Mondiaal data- en modellen platform voor emissies en waterkwaliteit.

[Lijst van output](#)



Project 1

Mondiaal platform voor waterkwaliteitsdata en -modellen

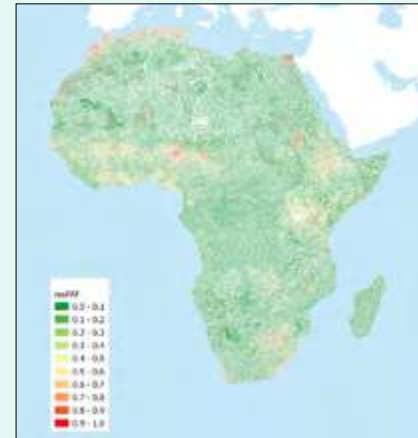
Er komen steeds meer mondiale datasets beschikbaar voor waterkwaliteit. Dat biedt kansen voor het opzetten van een wereldwijd data- en modellenplatform van waaruit online waterkwaliteitstools beschikbaar gemaakt kunnen worden. Voorbeelden van zulke online tools zijn een real-time wereldwijd beeld van nutriëntentransport in rivieren, een wereldwijd overzicht van algenbloei en een wereldwijde tool over het transport en de aanpak van waterverontreiniging met (micro) plastics. Op deze manier zijn wereldwijde vragen vanuit de Sustainable Development Goals te beantwoorden, zoals welke impact een verschuiving van veehouderij naar aquacultuur zou hebben op ecosystemen. Tegelijk kan een wereldwijd data- en modellenplatform het startpunt worden voor het opzetten van lokale waterkwaliteitsmodellen of -gegevensanalyses.

Vanuit het programma IMM is in 2019 begonnen met het samenbrengen van datasets over landgebruik, klimaat, hydrologie, emissies en waterkwaliteit. In 2020 is vooral gewerkt aan drie ontwikkelingen:

- Deelname aan de UN World Water Quality Assessment
- Haalbaarheidsstudie voor een wereldwijd algenbloei monitoring- en voorspellingssysteem
- Een service voor het snel opzetten van een waterkwaliteitsmodel op basis van wereldwijde data.

Binnen de UN World Water Quality Assessment draagt Deltares bij aan wereldwijde modellen voor opkomende stoffen en plastics.

Een voorbeeld is de doorrekening van de totale ecologische toxiciteit (msPAF) van de emissies van verontreinigingen naar oppervlaktewater in heel Afrika (zie figuur).



Project 1 Resultaten voor Afrika van het wereldwijde model voor het berekenen van de totale ecologische toxiciteit (msPAF) van de emissies van verontreinigingen naar oppervlaktewater

Project 2

Monitoring van broeikasgasemissies vanuit water

Steeds meer overheidsorganisaties streven ernaar om hun uitstoot van broeikasgassen te verminderen en indien mogelijk tot nul terug te brengen. Voor waterbeheerders is het daarbij van belang ook te letten op de gevolgen van het waterbeheer voor de emissies van broeikasgassen zoals koolstofdioxide (CO₂), methaan (NH₄) en lachgas (N₂O). Uit verkennend onderzoek is gebleken dat grond- en oppervlaktewater een belangrijke bron van broeikasgassen kan zijn. Vanuit het programma IMM is geïnvesteerd in het ontwikkelen

en toepassen van meetinstrumenten voor het kwantificeren van broeikasgasemissies. Goede meetinstrumenten zijn essentieel om de emissies beter te begrijpen, te modelleren en te voorspellen.

Binnen het project zijn voorbereidingen getroffen voor de aanschaf van een snelle velddetector voor broeikasgasemissies vanuit bodem en water. Daarnaast is een vaste opstelling ontwikkeld (drijvende kamer) voor het opvangen en meten van broeikasgassen vanuit oppervlaktewater. Zulke kamers bestonden al voor het opvangen van broeikasgassen die vanuit bodems vrijkomen, maar nog niet voor op het water. De methode is getest in het laboratorium en vervolgens op verschillende testlocaties in het veld. Dit werk is uitgevoerd in het gezamenlijke Castellaanlaboratorium van TNO, Universiteit Utrecht en Deltares.



Project 2 Meten van broeikasgasemissies

Environmental Quality

Doel en relevantie van het programma

Dit programma gaat over paden van stoffen door het ecosysteem, de daaruit volgende impact van verontreinigende stoffen op de gezondheid van mens en ecosysteem, en strategieën om de milieukwaliteit te verbeteren. Hierbij staan de watercompartimenten en de ondergrond centraal, en wordt gewerkt aan zowel opkomende als meer klassieke verbindingen, broeikasgassen, microben en (micro) plastics. Ons onderzoek omvat kennisontwikkeling over emissies, effecten van maatregelen, lot en transport van stoffen, en ook het ontwikkelen van tools en doeltreffende oplossingen voor de milieukwaliteit. Deze kennis wordt ingezet om toekomstscenario's te formuleren, handelingsperspectief te bieden en te adviseren bij besluitvorming om de milieukwaliteit te waarborgen. Gezocht wordt naar klimaatmitigerende maatregelen (voorkomen of verminderen van broeikasgas), kennis over nieuwe milieuvriendelijke stoffen, technologie om om te gaan met opkomende verontreiniging, verbeteren van milieukwaliteit, en duurzame en praktisch (technisch, juridisch) inzetbare oplossingen voor bescherming van ecologie, milieukwaliteit en gezondheid van de mens.

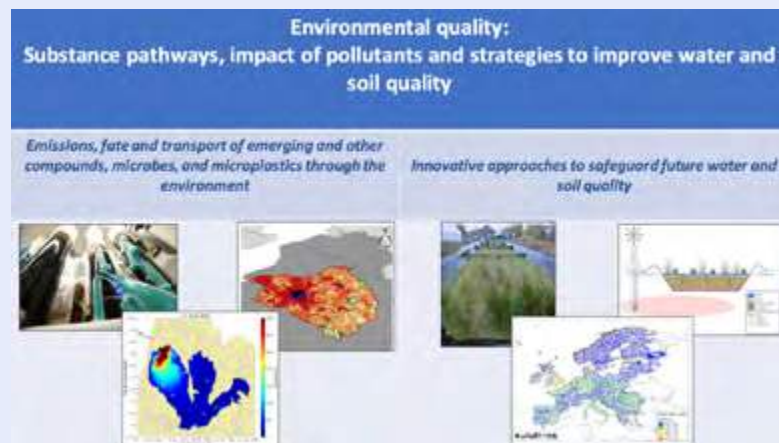
[Lijst van output](#)



Photo: Gerard Hogervorst

Project 1

Promotieproject Innovative treatment of contaminated subsurface



De promotie studie van Johan van Leeuwen is in 2020 afgerond. Deze promotie is gefinancierd door SBNS (Stichting Bodemsanering Nederlandse Spoorwegen) en het Deltares onderzoeksprogramma. Het proefschrift, getiteld: “Biodegradation of mono- and polyaromatic hydrocarbons in a contaminated aquifer originating from a former Pintsch gas factory site -laboratory and field investigations” wordt op 17 februari 2021 verdedigd.

In dit onderzoek is de intrinsieke en gestimuleerde biologische afbraak van Pintsch gasteer componenten in de water verzadigde bodem onderzocht. Als eerste stap zijn de compositie en de fysische eigenschappen van Pintsch gasteer monsters uit de bodem geanalyseerd op een voormalige Pintsch gasfabriek in Amersfoort. Aanvullend is de natuurlijke afbraak in-situ onderzocht van de wateroplosbare Pintsch gasteer componenten.

Vervolgens zijn de mogelijkheden voor bio-stimulatie en bio-augmentatie onderzocht in laboratorium- en veldexperimenten en meer specifiek onder nitraat reducerende omstandigheden. De experimenten zijn uitgevoerd onder omstandigheden zoals deze worden aangetroffen in zowel de bronzone, waar pure fase teer aanwezig is, als ook in de grondwaterpluim, waar alleen opgeloste teer componenten aanwezig zijn. Het onderzoek heeft onderbouwd dat biologische afbraak mogelijkheden biedt om bodemverontreinigingen gerelateerd aan gasteer af te breken. Ook blijkt dat benzeenafbraak door middel van nitraat additie gestimuleerd kan worden, en dat is een mooie aanvulling op het bestaande saneringsarsenaal. Dat biologische afbraak in de bronzone waar pure fase teer aanwezig is, kan worden gestimuleerd is een belangrijke aanzet tot een nieuwe saneringstechniek.

getoetst. Hierbij wordt stapsgewijs toegewerkt naar een voorstel voor het realiseren van flexibiliteit in winningen. Hierbij worden achtereenvolgens winningen geïdentificeerd, externe ontwikkelingen en opgaven met risico's en kansen in kaart gebracht, creatieve ruimtelijke oplossingen voor flexibiliteit geformuleerd en beoordeeld en uiteindelijk in een framework geplaatst waaruit een adaptieve strategie kan worden bepaald.

Gedurende het project zal in gezamenlijke werksessies en workshops gewerkt worden. Het project bestaat uit 5 werkpakketten: Projectmanagement; Gezamenlijke Kennisbasis; Ontwerpen Oplossingsconcepten; Toetsen Oplossingsconcepten en Flexibele Ingrediënten Adaptieve Paden.

In het project wordt door experts van Vitens, Ruimtevolk en Deltares samengewerkt op het gebied van klimaatverandering, weer en klimaat, waterkwaliteit, ecologie, waterkwantiteit, ondergrond, deltamanagement, adaptatie, planning, economie en ontwerp.

Project 2

Flexibele winningen van drinkwater

Dit project is in 2020 gestart. Het is een driejarig samenwerkingsproject met Vitens, Ruimtevolk en Deltares over flexibel omgaan met drinkwaterwinning om ook op de lange termijn kwaliteit en kwantiteit van drinkwaterwinning te borgen. Het project wordt gefinancierd door Vitens, Deltares en TKI Deltatechnologie.

In dit project worden oplossingen voor adaptieve omgang met de toekomstige opgaven voor schoon en voldoende drinkwater door flexibiliteit in de winningen (100 jaar tijdshorizon) ontworpen en

*Project 2
Thuisopdracht
Flexibele winningen,
zomer 2020, in de
plaats van de geplande
creatieve sessie
(vanwege corona).
Opdracht ☒Teken
de winning van de
toekomst☒*



Nature Based Solutions

Doel en relevantie van het programma

Doel van het programma Nature-based Solutions (NbS) is het leveren van de kennisbasis en gereedschappen voor het faciliteren van het pro-actief gebruik van natuurlijke processen voor duurzame ontwikkelingen in deltagebieden. Nature-based Solutions zijn een belangrijk onderdeel van de oplossingen in een duurzame ontwikkeling van delta's in relatie tot complexe risicobeheersing gerelateerd aan klimaat-adaptatie en veerkrachtige infrastructuur. Specifieke aandacht voor beleidsvraagstukken rond de implementatie, prestaties en beheer en onderhoud van deze oplossingen is nodig om ze breder geaccepteerd en geïmplementeerd te krijgen.

De drie lijnen waarlangs kennis wordt ontwikkeld zijn 1.) NbS voor waterbeheer, 2.) NbS voor circulair gebruik van sediment en het bouwen met zand en slib en 3.) de beleidsvraagstukken die samenhangen met NbS.

[Lijst van output](#)



Project 1

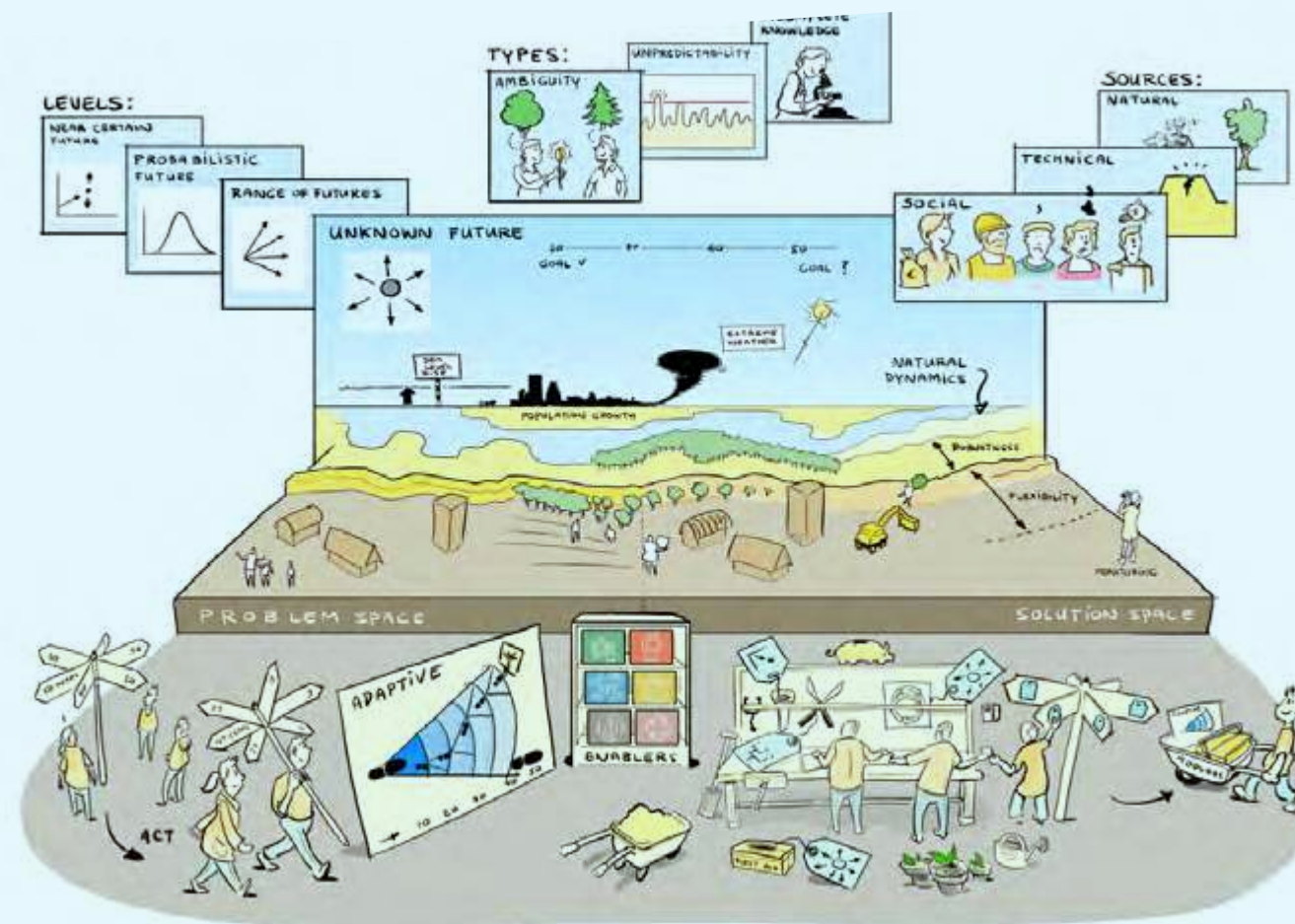
Building with Nature: een toekomstbestendige strategie voor het omgaan met een veranderende wereld vol onzekerheden

Dit project is een samenwerking van Deltares, EcoShape, HKV en WUR. De invloed van klimaatverandering op watermanagement is een belangrijk thema voor Deltares, voor Nederland en voor de wereld. Ondersteund door beleid zoals de Europese Green Deal, de UN ontwikkelingsdoelen en het Parijs akkoord is er steeds meer focus op Nature-based Solutions (NbS) en Building with Nature (BwN). De keuze voor BwN of NbS wordt gehinderd door een grotere waargenomen of gevoelde onzekerheid in vergelijking met een traditionele aanpak. Dit blijft een punt, hoewel er al veel is gedaan om de bijkomende voordelen goed te documenteren en te communiceren. Er wordt ook meer en meer bewijs verzameld voor het presteren van NbS onder zowel dagelijkse als extreme condities. Deltares heeft de handen in één geslagen met HKV en de WUR om handvatten te bieden voor het omgaan met onzekerheden in BwN projecten, als deel van het EcoShape Framework project en de deliverables van EcoShape 2.0.

Belangrijke aspecten voor het omgaan met onzekerheden zijn: (1) de identificatie van alle dimensies van onzekerheden, zowel gerelateerd aan het probleem waarvoor een oplossing wordt gezocht, als wel de oplossing zelf, (2) het inzetten van het aanpassingsvermogen van NbS in tijden van onzekerheid rond bijvoorbeeld zeespiegelstijging, (3) het creëren van de juiste sociaaleconomische, bestuurlijke en natuurlijke systeemrand-

voorwaarden middels toepassing van de zes EcoShape “enablers”, (4) het toepassen van een adaptief monitor -en onderhoudsraamwerk. De uitkomsten van het onderzoek zijn vastgelegd in een EcoShape White Paper dat is gepubliceerd in aanloop naar de Climate Adaptation Summit 2021. Meer informatie over dit onderwerp is te vinden op: <https://www.EcoShape.org/>

Working with Uncertainties



Project 2

Project 2 Kwelderontwikkeling Marconi Delfzijl

De Marconi kwelders zijn succesvol aangelegd langs de kust van Delfzijl in het Eems-Dollard estuarium. Een deel van de kwelders is aangelegd als proeftuin (de proefkwelder), met drie hoofddoelen:

- De aanleg van een natuurlijke land-water overgang om de eco-systeemkwaliteit te verbeteren;
- Het ontwikkelen van kennis over hoe een pionierkwelder ontworpen en aangelegd moet worden op een locatie die nog niet geschikt is voor kwelderontwikkeling;
- Het ontwikkelen van kennis over de wijze waarop het ontwerp en de constructie de ontwikkeling van een door mensen aangelegde kwelder beïnvloeden.

De aanleg van de proefkwelder was een complex proces, doordat de bodem opgehoogd moest worden en slib doorgemengd moest worden in verschillende hoeveelheden per proefvak (5%, 20% en

50%). Desalniettemin zijn de slibpercentages goed benaderd. Daarnaast is een deel van de proefvakken ingezaaid met de pioniervegetatiesoort zeekraal.

Na de aanleg van de proefkwelder is er intensief gemonitord tussen november 2018 en september 2019, waarbij state-of-the-art meetinstrumenten zijn gebruikt (Acoustic surface elevation dynamics). Deze instrumenten zijn gevalideerd op de proefkwelder en hebben bijgedragen aan het project met continue dataseries van de bodemdynamiek.

Na één enkel groeiseizoen was de kwelder al bedekt met vegetatie, de ingezaaide vakken lieten een hogere vegetatiedichtheid zien dan de niet ingezaaide vakken in het eerste jaar. In het tweede jaar was er geen significant verschil te zien tussen de ingezaaide en niet ingezaaide vakken. Het slibpercentage in de bodem was van invloed op de groei van pioniervegetatie, vegetatie ontwikkelde goed bij slibpercentages van 20% en 50%. Dit geeft ook aan dat het doormengen van exacte slibpercentages in de bodem voor toekomstige projecten minder van belang is voor ontwikkeling van pioniervegetatie. Het ontwerp en de aanleg van de kwelder heeft met succes de vestiging en groei van pioniervegetatie mogelijk gemaakt. De mate van vestiging en groei was afhankelijk van verschillende omgevingsfactoren waaronder slibpercentage en blootstelling aan golven en stroming.

Het project is uitgevoerd door de EcoShape partners Deltares, WMR, Arcadis en RoyalHaskoningDHV. De monitoring is uitgevoerd door een continue succesvolle samenwerking tussen Deltares en WMR. Zie voor meer informatie de website van EcoShape (<https://www.EcoShape.org/nl/pilots/marconi-delfzijl/>), het monitoringsrapport (De Vries et al., 2021) en het rapport verbreding toepasbaarheid (Leuven et al., 2020).



Healthy Water systems

Doel en relevantie van het programma

Het programma Gezonde Watersystemen gaat over de grote wateren van Nederland. Centraal staan de chemische waterkwaliteit en het ecologisch functioneren van de watersystemen. We kijken naar de water gerelateerde uitdagingen van de toekomst (zichtlijn 50 à 100 jaar). Welke kansen en welke risico's liggen in de toekomst? Hoe kunnen we kansen benutten en met welke oplossingen kunnen we risico's tegemoet treden? We focussen op vragen rond de energietransitie, bevolkingsgroei en klimaatverandering op waterkwaliteit en ecologie. Nieuw is de problematiek rond broeikasgassen en de relatie met inrichting en gebruik van watersystemen. We ontwikkelen kennis gebruikmakend van het DPSIR concept (zie figuur). Kennis wordt vastgelegd in scenario's en gereedschappen. Gereedschappen zijn er op gericht om beleidsbeslissingen voor de Nederlandse grote wateren te ondersteunen.

[Lijst van output](#)



Photo: Straystone fotografie

Project 1

HABITAT modellering



HABITAT modelering wordt gebruikt voor het voorspellen van de geschiktheid en de kwaliteit van de leefomgeving van soorten en soortgroepen. HABITAT is een software-instrument dat ontwikkeld is voor het beantwoorden van vragen over de invloed van veranderende milieufactoren zoals bijvoorbeeld klimaatverandering of natuurherstelprojecten op de ecologie.

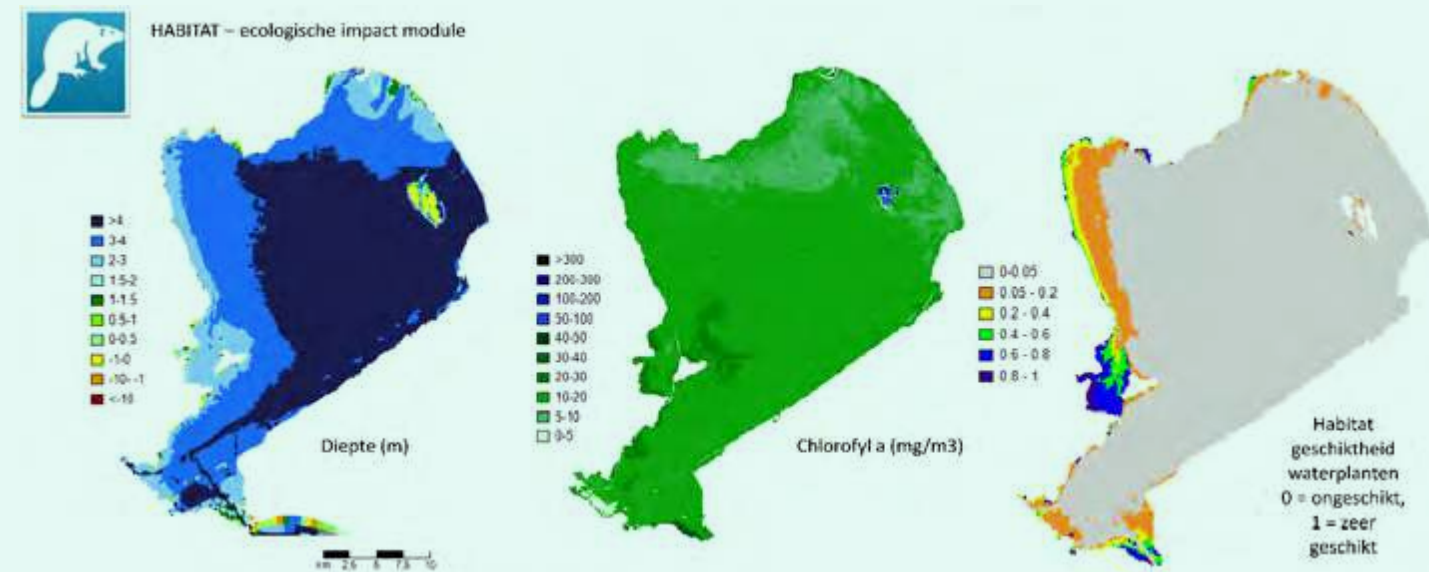
Open-access kennisdatabase en Scripting functionaliteit. HABITAT maakt gebruik van dosis-effect relaties. De database is omgezet naar een open-access database (<https://github.com/Deltares/KnowledgeRules>). In deze database is de informatie op een gestructureerde manier opgeslagen. Het doel is om een community op te bouwen die actief bijdraagt aan de kennisdatabase en kennisuitwisseling.

Een bibliotheek met Python functies is beschikbaar om het opzetten en draaien van de modellen makkelijker en sneller te maken. Al deze functies zijn direct binnen HABITAT beschikbaar via een scripting functionaliteit. Dit kan gebruikt worden om rekenregels uit de kennisdatabase in te lezen, vergroot de reproduceerbaarheid en scheelt tijd. Voor verschillende HABITAT-toepassingen zijn voorbeeld scripts gemaakt voor het opzetten van een model en het inlezen van kennisregels uit de kennisdatabase.

Koppeling met Delft3d software. Om HABITAT in te kunnen zetten als een ecologische effect module is het noodzakelijk om deze te koppelen aan de Delft3D software suite. Daarvoor is de Delwaq2Raster tool (D2R) ontwikkeld die uitvoer van hydrodynamische en waterkwaliteit modellen kan omzetten naar invoer voor HABITAT.

De bovenstaande ontwikkelingen zijn zowel binnen als buiten Deltares actief gecommuniceerd. Tijdens een goed bezocht Webinar (<https://player.vimeo.com/video/486412909>) zijn deze functionaliteiten met daarnaast een aantal case-studies gepresenteerd.

Habitat toepassing Markermeer. Er bestaat een HABITAT-toepassing van het IJsselmeergebied uit 2014, maar deze is qua kennis en software verouderd. Tijdens dit project is een nieuwe HABITAT-toepassing gemaakt voor het Markermeer inclusief de Marker Wadden. Er is gebruik gemaakt van de nieuwste versie van HABITAT en nieuwe kennis op het gebied van chlorofyl en slib. Dit model kan in de toekomst gebruikt worden om ecologische voorspellingen te doen rondom de Markerwadden.



Project 2

Emissies broeikasgas en grondverzet – de PAGW proeftuin

Sinds begin 2019 zoekt Deltares samen met vier ingenieursbureaus (Sweco, Witteveen+Bos, Royal HasKoningDHV en Arcadis), RWS en Directoraat Generaal Water en Bodem van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (DGWB) naar een duurzame en kosteneffectieve methode voor grootschalig grondverzet. Dit grootschalig grondverzet is onder meer nodig om de natuur ambitie van de PAGW (Programatische Aanpak Grote Wateren) in het IJsselmeergebied te behalen.

Een belangrijk inzicht uit de verkenningsfase is dat voor verduurzaming van grondverzet niet alleen gekeken moet worden naar emissies van het baggermaterieel. Vaak veel belangrijker zijn de emissies van broeikasgassen die vrijkomen uit organisch rijk bodemmateriaal tijdens het baggeren, transporteren, toepassen en rijpen. Voor aanpassing van het materieel zijn innovaties in beeld, onder andere door over te gaan op elektrisch aangedreven materieel.

De PAGW proeftuin gaat onderzoeken of innovatieve technieken leiden tot minder broeikasgassen vanuit het bodemmateriaal. Hiervoor worden proefvakken ingericht

en wordt de emissie van verschillende methodes gemonitord en vergeleken. Deltares heeft samen met Witteveen+Bos een onderzoeks- en monitoringsplan voor de proeftuin gemaakt. De proeftuin focust op slow building technieken. Hierbij wordt sediment langzaam met lage debieten verplaatst met behulp van duurzaam opgewekte energie. Aan het water oppervlak is dan geen enorm baggerschip te zien. Verstoring van de omgeving is minimaal en de natuur kan zich aanpassen aan de langzaam groeiende nieuwe ondieptes en delen die boven water komen.

Het consortium gaat de markt uitdagen en uitnodigen om met innovaties te komen. Als het goed loopt kan de proeftuin in 2022 aangelegd worden als onderdeel van één van de PAGW projecten in het IJsselmeergebied. RWS heeft ook de hoop dat het slow building principe breder toepasbaar is, te denken aan vaargeul onderhoud. Elektrisch aangedreven baggerwerkzaamheden past naadloos in de RWS ambities om in 2030 energieneutraal te kunnen werken.

Naast de unieke samenwerking biedt de proeftuin voor Deltares een mogelijkheid om kennis op het gebied van broeikasgas emissie te ontwikkelen en zo bij te dragen aan de ontwikkeling richting klimaat neutraal grondverzet. De proeftuin is ondergebracht bij het programma Gezonde Ecosystemen.



Foto: Marten van Dijk

Information Systems for Water Security

Doel en relevantie van het programma

Het programma Information Systems for Water Security beoogt de besluitvorming ten aanzien van waterzekerheid te faciliteren en te verbeteren. Het uiteindelijke doel is om waterzekerheid te vergroten door duurzaam en effectief management van de schaarse waterbronnen en een toenemende watervraag. Het onderzoek richt zich op informatie, planning en implementatie van ingrepen voor water, energievoorziening, voedselzekerheid, sociale stabiliteit (vrede) en droogterisicomanagement.

Het programma werkt aan innovatieve methoden voor planning, betrokkenheid van stakeholders en het beoordelen van waterzekerheid in snel veranderende fysische en socio-economische omgevingen. Hiervoor worden datasets en modellen ontwikkeld die de kennis en het begrip omtrent waterbeschikbaarheid, watergebruik en wateropslag verbeteren. Ook wordt aandacht besteed aan maatschappelijke, economische en politieke bedreigingen en bijbehorende risico's op lokale en wereldwijde schaal. Het mogelijk maken van gestructureerd gebruik van informatie en communicatie draagt bij aan continue korte en lange termijn planning en besluitvorming. Het BlueEarth data portaal en de co-creatie dashboards zijn hiervan voorbeelden.

[Lijst van output](#)



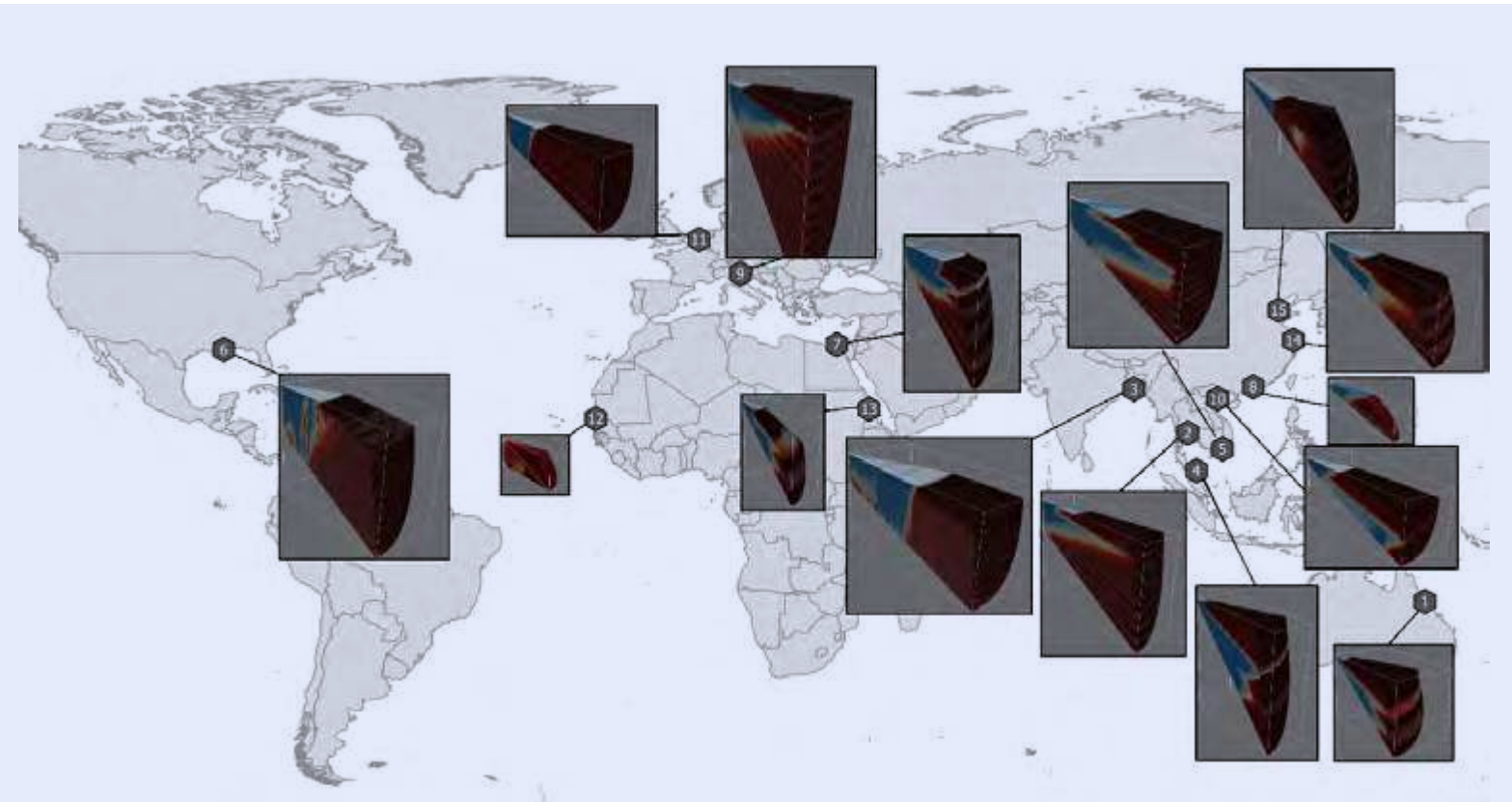
Project 1

Zoete grondwaterreserves van belangrijke delta's op de wereld

Delta's zijn, vanwege hun vlakke topografie, hun uitstekende locatie voor havens, en hun vruchtbare gronden, meestal dichtbevolkte gebieden met intensieve landbouw. Hoewel delta's traditioneel afhankelijk zijn van oppervlaktewater, stijgt hun (grond)watergebruik door een groeiende bevolking en intensiever wordende landbouw. Dit grondwatergebruik leidt in de nabijheid van de kust tot zoutwaterintrusie en opkegeling. Bij het onttrekken van zoet grondwater in kustgebieden kan bij een te groot onttrekkingsdebiet in korte tijd dieper zout grondwater worden aangetrokken. Dit proces heet zoutwateropkegeling en beperkt de zoetwaterbeschikbaarheid, met als gevolg een afname van kostbare zoetwatervoorraden. Ondanks het toenemende belang van deze voorraden, is weinig bekend van hun daadwerkelijke omvang en welke factoren bepalend zijn voor deze omvang.

Naar deze problematiek is een PhD onderzoek gestart, in samenwerking met de Universiteit Utrecht. In dit onderzoek is een inschatting van de huidige zoetwatervoorraden in het grondwater van verschillende belangrijke deltagebieden op de wereld gemaakt. Bovendien is er gekeken naar de bepalende factoren voor de omvang van deze voorraden.

De zoet-zout verdeling in het grondwater bleek in veel delta's gevormd over vele duizenden jaren. Daarom waren lange simulaties van meer dan honderdduizend jaar van de zoet-zout grondwaterverdeling nodig. Omdat dit erg zware berekeningen zijn, is de iMOD-WQ code geparallelliseerd en toegepast op het Nationaal rekencluster Cartesius van Surfsara.



Met de huidige hoeveelheid onttrokken grondwater, riskeren vier delta's een uitputting van hun kostbare grondwaterreserves in de komende eeuw. Dat zijn die van de Ganges-Brahmaputra-Meghna (Bangladesh), Nijl (Egypte), Parelrivier en Yangtze (beide in China). Met een toename in te verwachten grondwateronttrekkingen kunnen ook de delta's van de Saloum (Senegal), Mekong en Rode Rivier (beide in Vietnam) toegevoegd worden aan deze lijst. Deze zeven delta's huisvesten honderden miljoenen inwoners, wier levens flink nadelig beïnvloed kunnen worden door deze grondwateruitputting. De drijfveer voor dit onderzoek is om dit tijdig te kunnen constateren zodat mitigerende maatregelen mogelijk zijn.

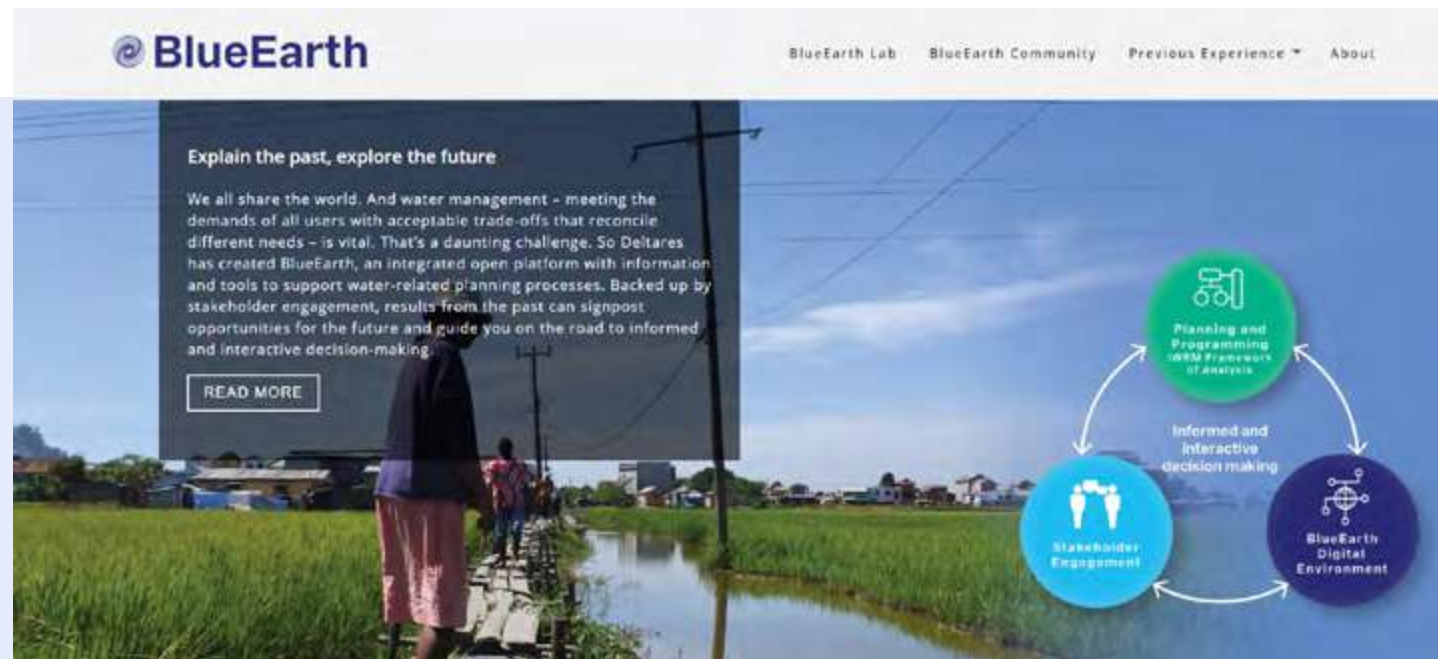
Project 1 Berekende zoet-zout verdelingen voor 15 delta's. De kleuren tonen het zoutgehalte van het grondwater. Rood = zout water, geel = brak water, blauw = zoet water. (J. van Engelen, 2021)

Project 2

Impuls aan snelle hydrologische modellering met de nieuwste open en wereldwijde datasets – Het “BlueEarth engine” initiatief

Om de waterzekerheid te kunnen verhogen door duurzaam beheer van schaarse waterbronnen en het effectief managen van watergerelateerde risico's, is het belangrijk een gezamenlijk begrip van het watersysteem te hebben. Dat is ook nodig om beoordelingen op een gestructureerde manier uit te voeren. Vorig jaar heeft Deltares het BlueEarth platform gelanceerd (zie <https://blueearth.deltares.org/>) voor planvorming met oog op het vergroten van de waterbeschikbaarheid. Dit wordt gedaan met betrokkenheid van stakeholders en met inzet van digitale instrumenten. Met dit initiatief beoogt Deltares onder meer om de benadering van Integrated Water Resources Management (IWRM) en waterzekerheidsprojecten te innoveren door een impuls te geven aan een snelle hydrologische modellering met de nieuwste open en wereldwijde datasets. Instrumenten die toegang hebben tot hoge resolutiegegevens verwerken deze gegevens tot informatie die de processen van een stakeholder proces ondersteunen. De instrumenten worden ontwikkeld binnen de BlueEarth “Engine”. In 2020 is een instrument gemaakt waarmee hydrologische modellen snel kunnen worden opgezet om vervolgens hydrologische, hoogwater, sediment en waterkwaliteitsanalyses uit te voeren. Deze nieuwe manier van werken is in veel projecten al gebruikt.

Zo is binnen het Joint Corporation Program (JCP) voor Indonesië het instrument gebruikt om landsdekkende hydrologische wflow modellen te verkrijgen en deze modellen te linken aan bestaande waterverdelingsmodellen (River Basin Management RIBASIM) en



operationele systemen (Delft-FEWS). Lokale deskundigen werden getraind in het gebruik van deze state-of-the-art gereedschappen in hun eigen systemen en projecten. De modellen werden gebruikt om lokale overheden te ondersteunen in het maken en actualiseren van hun watermanagement plannen.

In het United Nations World Water Quality Assessment werd de BlueEarth Engine gebruikt om hydrologische en waterkwaliteitsmodellen op continentale schaal en met een zeer hoge ruimtelijke resolutie (1x1 km²) voor Afrika af te leiden. Deze hoog-resolutie modellen geven zeer gedetailleerde informatie over bronnen van vervuiling en helpen autoriteiten om de meest effectieve maatregelen te identificeren en maatwerk te leveren. De UN is van plan om de resultaten van het project op de agenda te zetten en om in actie te komen om de issues met betrekking tot verminderende waterkwaliteit en de impact daarvan op welvaart en duurzaamheid aan te pakken.

Deltares is begonnen om de wereldwijde datasets in BlueEarth “Data” te zetten, zodat er gemakkelijk toegang is tot datasets die er mee zijn geproduceerd. In overeenstemming met ons motto ‘Dare to Share’ wordt het BlueEarth initiatief verder uitgebreid naarmate er meer datasets beschikbaar komen.

BlueEarth Engine voorziet in een platform waarin nieuwe ontwikkelingen (zoals het snel opzetten van modellen) kunnen landen en geschikt kunnen worden gemaakt voor hergebruik door andere toepassingen en projecten. Hiermee wordt een robuuste en duurzame ontwikkeling van nieuwe functionaliteiten verzekerd. Op deze manier kan het gereedschap zowel in het dagelijks werk van (Deltares) experts als door klanten en gebruikers worden toegepast: een win-win situatie.

Subsurface Resources in a Circular Economy

Doel en maatschappelijke relevantie van SO SRCE

Circulariteit is al een belangrijk deel van onze economie, maar nog niet prominent genoeg. Juist die delen van de economie waar het voordeel van circulariteit evident voor is, zoals het gebruik van laagwaardige grondstoffen zoals zand en grondwater, is er nog veel ruimte voor verbetering. Voor deze onderdelen is het belangrijk te duiden hoe we als kennisinstituut kunnen bijdragen aan een circulaire economie en daarmee een duurzamere samenleving. Deze bijdrage zit niet alleen in recycling en hergebruik maar het begint al bij het verantwoord winnen. Daarbij hoort ook het zoeken naar mogelijkheden om het gebruik te beperken door alternatieve materialen te gebruiken. Bijvoorbeeld brakwater in plaats van zoetwater voor irrigatie en klei en slib in plaats van zand voor landaanwinningen.

In het programma Subsurface resources in a circular economy worden modellen en systeemkennis ontwikkeld om de beschikbaarheid van sedimenten en grondwater vast te stellen en om te bepalen hoe het gebruik van deze grondstoffen in een circulaire economie verantwoordelijk en duurzaam uitgevoerd kan worden (responsible sourcing). Tevens wordt gekeken naar het verminderen van het gebruik van schaarse grondstoffen en de mogelijkheden voor het gebruik van alternatieve grondstoffen (vooral reststromen, waaronder slib). Ten slotte wordt geanalyseerd hoe projecten en beleid bijdragen aan een circulaire economie, hoe dit meetbaar gemaakt kan worden, en hoe deze kennis gevangen kan worden in een praktisch afwegingskader voor circulariteit.

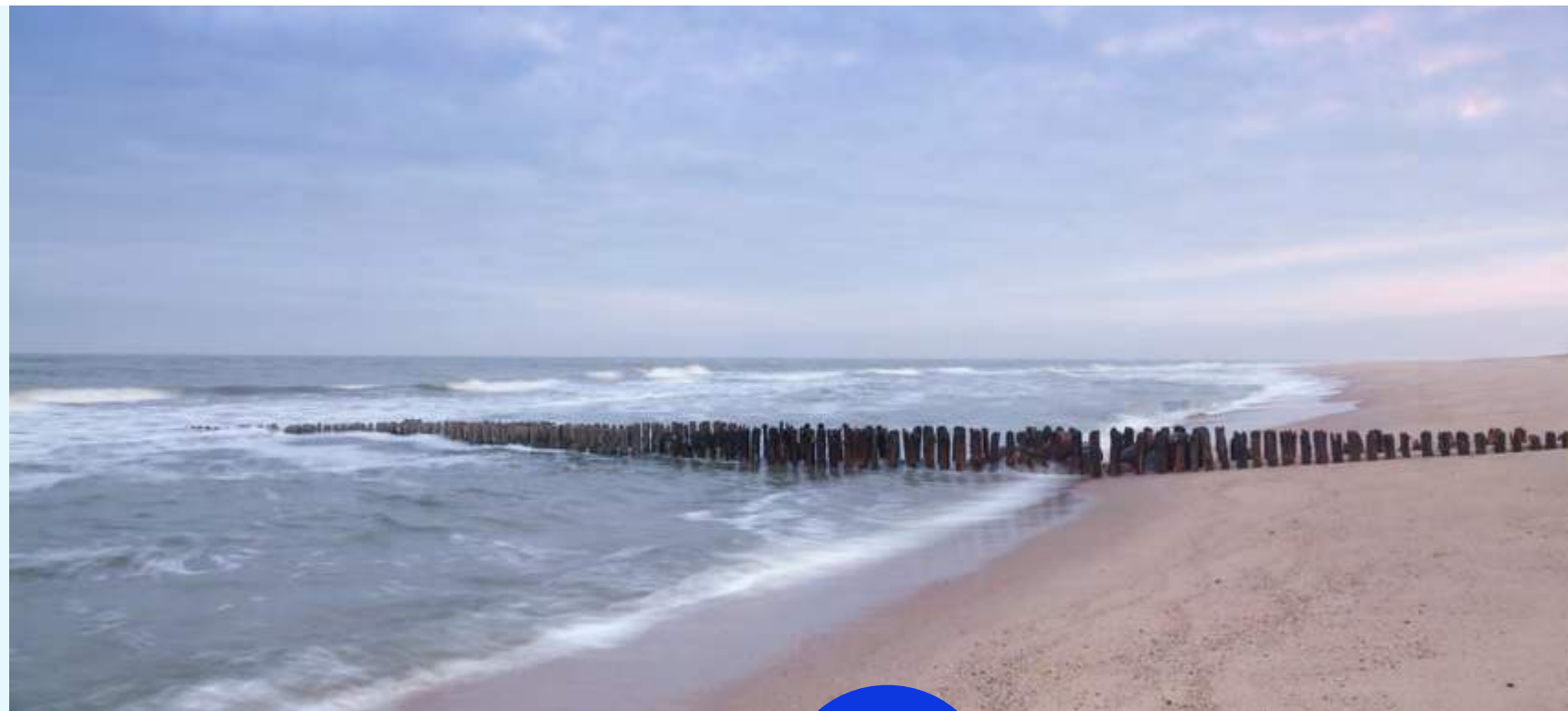
[Lijst van output](#)



Project 1

Circulariteits- gereedschappen

Onder het project Circulariteits-tool is in 2020 gewerkt aan de ontwikkeling van een gereedschap dat als doel heeft infrastructurele projecten te beoordelen op hun bijdrage aan circulariteit, in het kader van het Bodem-Sediment-Water (SSW) systeem. De behoefte aan een dergelijk instrument wordt algemeen erkend door internationale belanghebbenden en beleidsmakers. Om ervoor te zorgen dat de beleidsdoelen op het gebied van circulaire economie worden gehaald en om vergelijkingen te maken tussen verschillende beleidsdoelen en doelstellingen gericht op duurzaamheid, is het belangrijk dat de impact van maatregelen en producten van circulaire economie wordt gemonitord en gekwantificeerd. Er zijn veel tools beschikbaar die helpen om circulariteit te kwantificeren, maar de meeste van deze gereedschappen zijn gebaseerd op en gebouwd voor specifieke producten. Deze tools richten zich vaak op de levenscyclus van een product en bepalen in hoeverre dit product circulair is of circulair kan worden. Deze aanpak is te beperkt voor infrastructurele projecten, aangezien die projecten vaak binnen het SSW-systeem worden toegepast en worden gebouwd met grondstoffen die rechtstreeks uit het SSW-systeem komen. Er moet daarom rekening worden gehouden met de impact van infrastructurele projecten op het SSW-systeem en met kennis van de herkomst van de middelen. Om hiervoor een circulariteits-tool te ontwikkelen, hebben we circulariteit geherdefinieerd vanuit het perspectief van het SSW-systeem. Deze definitie van circulariteit is vertaald naar een set van circulariteitscriteria en -indicatoren. Deze criteria zijn ontwikkeld samen met stakeholders; hiervoor hebben we samengewerkt met het STOWA/UP project Circulair Baggerbeheer. Om een waarde aan de criteria te geven zijn gegevens nodig, met name op het gebied van grondstofstromen. In 2020 is



begonnen met de beoordeling van gegevens over de voorraden en stromen van een van de belangrijkste grondstofstromen binnen het SSW-systeem: bouwmineralen. De resultaten wezen erop dat (voor de periode die werd beoordeeld) de bouwsector in Nederland nog steeds sterk afhankelijk was van een aanzienlijk verbruik van primaire hulpbronnen, wat resulteert in een steeds grotere accumulatie van materialen in de economie. De vervanging van primaire hulpbronnen door secundaire hulpbronnen was zeer beperkt. Voor 2021 is het plan om het onderzoek en de tool uit te breiden met andere grondstofstromen, zoals zand en sediment. Dit alles wordt uitgevoerd in nauwe samenwerking met belanghebbenden opdat de tool aansluit bij hun behoeften en een zo groot mogelijke impact creëert op de transitie naar een circulaire economie.

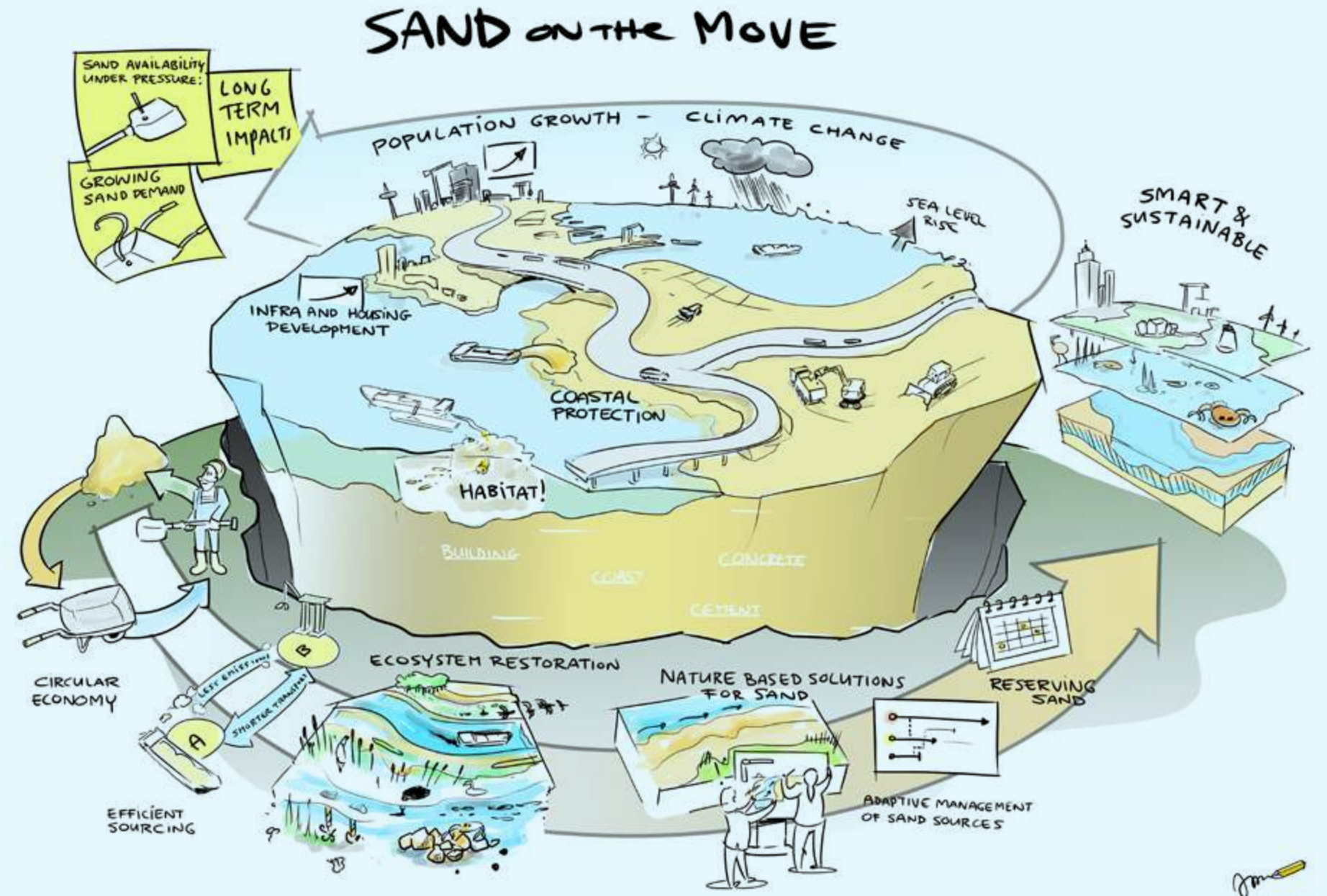
Project 2

Verkenning Duurzaam Zandgebruik Noordzee

Op het eerste gezicht lijkt er veel zand in de zee te zitten. Dat is goed, want Nederland heeft de komende decennia een enorme hoeveelheid zand nodig voor onze kustbescherming, infrastructuurontwikkeling en woningbouw. Maar hoeveel is er eigenlijk beschikbaar? Kan al het beschikbare zand echt worden gebruikt? Hoe duur zal het zijn om dit zand te winnen en te vervoeren? En hoe zullen deze activiteiten op de lange termijn het milieu beïnvloeden?

Daarnaast heeft Nederland de ambitie om over te gaan naar een circulaire economie, gericht op circulair gebruik van alle natuurlijke grondstoffen. Wat betekent dit voor zand - is circulair gebruik van zand haalbaar? Hoe zouden duurzame zandcycli eruit zien? Om de komende decennia een gezonde sociale en economische ontwikkeling in Nederland mogelijk te maken, is het van belang om rekening te houden met toekomstige behoeften en beschikbaarheid van zandbronnen, en innovatieve manieren te ontwikkelen en te implementeren om op een verantwoorde, circulaire manier met deze cruciale hulpbron om te gaan.

In het project Duurzaam Zandgebruik Noordzee is een verkenning uitgevoerd van de huidige stand van zaken rond het gebruik van zand uit de Noordzee en zijn de uitdagingen inzichtelijk gemaakt die gepaard gaan met de transitie richting een circulaire economie.



► “Sand on the move”: een overzicht van de uitdagingen én kansen die er bestaan rond duurzaam zandgebruik. Met een alsmear groeiende vraag, en een afnemende bereikbaarheid van zandvoorraden, hoe kunnen we op een efficiënte, circulaire, nature-based, adaptieve wijze toewerken naar duurzamer en slimmer gebruik en beheer van zand?

Water Energy Food Nexus

Doel en relevantie van het programma

Het groeiende beslag dat wereldwijd op zoetwatervoorraden wordt gelegd, stelt ons voor ingewikkelde keuzes. In de keten water-energie-voedsel draait het om de beschikbaarheid van zoetwater en de interactie tussen de twee factoren die het meeste invloed hebben op zoetwaterbeschikbaarheid, namelijk energie en voedselproductie. De mondiale bevolkingsgroei en het stijgen van de gemiddelde levensstandaard leiden tot een groeiende vraag naar water, energie en voedsel. Om deze uitdagingen het hoofd te bieden, is een goed begrip van de relaties in de water-energie-voedsel nexus van cruciaal belang. Vooral om te voorkomen dat ingrepen die schaarste en tekorten tegen moeten gaan in de ene sector, leiden tot nieuwe problemen in andere sectoren.

In het programma wordt de kennisbasis versterkt op het gebied van zoetwatervoorraden die nodig zijn voor de toenemende vraag vanuit onder meer landbouw en energie, en wordt kennis ontwikkeld om beter inzicht te krijgen in de connectiviteit van verschillende elementen in de water-energy-food nexus, en wordt gezocht naar het identificeren van mogelijke voordelen van interventies. Deze kennis kan worden gebruikt om besluitvormingsprocessen en andere beleidsvraagstukken te helpen ondersteunen. Binnen het programma wordt ook de samenwerking met andere kennispartners versterkt, bijvoorbeeld met Wageningen voor de kennis over landbouw en voedsel en met TNO voor de kennis over energie en de ondergrond.

Beter inzicht in de keten water-energie-voedsel draagt direct bij aan de benodigde kennis voor uitwerking van de Sustainable Development Goals; SDG's 6 (water security), SDG 2 (food security) en SDG 7 (energy security) en het akkoord dat tijdens de klimaatconferentie COP21 in Parijs werd gesloten.

[Lijst van output](#)



Project 1

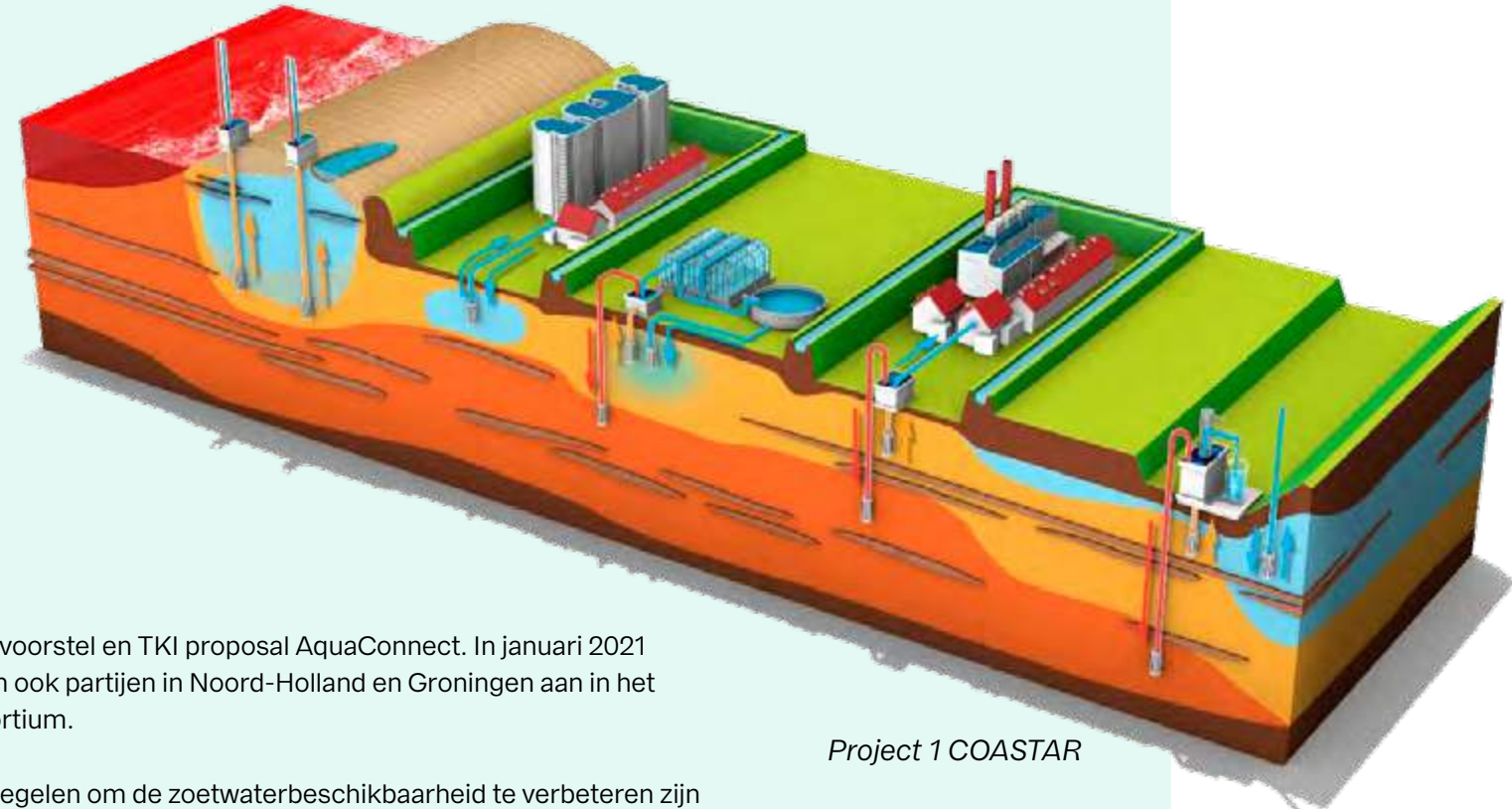
COASTAR

Het project COASTAR richt zich op grootschalige zoetwatervoorziening in kustgebieden door slim gebruik van de ondergrond. Door zoet water ondergronds te bergen en brak grondwater na ontzilting te gebruiken kunnen kustgebieden worden voorzien van voldoende zoetwater voor irrigatie, industrie en drinkwater, nu en in de toekomst. Tegelijkertijd dragen COASTAR maatregelen bij aan waterbeheer, door tegengaan en voorkomen van verzilting, lokale wateroverlast en bodemdaling.

In 2020 is door Deltares gewerkt aan de volgende deelprojecten:

- Brakwaterwinning kust(duinen): nieuwe bron voor drinkwater en vergroten strategische zoetwatervoorraad;
- Brakwaterwinning polders: nieuwe bron voor drinkwater en verzilting en daarmee zoutgeschade gewassen tegengaan bovengronds;
- Waterbank Westland: ondergrondse opslag van zoetwater in een zoute ondergrond en voorkomen van lokale wateroverlast;
- COASTAR nationaal – kansen, baten op kaart om zo de bijdrage van COASTAR aan diverse opgaven inzichtelijk te maken;
- COASTAR Chili – infiltratie van smeltwater ten behoeve van de zoetwatervoorziening.

Het COASTAR consortium bestaat uit drinkwaterbedrijven, lokale – regionale – nationale overheden, waterschappen, bedrijfsleven en kennisinstututen. In 2020 heeft het COASTAR consortium (Deltares, KWR, Arcadis) aan projecten in Zuid-Holland en Chili gewerkt. In 2020 is samen met universiteiten gewerkt aan het



Project 1 COASTAR

NWO voorstel en TKI proposal AquaConnect. In januari 2021 sluiten ook partijen in Noord-Holland en Groningen aan in het consortium.

Maatregelen om de zoetwaterbeschikbaarheid te verbeteren zijn uitgedacht, de haalbaarheid inclusief kosten en baten is onderzocht, ze zijn ingebed in onder andere het Deltaprogramma en lokale en regionale beleidsstukken en er is gestart met de eerste pilot bij Dunea. Een vervolg van de implementatie in pilots in combinatie met fundamenteel onderzoek is voorzien in 2021-2025.

COASTAR is in diverse kranten en media verschenen in 2020. COASTAR heeft eind 2020 een eervolle vermelding gekregen van het KIVI voor de “Vernufteling”. Info: <https://www.coastar.nl/>.

Project 2

Zoete grondwaterreserves aan de kust

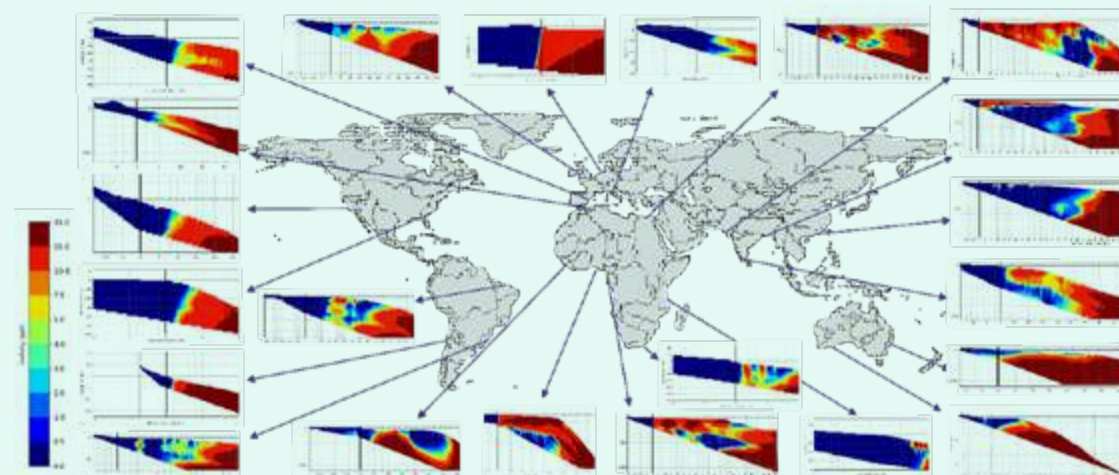
In het STW - NWO Water Nexus programma (“Salt water when possible, fresh water when needed”) is in het deelprogramma “Resource management and control” binnen promotieonderzoek (PhD’s Daniel Zamrsky, Jude King, Boris Aydin, onder begeleiding van Marc Bierkens en Gualbert Oude Essink, in samenwerking met Utrecht Universiteit en TU Delft) de huidige én toekomstige toestand van de zoete grondwaterreserves aan de kust onderzocht. Het onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Hoogheemraadschap van Rijnland, Shell, Dow Chemicals, Eijkelkamp, Fugro en STOWA.

De groeiende bevolking en de bloeiende economie in delta’s en kustgebieden belasten de bestaande zoete grondwaterreserves steeds meer. Bovendien worden delta’s en kustgebieden extra bedreigd door klimaatverandering (minder neerslag in veel gebieden en dus minder grondwateraanvulling) waaronder zeespiegelstijging. Deze stressfactoren tezamen zullen hoogstwaarschijnlijk leiden tot een versterkte uitputting en verzilting van het zoete grondwater. Tegelijkertijd zijn zoete grondwaterreserves essentieel voor het oplossen van het probleem van de toekomstige zoetwaterschaarste in delta’s en kustgebieden onder toenemende klimaat- en sociaal-economische veranderingen. Zolang onze technologieën niet geavanceerd genoeg zijn om het aanbod te vergroten (bijvoorbeeld door water van mindere kwaliteit te gebruiken) of de vraag significant te verminderen, zal zoet grondwater in veel kustgebieden van vitaal belang blijven voor de economische (agrarische en industriële) ontwikkeling.

In dit onderzoek zijn onder meer geavanceerde computercodes voor dichtheidsgedreven grondwaterstroming en gekoppeld zout transport toegepast om de huidige en toekomstige zoete grondwaterreserves in te schatten voor duizenden kuststroken over de gehele wereld. Er wordt in de analyse tevens gekeken naar de effecten van een zeespiegelstijging, de mate van grondwateruitstroming naar de zee en estuaria (submarine groundwater discharge), de hoeveelheid zoet grondwater dat zich onder de zeebodem bevindt (offshore fresh groundwater) en welke maatregelen om de zoete grondwaterreserves op peil te houden efficiënt zijn.

Meer informatie over het programma is te vinden op

<http://water nexus.nl/>



Project 2: Gemodelleerde 2D profielen met de huidige zoutgehalten in grondwater in een aantal COSCAT (coastal segmentation and related catchments) gebieden.



Sustainable Energy Transition

Doel en relevantie van het programma

Het doel van het programma is het ontwikkelen van een interdisciplinair onderzoeksprogramma waarin systeemkennis van water- en ondergrond en sociaal-economische kennis in verband wordt gebracht met de (inter)nationale en regionale ambities op het gebied van duurzame energie. Het programma richt zich daarbij op onderzoek naar de potentie van duurzame energiediensten uit water en bodem, de effecten van grootschalige toepassingen van nieuwe of bestaande energiesystemen (en bijbehorende technologieën) op water-, bodem- en ecosystemen, en de ontwikkeling van integrale modellen, transitiepaden en beslissingsondersteunende instrumenten die bijdragen aan verantwoorde keuzes. Dit onderzoeksprogramma beoogt de versnelling van de energietransitie te ondersteunen.

De grootste mondiale uitdagingen van de maatschappij zijn klimaatverandering en energietransitie. Het programma richt op klimaatadaptatie en de energietransitie levert een bijdrage aan het voorkomen van verdere klimaatverandering.

Het programma Sustainable Energy Transition (SET) verbindt technisch-inhoudelijke systeemkennis van water- en ondergrond en sociaal-economische kennis op het vlak van duurzame energie. Dit ondersteunt de (inter)nationale klimaatdoelen. Het programma richt zich op het ontwikkelen van integrale modellen en beslissingsondersteunende instrumenten, die de opschaling en versnelling van de energietransitie ondersteunen. Daarnaast wordt onderzoek gedaan naar de effecten van grootschalige toepassingen van nieuwe of bestaande technologieën en energiesystemen op water-, bodem- en ecosystemen.

[Lijst van output](#)



Project 1

WarmingUP

In het collectief WarmingUP (www.WarmingUP.info) werkt Deltares met 37 deelnemers en 15 partners in de hele warmteketen samen aan toepasbare kennis voor duurzame, collectieve warmtesystemen in de gebouwde omgeving. De combinatie van warmtenetten met duurzame bronnen is een belangrijke schakel om de doelen van het Klimaatakkoord te halen. Systeem- en procesinnovaties zijn nodig voor een efficiënter ontwerp, aanleg en beheer, en een goed samenspel tussen de partijen in deze warmteketen. WarmingUP



ontwikkelt deze innovaties in samenhang en in aansluiting met de praktijk. Op termijn zorgt dit voor versnelling en opschaling. WarmingUP legt in de periode 01-01-2020 tot 31-12-2022 het fundament voor het realiseren van haar ambities.

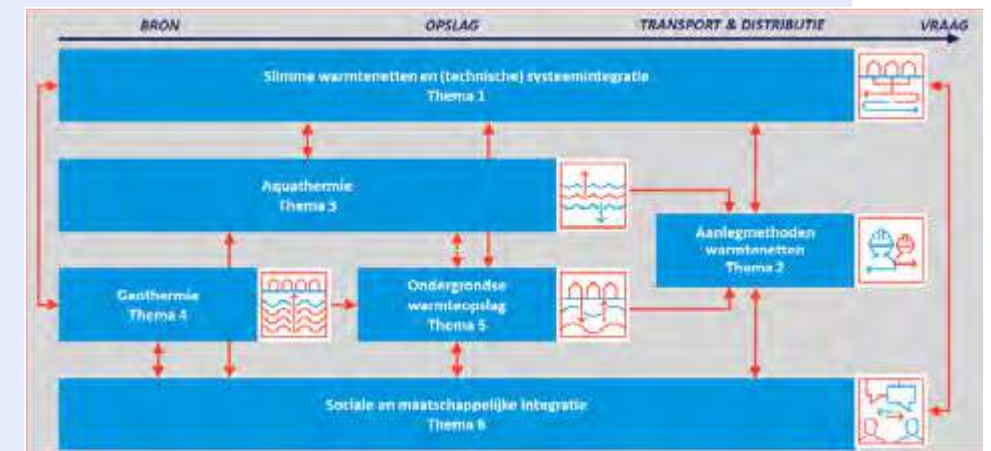
WarmingUP wil nieuwe kennisproducten maken voor duurzame, collectieve warmtesystemen die betaalbaar, betrouwbaar, praktisch uitvoerbaar en maatschappelijk aanvaardbaar zijn. Dat betekent nieuwe kennis voor het slim combineren van duurzame warmtebronnen met verschillende niveaus van temperatuur en volumes, het realiseren van grootschalige warmteopslag-systemen en het integreren in warmtenetten. Ook ontwikkelt WarmingUP nieuwe samenwerkings- en financieringsvormen



Aanleg van een duurzame collectief warmtenet

én nieuwe werkwijzen om draagvlak te realiseren en risico's te minimaliseren.

WarmingUP bestaat uit 7 thema's en totaal 26 inhoudelijke projecten. Deltares is verantwoordelijk voor de thema's Groot-schalige aanleg warmtenetten en Aquathermie. Daarnaast levert Deltares projectleiders voor een groot aantal projecten in de thema's Slimme warmtenetten en systeemintegratie, Sociaal-maatschappelijke inpassing en het 7e thema Kennisintegratie en -disseminatie.



Werken aan de syteemintegratie binnen WarmingUP

Project 2

JIP CALM

Sustainable Energy Transition schenkt ook aandacht aan het mogelijk maken van grootschalige offshore wind ontwikkelingen in de Noordzee. Bijvoorbeeld door onderzoek te doen naar de impact van infrastructuur rondom windparken op zee. Het transport van die windenergie in de vorm van elektriciteit gaat via elektriciteitskabels die vlak onder de zeebodem lopen. Veranderingen in de bodem leggen de kabels bloot en maken ze kwetsbaar. 80% van de verzekeringsclaims in de offshore windenergie komen hieruit voort. Als initiatiefnemer en coördinator van het Joint Industry Project 'CABLE Lifetime Monitoring' (JIP CALM) onderzoekt Deltares hoe falen van deze elektriciteitskabels kan worden voorkomen. Het beperken van kabelfalen draagt bij aan het behalen van de rijksdoelstelling van 11 gigawatt aan betrouwbaar en duurzaam opgewekte windenergie in het jaar 2030 tegen lage maatschappelijke kosten. Deltares kijkt op een integrale manier naar de effecten van deze opschaling op het ecosysteem, het lokale klimaat, de voedselketen, golfslag, stroomrichting, kustveiligheid en de indeling van de schaarse ruimte.

In 2019 is Deltares dit project gestart samen met onderzoekspartijen TNO, DNV-GL en BREM. Bij het project hebben zich inmiddels dertig partners uit de hele sector aangesloten, van de makers en installateurs van onderzeese stroomkabels tot windparkeigenaren en verzekeraars. Door dit brede scala aan partners, waarbij iedereen vanuit een ander perspectief naar de uitdagingen kijkt, worden verbeteringen doorgevoerd op het gebied van ontwerp, installatie en onderhoud van de elektriciteitskabels. Het hele consortium werkt samen aan het opstellen van relevante richtlijnen en tools voor de belangrijkste aspecten van onderzeese kabelsystemen en hun storingsen.

JIP CALM bestaat uit 4 hoofdonderwerpen: kabel faalanalyse, kabel monitorsystemen, zeebodem- interactie en kostenoptimalisatie. Deltares is behalve voor de coördinatie van het project verantwoordelijk voor het zeebodem- interactie onderwerp waarin modellen gemaakt worden waarmee veranderingen in de zeebodem voorspeld kunnen worden om op een slimmere manier de stroomkabels in toekomstige projecten te plannen om falen van de kabels te beperken.



JIP CALM kick-off meeting met alle partners

Future-proof Coastal Infrastructure and Offshore Renewable Energy

Doel en relevantie van het programma

Het doel van dit programma is het mogelijk maken van menselijke activiteiten, economische ontwikkeling en energievoorziening in de kustzone & offshore door duurzaam, klimaatbestendig en slim ontwerp, constructie en onderhoud van infrastructuur. Het programma valt binnen het missiegebied “veerkrachtige infrastructuur” en richt zich hoofdzakelijk op aanpassing van kustinfrastructuur aan antropogene en klimatologische veranderingen (toekomstbestendige infrastructuur) en de energietransitie (hernieuwbare energie op zee). Binnen toekomstbestendige kustinfrastructuur wordt gewerkt aan methoden om klimaat- en antropogeen-gedreven kustveranderingen te analyseren en (duurzame) adaptatiestrategieën te verkennen. Voorbeelden hiervan zijn analyses met satellietbeelden, numerieke modellen om de effecten van harde en zachte adaptatie maatregelen door te nemen en adaptatiepaden voor harde zeeweringen. Op het gebied van hernieuwbare energie op zee ligt de focus - naast het verder verlagen van de kosten van offshore wind en het elektriciteitsnet - steeds meer op natuur-inclusief ontwerp, meervoudig ruimtegebruik, haalbaarheid van energie-eilanden, het verhogen van werkbaarheid op zee en het creëren van oplossingen voor het verwijderen van windparken aan het eind van hun levensduur. Op het grensvlak van coastal en offshore is gewerkt aan de vorming van consortia en onderzoeksinitiatieven rondom energie-eilanden/hubs in de Noordzee. Dit heeft onder andere geresulteerd in een haalbaarheidsstudie voor een energie-eiland voor IJmuiden Ver en toekenning van JIP EnerSeaHub (gericht op het verkennen van hybride (vast-drijvend) eilanden voor offshore windenergie-productie, -conversie en -opslag-toepassingen).

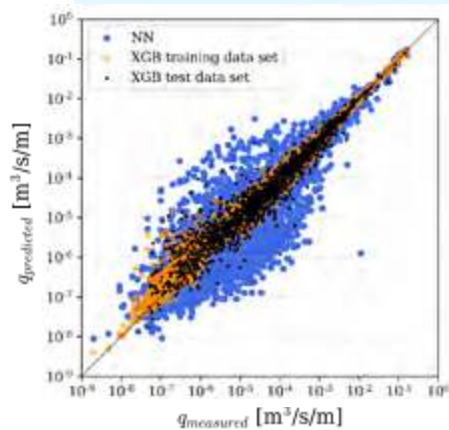
[Lijst van output](#)



Project 1

Future-proof coastal structures – een nieuw neuraal netwerk voor bepaling golfoverslagdebiet

Waterbouwkundige constructies worden vaak ontworpen voor een maximaal toelaatbaar golfoverslagdebiet. Het is daarom belangrijke dat er een nauwkeurige voorspelling van de hoeveelheid golfoverslag gemaakt kan worden. Zowel empirische formules als neurale netwerken behoren tot de meest gebruikte berekeningsmethodieken. In dit werk wordt een nieuw model voor het voorspellen van de gemiddelde golfoverslagafvoer gepresenteerd met behulp van de innovatieve machine learning-techniek XGBoost. De selectie van parameters om het model op te trainen is zorgvuldig onderbouwd, inclusief het herdefiniëren van eerder gebruikte parameters om tot betere modelprestaties te komen. Betrouwbaarheidsintervallen worden afgeleid door modelinstellingen af te stemmen en bootstrap-resampling toe te passen. De kwaliteit van het model is getoetst aan vier nieuwe datasets van overslagdebieten gemeten in fysieke modellen, en er wordt een grondige kwantitatieve vergelijking met bestaande machine learning-methoden en empirische overtoppingformules gepresenteerd.



Het XGBoost-model presteert over het algemeen beter dan andere methoden voor de testgegevenssets met normaal invallende golven. Alle data gedreven methoden tonen minder nauwkeurigheid op schuine golfgegevens, vermoedelijk omdat deze omstandigheden ondervertegenwoordigd zijn in de trainingsgegevens. De prestaties

van het XGBoost-model zijn aanzienlijk verbeterd door een willekeurig geselecteerd deel van de nieuwe schuine golfcases aan de trainingsgegevens toe te voegen. Uiteindelijk blijkt dit nieuwe model voorspellingsfouten op alle meetdatasets die in dit werk zijn gebruikt met een factor tot 6,5 te verminderen in vergelijking met bestaande voorspellingsmethodieken.

Project 2

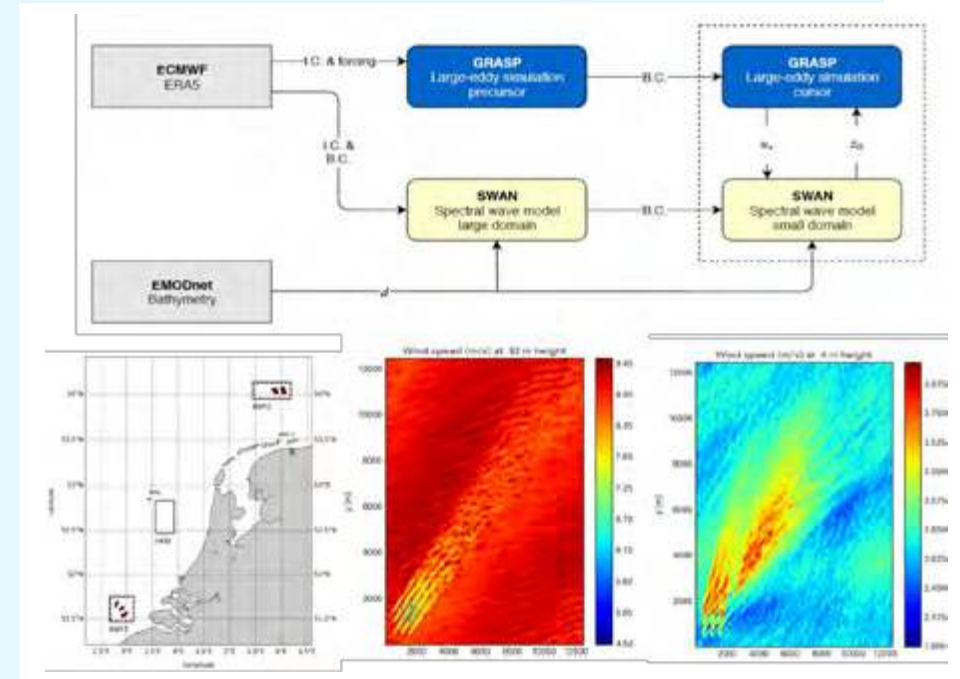
CHASM – Coupled High-resolution Atmosphere Sea Modelling

Wind turbines zetten wind om in elektriciteit, maar hebben op hun beurt invloed op het windveld aan de lizijde. Waar windcondities bepalend zijn voor de energie-opbrengst van het park, zijn golfcondities bepalend voor de hydraulische belastingen op de funderingen. Echter, bij het modelleren van de golven werd tot nu toe het effect van individuele wind turbines en gehele windparken op de windvelden niet meegenomen. Door de toename van de turbine-grootte en van het aantal offshore windparken wordt het steeds belangrijker om deze processen in hun interactie te beschouwen.

In het CHASM-project (Coupled High-resolution Atmosphere Sea Modelling) hebben Whiffle (een Delftse start-up, www.weatherfinecasting.com) en Deltares de handen ineengeslagen om het golfmodel SWAN te koppelen met het 'beyond state-of-the-art' atmosferisch model GRASP, ontwikkeld door Whiffle. De modellen werden eerst gekalibreerd en gevalideerd aan verticale windprofiel-metingen en golven in het domein van Borssele wind park (BWFZ). Vervolgens zijn met deze modellen wind en golven in hoge resolutie berekend voor de

nieuwe windparkgebieden Hollandse Kust-west en Ten Noorden van de Wadden (TNW) voor een periode van 40 jaar. Zowel voor BWFZ als voor TNW zijn de effecten van al aanwezige naastgelegen operationele windparken bepaald. Een opmerkelijke bevinding was dat, hoewel windsnelheden stroomafwaarts van een windpark vaak worden verlaagd, door turbulentie effecten de windsnelheid achter de turbines op zeeniveau toch aanzienlijk kan toenemen: door verbeterde verticale menging van bovenste en onderste luchtlagen wordt de golfgroei beïnvloedt, zoals geïllustreerd in de figuur.

De CHASM data kunnen gevisualiseerd en gedownload worden vanaf Deltares of BlueEarth Data, <https://gds.deltares.nl/>. Dit project werd mede mogelijk gemaakt door de Hernieuwbare Energie-subsidie van RVO en TKI-WOZ (<https://projecten.topsectorenergie.nl/projecten/coupled-high-resolution-atmosphere-sea-modelling-00029218>).



Infrastructure for Waterborne Transport

Doel en relevantie van het programma

Onder het programma 'Infrastructure for waterborne transport' wordt gewerkt aan het optimaliseren en veiliger maken van het gebruik van natte infrastructuur (havens, vaarwegen, rivieren, kanalen) voor transport over water. Hierbij wordt zowel naar lange-termijn vraagstukken als naar kortere-termijn operationele vraagstukken gekeken. Dit wordt in toenemende mate in een context geplaatst van duurzaamheid en van robuustheid. Daarnaast dragen veranderingen in de omgeving (door bijvoorbeeld klimaatverandering) en in de gevraagde transportfunctie bij aan de complexiteit van vraagstukken.

De beschikbaarheid van goederen, energie, voedsel en materialen is essentieel voor onze maatschappij, en een groot deel daarvan wordt over het water getransporteerd. Transport over water is zeer efficiënt en heeft daarmee een relatief lage CO2 uitstoot. Bovendien vervangt één schip meerdere vrachtwagens, waarmee transport over water bijdraagt aan het beperken van congestie op het wegennet. De "Sustainable and Smart Mobility Strategy" van de EU stelt daarom dat Europees gezien het transport over water (inclusief short sea shipping) zou moeten groeien met 25% in 2030 en met 50% in 2050. Via dit programma wil Deltares bijdragen met kennis en modellen om die doelstelling veilig en duurzaam te halen.

Hedendaagse ontwikkelingen in de eisen aan de scheepvaart-infrastructuur zijn vooral gelinkt aan technische ontwikkelingen (zoals infra-vereisten voor autonome schepen en de inzet van data en ICT-middelen), ontwikkelingen op het vlak van 'sustainability' en 'green ports' en grootschalige ontwikkelingen zoals klimaatverandering, waaronder periodes van intensieve droogte.

Het programma geeft invulling aan de doelstellingen door onderzoek te doen en advies te geven naar aanleiding van de genoemde ontwikkelingen en veranderingen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van numerieke modellen, gerichte/lokale veldmeetcampagnes en doorlopende metingen door groepen van schepen en fysieke schaalmodellen. De laatste jaren worden daarnaast steeds vaker 'digital twins' ontwikkeld en ingezet.

[Lijst van output](#)



Project 1

Digital twin vaarwegcorridor

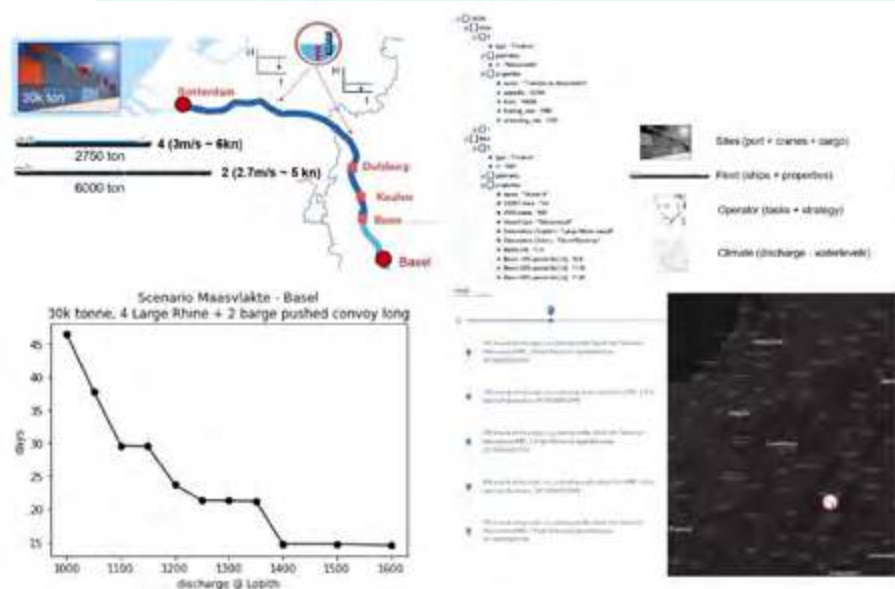
In 2020 is het SmartPort pilotproject "Digital Twin Vaarwegcorridor (DTV)" succesvol uitgevoerd. Dit initiatief heeft als uiteindelijk doel om een generieke digital twin van rivieren/vaarwegen te creëren. Met de Digital Twin kan in een virtuele omgeving de interactie tussen het transportmiddel, de vaarweg, de infrastructuur en de logistieke keten worden nagebootst om de impact van diverse ontwikkelingen (milieu, technologisch, logistiek) te identificeren en te optimaliseren. Die ontwikkelingen zijn onder andere het meer frequent optreden van droge zomers, met lage waterstanden en conflicterend watergebruik als gevolg, en de noodzaak voor duurzaamheid en de automatisering in logistiek en transport. De onder-

zoeksvraag was "Hoe kan het transport van goederen over de Rijn/Maas corridor het beste anticiperen op de klimaatsveranderingen in samenhang met andere ontwikkelingen binnen de sector" ofwel: hoe komen we tot een betrouwbaar, duurzaam en toekomstbestendig goederentransport over water. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is Deltares samen met SmartPort-partners en binnenvaartondernemers een pilot gestart. Kennis in verbinding met de markt, is hierbij de rode draad. Betrokkenheid vanuit de transport-, binnenvaart- en research-community is hierbij van groot belang om tot succesvolle ontwikkelingen te komen. In 2020 is een eerste pilot-versie van een digital twin opgezet (zie afbeelding), waarmee transport over water van Basel tot aan Rotterdam gesimuleerd en geanalyseerd wordt. In 2021 willen we samen met de sector doorpakken met de ontwikkeling van de Digitale Twin Vaarwegcorridor binnen TKI Maritiem. Een mooie gelegenheid om de ontwikkelingen verder te brengen en onze samenwerking met de verschillende partijen uit te breiden.

gaat daarbij om kades in havens, maar ook over stenen oeverbeschermingen langs kanalen en rivieren. Op die manier is er alleen al in Nederland dus veel te winnen in lagere aanleg- en onderhoudskosten. Om goede validatiegegevens te verkrijgen zijn in 2019 (Rotterdam) en 2020 (Gent) veldmetingen uitgevoerd met als doel het begrip te vergroten en zo de richtlijnen te verifiëren en zo mogelijk aan te scherpen. De veldmetingen zijn uitgevoerd in samenwerking met het Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam, TU Delft, Boskalis, Deme, CROW, North Sea Ports, BAM Infraconsult, Rijkswaterstaat en MARIN. Voor het meten van de stromingscondities is een meetframe op de waterbodem voor de kade gelegd (foto). Met een schip werden vervolgens meerdere representatieve aankomst- en vertrekmanoeuvres boven het frame gemaakt (foto). Met de metingen is aangetoond dat de belasting door scheepsschroeven anders – en inderdaad minder sterk – doorwerkt dan veelal in de richtlijnen wordt aangenomen. Hiermee is een belangrijke stap gezet in het aanscherpen van de ontwerprichtlijnen. Voor 2021 is door Deltares een vervolgproject voorgesteld, opnieuw in samenwerking met meerdere (markt)partijen, waarin schaalmodeltesten in het laboratorium, veldmetingen en numerieke berekeningen (CFD) ingezet zullen gaan worden om resterende vragen aan te gaan pakken.

Project 2 Impact van schroefstralen van schepen op bodem en kadeconstructies

Scheepsschroeven genereren vooral bij kademuren, steigers en sluisen hoge stroomsnelheden. Om uitschuren te voorkomen wordt op die locaties bodem- en oeverbescherming bestaande uit steenbestorting of matten toegepast. Hydrodynamische schroefbelastingen worden verre van volledig begrepen en de huidige ontwerprichtlijnen worden vaak als te conservatief gezien. Dit betekent dat beschermingsmaatregelen op dit moment onnodig zwaar en duur zijn. Het



Infrastructure for Water and Energy

Doel en relevantie van het programma

Het doel van dit programma is het vergroten van de kennis ten behoeve van het efficiënt ontwerpen en beheren van toekomstige en bestaande infrastructuur ten behoeve van water en energie. Hierbij wordt grofweg een verdeling gemaakt in aspecten zoals duurzaamheid-gerelateerde projecten (denk bijvoorbeeld aan energie uit golven) en efficiëntere bedrijfsvoering en asset management van bestaande infrastructuur. Omdat in de praktijk ook behoefte bestaat aan meettechnieken om de actuele toestand van systemen te bepalen, krijgt de ontwikkeling meettechnieken ook de nodige aandacht. Daar waar mogelijk wordt in de projecten samengewerkt met bedrijfsleven, universiteiten en hogescholen (met name in NWO-verband en/of PhD/MSc en BSc projecten), waarbij ook gestreefd wordt naar wetenschappelijke output in de vorm van Journal artikelen en/of congresbijdragen.

[Lijst van output](#)

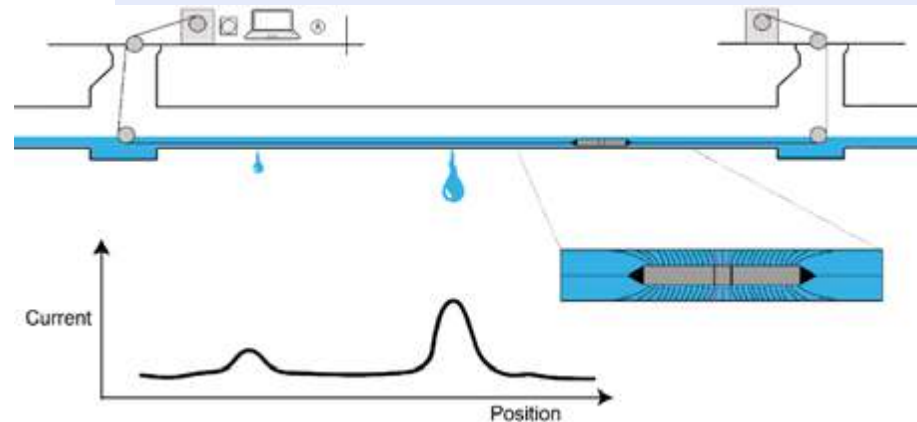


*Experimentele opstelling
in het Deltares
laboratorium*

Project 1

Leaky pipes

Dit project is een samenwerking met de TU Delft (Citg) binnen het NWO-TISCA programma dat zich richt op het ontwikkelen van meetmethoden om de infiltratie en exfiltratie (lekkage) vanuit watervoerende leidingen (onder andere drink- en afvalwaterleidingen) snel en effectief op te sporen. Een belangrijk deel van het onderzoek bestaat uit experimenteel werk dat is uitgevoerd bij Deltares, waar een meetopstelling is gebouwd voor het bepalen van de meetnauwkeurigheid van geo-elektrische meetmethoden. Resultaten van het werk zijn gepresenteerd op de International Conference on Urban Drainage (waar de presentatie de prijs voor 'best presentation' mocht ontvangen). Inmiddels is een draft Journal Artikel afgerond. Naast het werk van de PhD student



Illustratie meetprincipe: de stroom tussen een probe en een elektrode buiten de buis wordt gemeten als functie van de positie van de probe.

(Bram Stegeman) was binnen het project ook ruimte voor een stagiair van de Hogeschool Zeeland. Lekkende ondergrondse leidingen kunnen grote schade en hinder veroorzaken, denk bijvoorbeeld aan het ontstaan van sinkholes en de daaruit volgende schade (voorbeelden zijn de incidenten 2 jaar terug in Apeldoorn, waar een woonwijk enkele dagen was verstoken van water en gas, en het incident met een gebroken waterleiding nabij het AMC). Het vroegtijdig opsporen van lekkages kan verdergaande schade en hinder helpen te voorkomen.

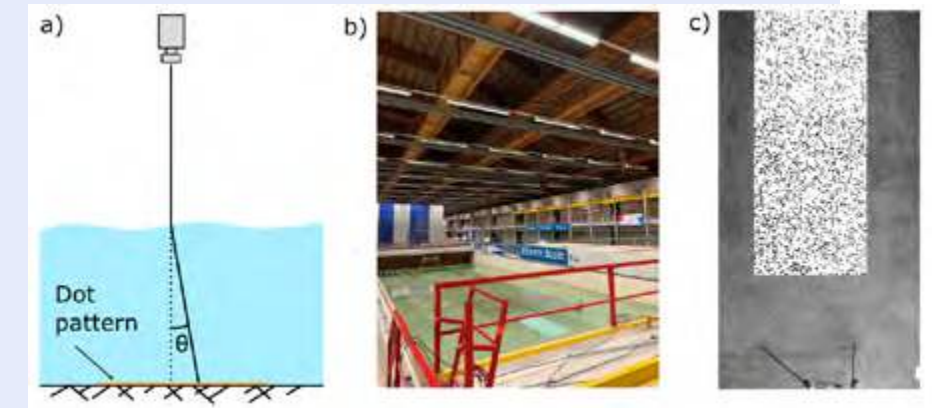
Project 2

Background Oriented Schlieren method

(Complexe) golfvelden zijn een belangrijk gegeven voor veel onderwerpen waar Deltares zich mee bezig houdt (havenontwerp, kustverdediging, maar ook bijvoorbeeld energie uit golven). Het verkrijgen van betrouwbare meetgegevens aan golven met zogeheten puntmetingen met golfopnemers is bewerkelijk en duur. Een alternatief is het toepassen van optische methoden waarbij niet-invasief een synoptisch beeld van een golfveld kan worden verkregen. Binnen dit project is een meetmethode ontwikkeld op basis van de optische Schlieren methode. Hiermee wordt aan de hand van de vertekening van een bekend patroon op de basinbodem het volledige golfveld gereconstrueerd. Deze methode heeft als voordeel dat de meting het te meten proces niet beïnvloed (niet-invasief) en tegelijkertijd 2D informatie geeft (synoptisch). Binnen het project is naast het ontwikkelen van de meetmethode

(voornamelijk postprocessing) ook een dataset gegenereerd van verschillende golfvelden (regelmatige golven, onregelmatige golven, golven + stroming, en golfvelden rondom monopiles ten behoeve van bijvoorbeeld windparken op zee en boorplatformen). Naar verwachting zal deze methode van veldmeting, na verdere verfijning, vaker en op grotere schaal worden toegepast binnen Deltares projecten. Op vimeo is een goede illustratie van het project te vinden (towards full wave field reconstruction)

<https://vimeo.com/489354829/5315f21002>.



a/breking van licht veroorzaakt een waarneembare verschuiving van de (bekende) positie van markers op de bodem, deze wordt geregistreerd met een videocamera en dient als basis voor de reconstructie van het golfveld.

b/overzicht test opstelling in de Hydrohal

c/het gebruikte (ongestoorde) marker patroon

Robust and Reliable Urban Infrastructure

Doel en relevantie van het programma

Dit programma heeft tot doel duurzame engineering oplossingen te genereren voor robuuste en betrouwbare infrastructuur in de gebouwde omgeving. De toepassing hiervan vindt vooral plaats in de volgende onderwerpen:

- omgaan met natuurlijk externe invloeden zoals aardbevingen, aardverschuivingen en bodemdaling;
- verminderen van negatieve effecten van infrastructuur gerelateerde activiteiten zoals treintrillingen, grondwaterbemalingen;
- oplossingen bieden voor infrastructuur en bouw in de vorm van innovaties zoals energiepalen en ijzeroer.

Technieken die worden toegepast in dit programma zijn integratie van rekenmodellen met metingen, zoals satelliet metingen, machine learning en statistische methoden. De duurzame oplossingen worden zowel in het veld als in het laboratorium getest.

Het programma is opgedeeld in drie programmalijnen:

Lijn 1 Robuuste infrastructuur

Verbeteren van robuustheid van infrastructuur met het oog op extreem weer, aardbevingen, bodemdalingen, aardverschuivingen, en combinaties daarvan. Het ontwikkelen van modellen om de impact van bedreigingen en van de haalbaarheid van mitigerende maatregelen te kwantificeren.

Lijn 2 Duurzame oplossingen.

Veilige en betrouwbare infrastructuur ontwerpen en aanleggen, met minimale impact op omgeving, milieu en natuurlijke hulpbronnen.

Lijn 3 Software & Test faciliteiten

Langs deze meer generieke lijn worden software en testfaciliteiten ontwikkeld en innovatief toegepast, voor zover deze voedend zijn (of kunnen worden) aan de twee hoofdprogrammalijnen.

[Lijst van output](#)



Project 1

Invloed droogte en bodemdaling op funderingen

In 2019 is de basis gelegd voor een rekenmodel voor de relatie tussen droogte, schade aan funderingen en bodemdaling. Dit model is toegepast op heel Nederland en geeft een landelijke schatting van de kosten die tot 2050 gemoeid zijn met deze problematiek. Het model is modulair opgezet en inmiddels al toegepast voor klimaatschadeschatter, ministerie van Binnenlandse Zaken en het Verbond van Verzekeraars. Het model is in 2020 nationaal en internationaal gepubliceerd en verder is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor het duiden en onderzoeken van de resultaten. Hieruit blijken tevens de nodige ontwikkelingen die voor 2021 nog kunnen worden uitgevoerd.

Het model levert een belangrijke bijdrage aan het debat en de aanpak in het maatschappelijke veld over de funderingsvraagstukken in relatie tot de droogteproblematiek, zowel voor huizen met funderingen op houten palen als voor huizen met een fundering op staal. In de droge zomers van 2018 tot en met 2020 is veel schade als gevolg van droogte in Nederland opgetreden. Het risico hiervoor op de langere termijn kan nu worden geduid met het huidige model. De resultaten van het model zijn tevens gebruikt in diverse kamerbrieven ter beantwoording van kamervragen.

Project 2

Proefbelastingen palen - InPad project

Het TKI-project InPAD (Improved Axial Capacity of Piles in Sand) heeft als doel om te komen tot een beter begrip van het gedrag van (op-druk-belaste) palen en deze kennis te integreren in de richtlijnen (NEN 9997-1). Het betreft een gezamenlijk project van Deltares, TU Delft, Havenbedrijf Rotterdam, Rijkswaterstaat, NVAf, Fugro en Gemeente Rotterdam. Onderdeel van dit project is het uitvoeren van klasse-A1 statische proefbelastingen op verschillende paaltypen (geheide prefab-betonpalen, vibro-palen en schroef-injectie-palen). Deze testcampagnes zijn op twee locaties in Nederland uitgevoerd. De eerste serie proefbelastingen, hoofdzakelijk gefinancierd door Havenbedrijf Rotterdam, is uitgevoerd op de Maasvlakte (2019 en

2020). De tweede serie proefbelastingen, hoofdzakelijk gefinancierd door Rijkswaterstaat, is deels uitgevoerd op het terrein van Deltares in Delft (2020 en 2021). De weerstand wordt op beide locaties met name gemobiliseerd in de Kreftenheye-formatie (Pleistocene zandlaag). De conusweerstand in Delft zijn beduidend lager dan op de Maasvlakte, waardoor de afhankelijkheid van de resultaten hiervan kan worden beoordeeld en mogelijk verder vertaald naar andere locaties. Er is besloten om de tweede serie gefaseerd uit te voeren. In de eerste fase (2020) zijn geheide prefab-betonpalen beproefd. De restspanningen als gevolg van paalinstallatie zijn hierbij betrouwbaar gemeten. De palen zijn over de gehele lengte geïnstrumenteerd met glasvezels om een gedetailleerd beeld te krijgen van de krachtsverdeling in de paal. Verder worden ook eventuele verouderingseffecten (“ageing” / ”pile set-up”) onderzocht.



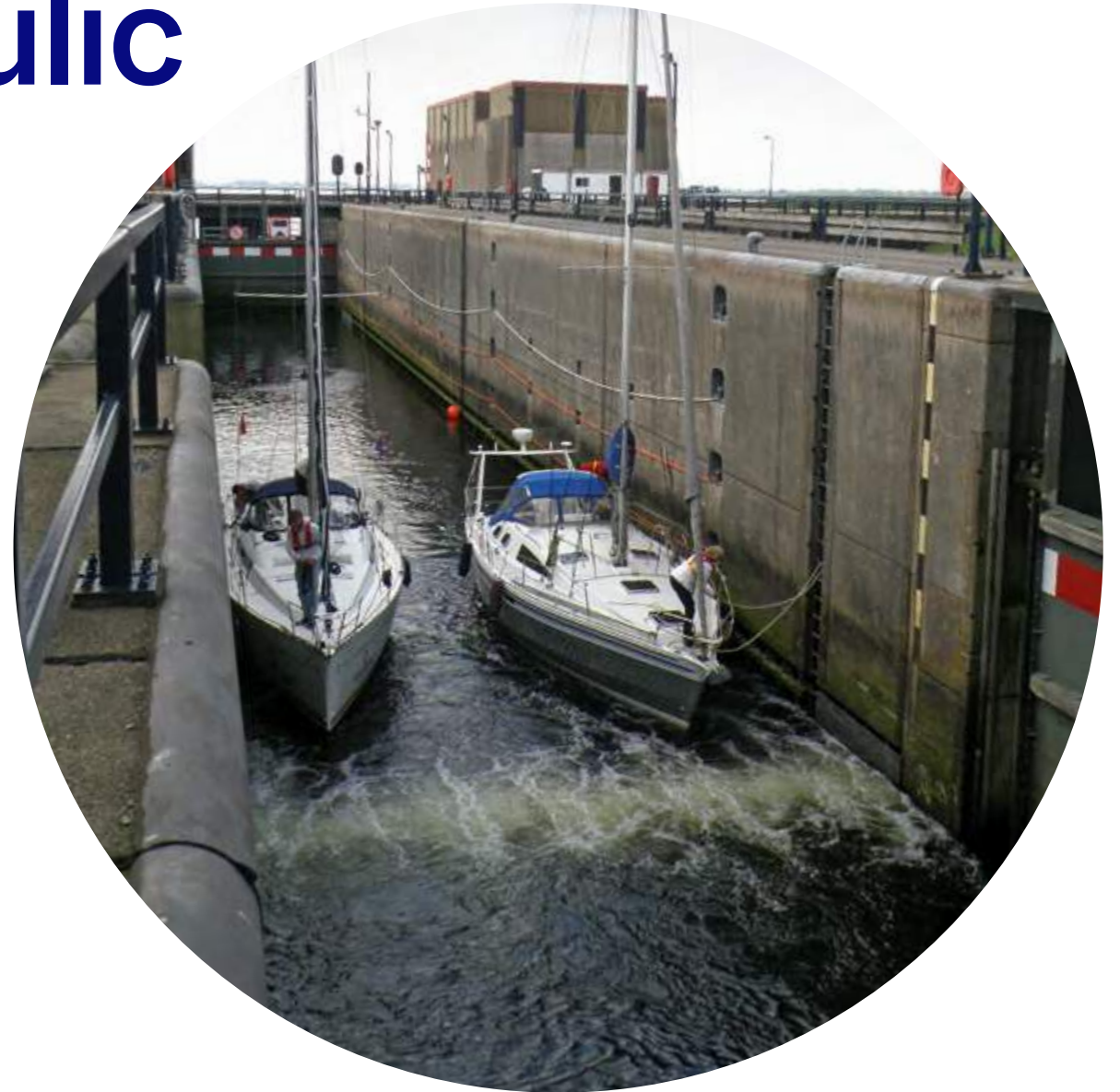
Replacement and Renovation of Hydraulic Infrastructure

Doel en relevantie van het programma

Vervanging en renovatie van (natte) infrastructuur zoals bruggen, sluisen en kunstwerken vormt een zeer belangrijk onderdeel in de vraagsturing en kennisagenda's vanuit RWS en de Waterschappen. Ook voor allerlei andere beheerders van infrastructuur in Nederland en het buitenland spelen vragen. Verouderde infrastructuur wordt op allerlei plaatsen gevonden en vervanging of renovatie kunnen tot grote maatschappelijke kosten en gevolgen leiden. Denk daarbij niet alleen aan het niet kunnen openen of sluiten van een brug (waardoor scheepvaart of wegverkeer een andere route moet kiezen) maar ook aan problemen bij bijvoorbeeld rioleringen, drinkwatervoorziening, sluisen, stuwen en mogelijk zelfs stormvloedkeringen. Het gaat daarbij niet alleen om het einde van de technische levensduur van infrastructuur ("het doet het niet meer"), maar ook om het einde van de functionele levensduur ("het kan het niet meer") en het einde van de economische levensduur ("het is goedkoper om het te vervangen").

In 2018 is Deltares in het kader van de Kennisimpuls gestart met het programma Vervangingsopgave. In 2019 en 2020 is dat voortgezet in het Deltares onderzoeksprogramma Vervanging en Renovatie, door verdere focus aan te brengen in de activiteiten en door een betere afstemming met andere projecten. Zo is de afstemming met het Kennisprogramma Natte Kunstwerken verbeterd, en is afstemming ontstaan met Robamci. Vanaf 2021 zal strategisch onderzoek rond de vervanging en renovatie van infrastructuur worden voortgezet in de nieuwe onderzoeksprogrammering van Deltares.

[Lijst van output](#)



Project 1

Zoutindringing bij zeesluizen

Zoutindringing bij zeesluizen vormt een probleem voor de zoetwaterbeschikbaarheid in het achterland, en ook voor de krachten op schepen in die sluisen als gevolg van de dichtheidsgolven. Naarmate de zeespiegel stijgt, het aantal schuttingen toeneemt (door groter aanbod van schepen), of de afvoer afneemt door klimaatverandering, zal de zoutindringing toenemen. Daardoor kan het functioneren van de zeesluis in het gedrang komen. Deltares heeft in het kader van het SO Vervangingsopgave op twee manieren gewerkt aan deze problematiek.

Ten eerste heeft de ontwikkeling van de Zeesluisformulering geleid tot een nieuw analysegereedschap waarmee de consequenties van de operatie van de sluis kan worden vertaald in een zoutbelasting van het achterliggende (zoet)watersysteem. Het gereedschap plus een handleiding is beschikbaar en in 2021 zal worden gewerkt aan de verdere operationalisering van het gereedschap in nauwe samenwerking met het beheer en onderhoud van de hydraulische modellen.

Ten tweede heeft Deltares – met dr. Tom O'Mahoney als voorzitter – een essentiële bijdrage geleverd aan het PIANC rapport WG 198 Salt intrusion mitigations and technologies for inland waterways. Dit rapport vormt een belangrijke bron van informatie over zoutindringing voor het beheer en onderhoud, alsmede de vervanging, van zeesluizen.

Project 2

Bodembescherming bij stuwen

Een aantal stuwen op de Maas zal in de komende periode aan vervanging toe zijn. RWS werkt momenteel al aan de voorbereiding van de vervanging van de stuw bij Grave. Een belangrijk issue bij het ontwerp van de stuw heeft betrekking op de bodembescherming benedenstrooms van de stuw. Immers, de hoge stroomsnelheid van het water, en de turbulentie van dat water, benedenstrooms van de stuw kan leiden tot erosie van de bodem en kan daarmee de stabiliteit van het stuwcomplex in gevaar brengen. Hetzelfde is mogelijk wanneer bij een stormvloedkering zeewater over de kering stroomt en de bodembescherming aan de binnenzijde zou kunnen aanvallen.

Om deze processen te beschrijven waren tot voorheen geen eenvoudig toepasbare vuistregels beschikbaar. Op basis van een theoretisch model is in het kader van het Strategisch onderzoek een analyse op-

gesteld van de relevante processen en parameters die een rol spelen bij de inschatting van de stroomsnelheid aan de bodem (en daarmee de krachten op de bodemverdediging). In schaalproeven met een stuw zijn de stroomsnelheden gemeten bij verschillende waterstanden en afvoeren. Voor de metingen zijn verschillende meetmethodes toegepast, zoals PIV-metingen en metingen met luchtbellen. Daarnaast is een numeriek model (CFD) ontwikkeld om de processen te beschrijven.

De verschillende meetgegevens en modelresultaten zijn vergeleken met de resultaten van het theoretische model, en daaruit is een generieke vuistregel opgesteld. Deze vuistregel kan in de toekomst worden gebruikt bij het ontwerp van nieuwe stuwen, zoals die op de Maas. Voor 2021 is een wetenschappelijke publicatie voorzien waarin deze vuistregels zullen worden beschreven.



Resilient Infrastructure

Doel en relevantie van het programma

Vitale infrastructuur vormt de ruggengraat van de maatschappij. Alleen met een betrouwbare en veilige infrastructuur kan de maatschappij zich verder ontwikkelen. De eisen vanuit de maatschappij nemen bovendien alleen maar toe.

Het programma Resilient Infrastructure beschouwt de robuustheid en veerkracht van infrastructuur-netwerken en hoe dit de klimaatbestendigheid en veerkracht van de maatschappij beïnvloedt. In het programma worden tools en methodes ontwikkeld om risico's van falende kritieke infrastructuur-netwerken in beeld te brengen, te evalueren en handelingsperspectieven te ontwikkelen. Voor dit doel is gewerkt binnen 4 programmalijnen.

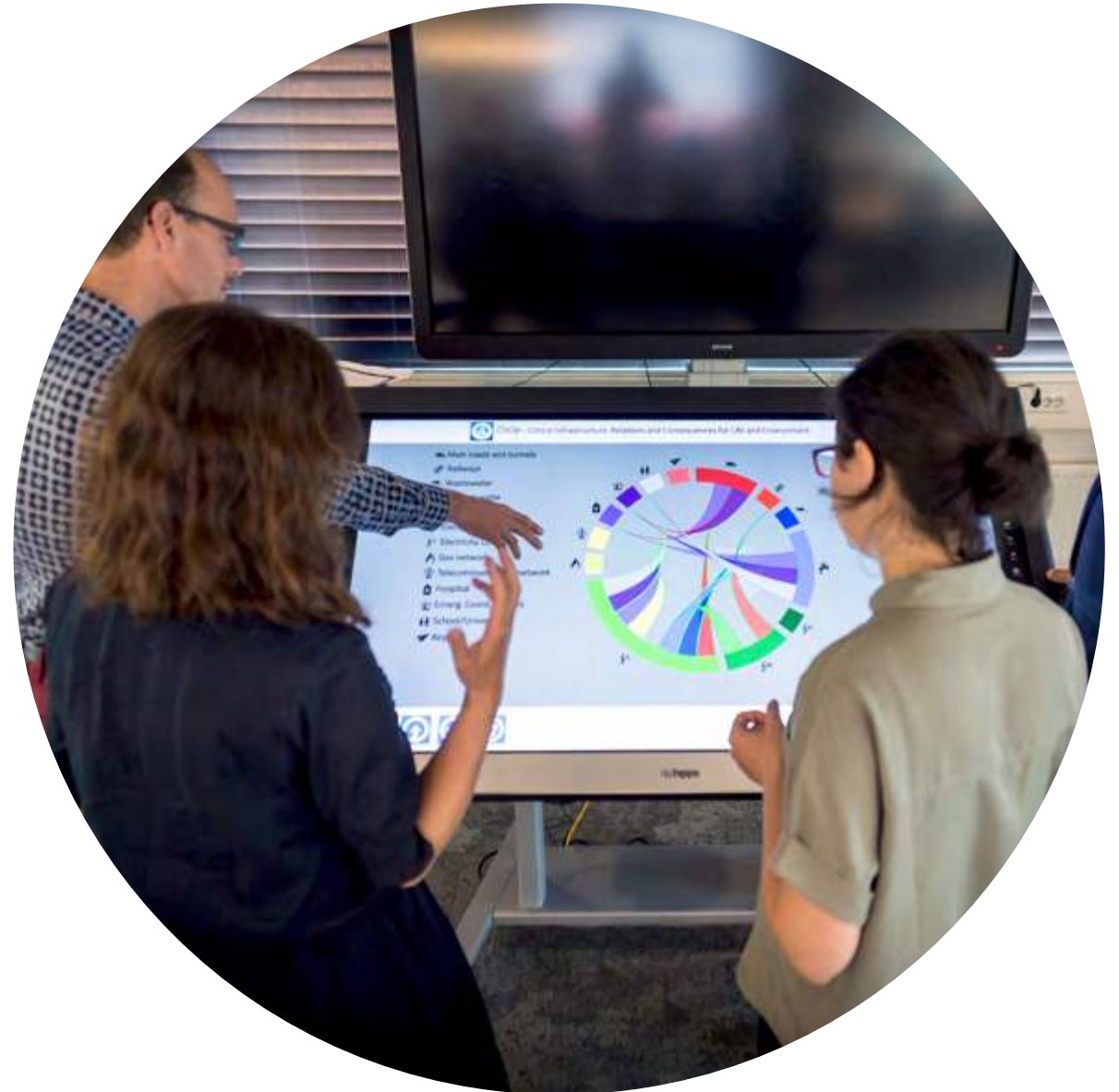
Allereerst zijn gereedschappen ontwikkeld om systeem- en criticality analyses van infrastructuurnetwerken mee uit te voeren. Hiermee wordt inzicht verkregen hoe falen van infrastructuur leidt tot schade voor de maatschappij. Deze ontwikkeling maakt het mogelijk om keteneffecten steeds meer kwantitatief door te rekenen.

Ten tweede zijn de beschikbare tools RA2CE, RI2DE en Circle geëvalueerd op inzetbaarheid voor probleemeigenaren. De RA2CE (Risk Assessment and Adaptation of Critical infrastructureE) tool is verder ontwikkeld. Verschillende losstaande modules zijn aan elkaar gekoppeld voor de bepaling van directe en indirecte impacts, alsmede voor prioritering van hotspots. De RA2CE tool heeft daarmee een centrale plaats in het kennismanagement van het programma.

Ten derde zijn stappen gezet om een aanpak en gereedschappen te ontwikkelen die overheden en infra-beheerders helpt met het bieden van een handelingsperspectief. Onzekerheden kunnen nu middels DMDU (Decision Making under Deep Uncertainty) technieken worden verkend.

Ten slotte is met succes onderzocht hoe de methoden en tooling, die voornamelijk zijn ontwikkeld om de veerkracht van vitale infrastructuur in beeld te brengen, ook gebruikt kunnen worden in noodsituaties middels toepassing van forecast based emergency management.

[Lijst van output](#)



Project 1

Schade door uitval van weginfrastructuur

Vanuit het Europese project COACCH en het programma ‘Resilient infrastructure’ zijn nieuwe methoden ontwikkeld voor het bepalen van directe en indirecte schade door de uitval van weginfrastructuur. Met een nieuw object-gebaseerd schademodel is op hoge resolutie de overstromingsschade door rivieroverstromingen voor alle Europese wegen bepaald, van alle grote snelwegen tot de kleine steegjes in een binnenstad. Bovendien is onderzocht hoe dit risico zich zal ontwikkelen in verschillende klimaatscenario's. De grootste vernieuwing is dat deze analyse gekoppeld kan worden aan de indirecte effecten die optreden bij wegverstoringen, zoals verminderde bereikbaarheid en langere reistijden tijdens een overstroming.

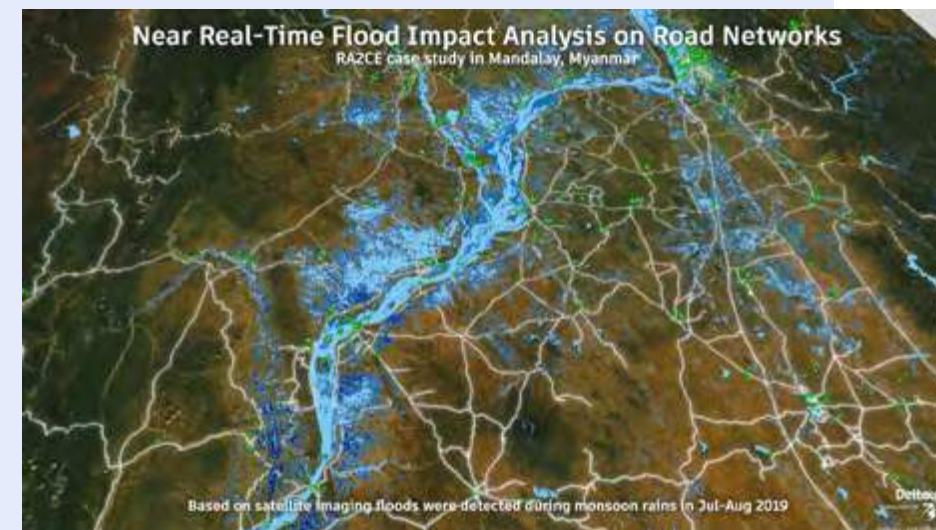
Op drie verschillende schaalniveaus is onderzocht welke indirecte effecten kunnen optreden bij het overstromen van Europese wegen. Allereerst is de robuustheid van het wegennet van verschillende Europese landen onderling vergeleken. Hierbij is bijzondere aandacht besteed aan combinaties van overstromingen die samen lijden tot disproportioneel grote verstoringen: zogenoemde ‘zwarte zwaan’ gebeurtenissen. Vervolgens zijn deze meest extreme gebeurtenissen voor Oostenrijk in detail doorgerekend met behulp van het verkeersmodel van de nationale wegbeheerder. Tenslotte is ingezoomd op de bevoorradingsketen van één specifieke autofabrikant: dit is een sector die bijzonder gevoelig is voor verstoringen door de specifieke ‘just-in-time-delivery’ strategie. Deze technieken zijn vervolgens ook toegepast in andere projecten. In Myanmar zijn ze gecombineerd met real-time overstromingsinformatie die gebruikt wordt om de bereikbaarheid van ziekenhuizen gedurende een ramp te monitoren. Voor een studie in

Florida was aandacht voor de bereikbaarheid van ziekenhuizen, havens, luchthaven en bedrijven, met als doel de klimaatbestendigheid van het netwerk te vergroten. Tot slot is voor Rijkswaterstaat een detailstudie uitgevoerd naar de impact van regionale overstromingen op het wegennet. Hierbij zijn in hoog detail zowel de directe wegschade als de indirecte schade door verkeersverstoringen bepaald. Al deze functionaliteit is gebundeld in tool RA2CE: Risk Assessment and Adaptation for Critical InfrastructureE.

Project 2

Near-Real-Time flood impact analysis on road networks

The world is changing due to climate change, affecting uncertainty regarding flood risk. For emergency response management, this means there is a strong need to quickly analyze the impact of floods on communities and their infrastructural networks. Traditional flood risk studies often focus on direct economic impact, such as property damage or agricultural loss. However, the impact of floods is not limited to these direct damages. Cascading effects, such as access to healthcare and infrastructure accessibility can be impacted by flooding and are vital components for efficient emergency response management. In this pilot project we successfully demonstrated the added value of combining satellite-based flood mapping and network criticality in the Mandalay region in central Myanmar. This region was severely affected by flooding after heavy monsoon rains in 2019. Many regions in the world are affected by this type of floods every year, resulting in large scale evacuations and limited access to health care. During



these type of events, the transportation network is one of the most crucial parts of emergency response, as it is used for the delivery of goods, evacuation and deployment of emergency healthcare. The core of this project is a combination of the HYDROlogic Remote sensing Analysis for Floods (HYDRAFloods) tool, a near-real-time flood mapping and monitoring system, and the Risk Assessment and Adaptation for Critical InfrastructureE (RA2CE) framework which was used to analyze the redundancy of the infrastructure network and to quantify cascading impacts of hazards such as the road accessibility, the accessibility to medical services, and the number of people that was disconnected from healthcare during the 6 weeks of flooding. With this Proof-Of-Concept, we show the possibilities of earth observation data for critical infrastructure assessment in operational services and can aid emergency response directly after an event. By utilizing global earth observation products and open global data, the tool is easily scalable to anywhere in the world.

Adaptive Governance and Finance

Doel en relevantie van het programma

In het programma Adaptive Governance en Finance werkt Deltares aan het verbinden van kennis over het maatschappelijke, institutionele systeem met kennis over het fysieke systeem, met en voor de praktijk. Deze transdisciplinaire werkwijze is essentieel om de complexe maatschappelijke opgaven - 'wicked problems' - rond klimaatadaptatie (zoals bodemdaling en droogte) te kunnen aanpakken. In het programma Adaptive Governance and Finance werkt Deltares - door het inzetten van de voor de vraagstukken relevante kennis - zodoende als een katalysator ten aanzien van de maatschappelijke en beleidsmatige aspecten van klimaatadaptatie. Met het programma zorgen we ervoor dat strategieën en maatregelen gericht op klimaatadaptatie - en daaraan gerelateerde thema's - financieel, institutioneel en maatschappelijk duurzaam zijn met oog voor de verschillende contexten vanuit landen, regio's en gebruikers.

[Lijst van output](#)



Project 1

Closing the Implementation Gap

In het *Financing Framework for Water Security (FFWS)* gaat het om ontwikkeling, toepassing en validatie (8 cases in 7 landen op 3 continenten) van methodologie om de implementatiekloof van waterveiligheidsstrategieën- inclusief Nature-based Solutions - te dichten, door strategische planning en investeringsplanningsfasen te overbruggen. Een belangrijk product is de publicatie van het EU H2020 Handboek voor de implementatie van NBS voor waterzekerheid: richtlijnen voor het ontwerp van een implementatie- en financieringsarrangement.

De FFWS kan afzonderlijk of in combinatie met het Framework of Analysis voor IWRM en de CRIDA-methodologie voor adaptatieplanning worden gebruikt. Dit is door de EU beoordeeld als een zeer belangrijke niche en cruciale leemte voor de uitvoering van de EU Green Deal en is een essentiële bijdrage aan de EU NBS Roadmap en het EC-EIB InnovFin initiatief. Dit werk is gepubliceerd en gecommuniceerd via meerdere publicaties en webinars.

Om plannen en projecten toegang te geven tot fondsen, moet er eerst een goede analyse van een investment case worden gemaakt. Dit gaat verder in de richting van de volledige business case: strategische, economische, maar ook commerciële, financiële en managementcases. Per maatregel is een uitvoeringsregeling vereist. Gebruikmakend van systeemanalyse en collaboratieve modelleringstechnieken samen met New Institutional Economics principes, maakt de FFWS een proces van transdisciplinaire samenwerking mogelijk dat de (infrastructuur) financieringsgemeenschap, de water sector en de voorstanders

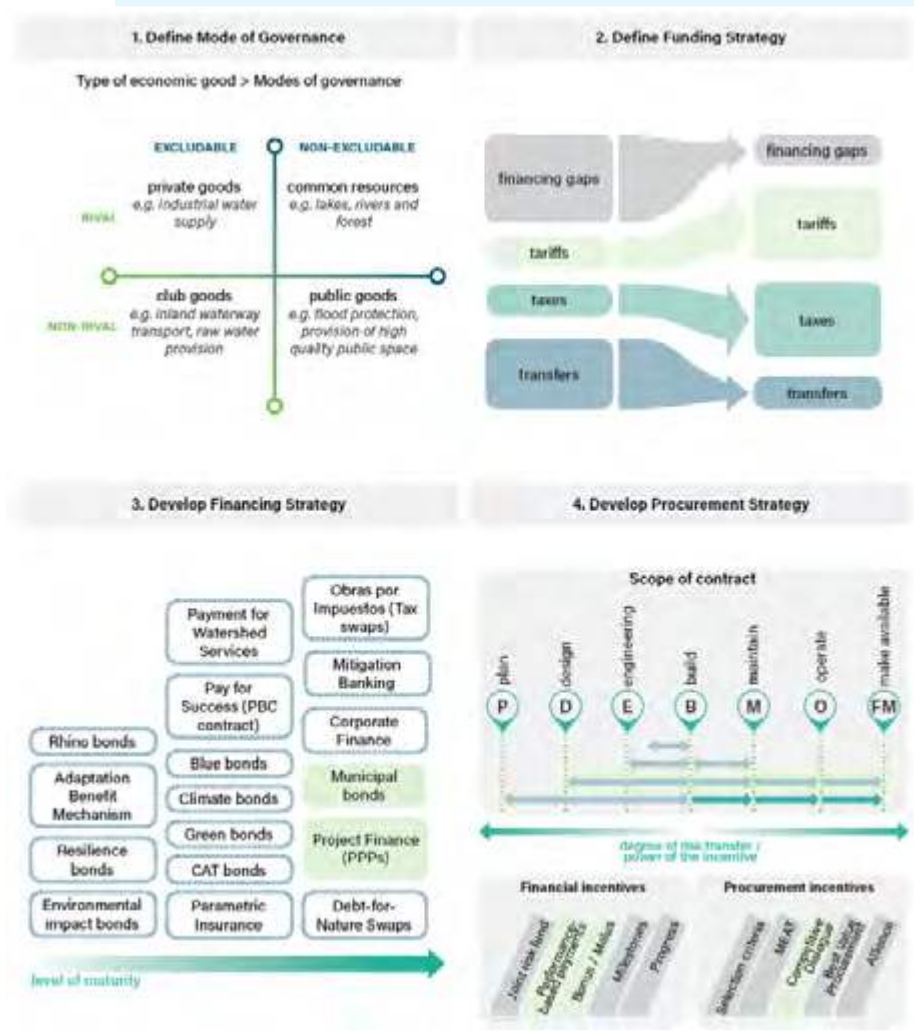


Figure 1. Financing Framework for Water Security steps to design an implementation and financing arrangement

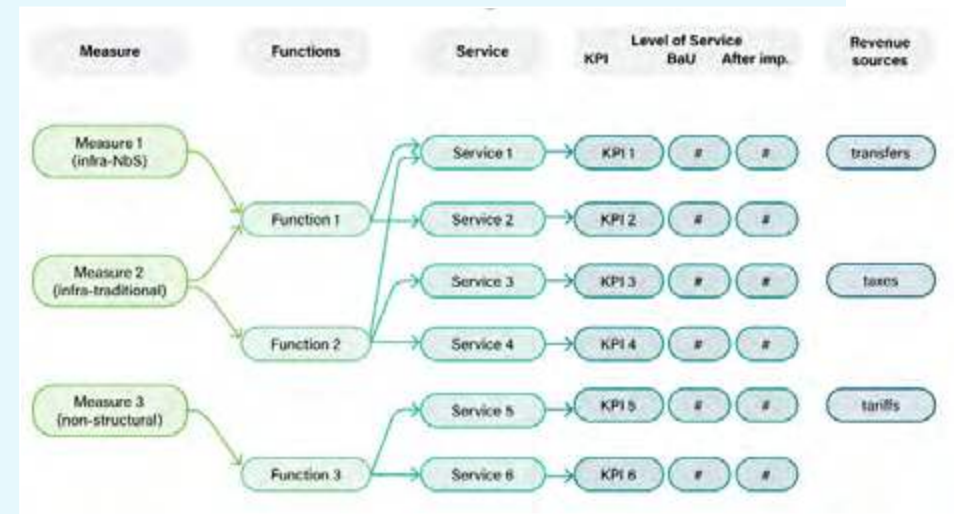
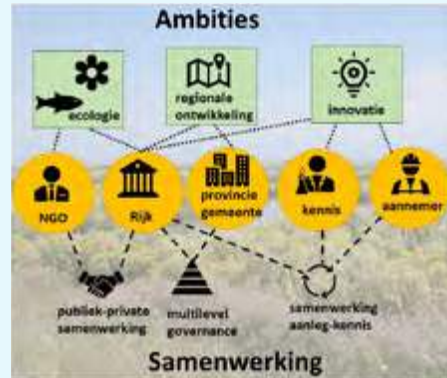


Figure 2. Hybrid project clusters and hierarchy of functions (Source: Handbook for Implementation of NBS for Water Security, Altamirano et. al, Forthcoming)

van NBS betreft bij het ontwerpen van geschikte project-oplevering en financieringsregelingen. Het proces betreft alle publieke, private en maatschappelijke belanghebbenden die nodig zijn voor inclusieve en duurzame implementatie. Deze betrokkenheid maakt de vertaling mogelijk van strategische aanpassings- en waterveiligheidsplannen tot duidelijk gefaseerde hybride infrastructuurclusters. Deze clusters kunnen worden opgenomen in publieke of private investeringsplanningsprocessen en worden vertaald in financieel haalbare en betaalbare afspraken die gebruik maken van een blended finance-benadering (financiering door meerdere stakeholders). De vier hoofd fasen van het projectvoorbereidingsproces voor de ontwikkeling van investeringsprojecten (NBS) voor waterveiligheid, worden weergegeven in figuur 1.

Project 2

Innovatieve governance voor Building with Nature, Lessen uit het Marker Wadden project



Eind 2020 is de aanleg van Marker Wadden afgerond. De Marker Wadden is een project waarin de ambities voor ecologisch herstel, ruimtelijke ontwikkeling en kennisontwikkeling samenkomen. Dat is niet vanzelfsprekend, en het project kenmerkt zich

dan ook door een innovatieve samenwerking tussen de Rijksoverheid en Natuurmonumenten, tussen verschillende overheidslagen en tussen het projectteam en kennisinstituten. Vanwege deze unieke structuur is onderzoek gedaan door Deltares, Erasmus Universiteit Rotterdam en Wageningen Environmental Research naar de beleidsmatige aspecten van het project Marker Wadden om zo lessen te trekken voor toekomstige projecten, waaronder Marker Wadden fase II, met betrekking tot de te volgen governance-aanpak.

Marker Wadden is een mooi voorbeeld waarin ambities voor ecologie, ruimtelijke ontwikkeling en kennisontwikkeling nauw met elkaar verbonden zijn. De samenwerkingsverbanden die dit heeft opgeleverd tussen overheden, private partijen en kennisinstituten dienen als inspiratie voor toekomstige projecten in de grote wateren. Het Project Marker Wadden geeft hiervoor een aantal lessen, die kunnen bijdragen aan toekomstige nationale

waterprojecten en zo aan het realiseren van ambities voor onze Rijkswateren.

Innovatieve elementen uit de toegepaste governance-aanpak om de ambities te koppelen zijn het vormgeven van goede randvoorwaarden voor samenwerking tussen de Rijksoverheid en private partijen (PPS); door ruimtelijke (socio-economische) ontwikkeling op te nemen in de projectdoelen, konden naast de Rijksoverheid ook provincies en gemeenten aansluiten bij het project en bijdragen aan de financiering en het ontwikkelen van verschillende soorten kennis.

De verschillende actoren hebben ook drie elementen benoemd die minder succesvol waren, en die verbeterd kunnen worden in toekomstige projecten. Ten eerste zou de samenwerking tussen de Rijksoverheid en private partijen uiteindelijk ook mogelijk moeten worden voor 'mainstream' (water)projecten en niet alleen voor pilots als project Marker Wadden. Om dat te bereiken moeten de standaardprocedures voor projectmanagement van grote (water)infraprojecten bij de Rijksoverheid worden aangepast of aangevuld, zodat de juiste randvoorwaarden voor deze samenwerking aanwezig zijn. Een tweede leerpunt was dat het betrekken van meerdere overheidsdepartementen en -lagen nodig was omdat financiële bijdragen uit het bedrijfsleven en de Europese Unie grotendeels uitbleven. Een belangrijke les is daarom dat steun vanuit bedrijven en Europa niet vanzelfsprekend is en dat er alternatieve plannen moeten zijn voor financiering. Als derde punt geldt dat het vervlechten van aanleg en kennisontwikkeling niet vanzelfsprekend is en bij de Marker Wadden leidde dit tot frustratie bij verschillende partijen. Bij het opzetten en uitvoeren van nieuwe projecten is het daarom van belang om bij alle partijen te inventariseren wat zij willen leren van het project, hoe ze deze kennis-

ontwikkeling vorm willen geven, wie dit financiert en hoe de afspraken over kennisontwikkeling worden opgenomen in de projectscope.

Het combineren van meerdere ambities in één project is belangrijk om de uitdagingen in grote wateren rondom ecologie, regionale ontwikkeling en kennisontwikkeling aan te gaan. Maar het brengt ook uitdagingen met zich mee op het gebied van projectorganisatie en governance. Het is belangrijk om ervaringen en leerpunten te verzamelen en te delen over verschillende projecten, initiatieven en de kennis die over (innovatieve) governance beschikbaar is. Marker Wadden fase I biedt deze elementen.



Climate Change Adaptation

Doel en relevantie van het programma

Nederland en andere delta's en laaggelegen gebieden kunnen de komende decennia en eeuwen de ingrijpende impact van klimaatverandering ondervinden in de vorm van zeespiegelstijging, een toename van zoutindringing en extreme condities en verandering in rivierafvoeren en neerslagpatronen. Dit scala aan veranderingen maakt het wenselijk om inzicht te hebben in wanneer en met welke mate condities veranderen. Daarnaast moet er bestudeerd worden hoe Nederland en andere landen zich kunnen aanpassen aan deze optredende veranderingen en welke oplossingsrichtingen er zijn.

De missie van dit programma is “het ontwikkelen van kennis hoe delta's leefbaar gehouden kunnen worden in het licht van onzekere klimaatverandering, zeespiegelstijging en ruimtelijke ontwikkelingen ter ondersteuning van beleidsvorming en lange termijn investeringen.”

Om deze missie te bereiken zijn er een aantal activiteitenclusters geformuleerd:

- Een analyse van de volledige klimaatverandering-effect keten: het vaststellen van verandering in relevante drivers (zoals zeespiegelstijging, golven en hydrologie) en de impact hiervan op het natuurlijk systeem (overstromingen, erosie, droogte), infrastructuur, maatschappij en adaptatie maatregelen.
- Het ontwikkelen van adaptatie maatregelen die delta's onder klimaatverandering en zeespiegelstijging leefbaar houden. Het identificeren van omslagpunten, adaptatiepaden en signalen die adaptatie noodzakelijk maken.
- Het bestuderen van oplossingsrichtingen voor deze toekomstige condities en welke maatregelen en beslissingen er nodig zijn om oplossingsrichtingen in de toekomst open te houden.
- Het duiden en communiceren van de impacts van klimaatverandering op delta's en Nederland.

[Lijst van output](#)



Project 1

Aanpassen aan zeespiegelstijging

Aanpassen aan zeespiegelstijging is wereldwijd een belangrijke opgave in kustgebieden. Onzekerheden over zeespiegelstijging maken het lastig om te bepalen wanneer en hoeveel aanpassing nodig is. In dit project zijn twee belangrijke vragen opgepakt. Wanneer kunnen we een bepaalde zeespiegelstijging of stijgsnelheid verwachten onder verschillende mogelijke scenario's? Wat betekenen de mogelijke gevolgen van zeespiegelstijging voor de inzet en betrokkenheid op het gebied van adaptatie wereldwijd?

Samen met NIOZ zijn eerst 78 projecties geanalyseerd en gegroepeerd in 7 zeespiegelstijging-families. Dat helpt beslismakers inzicht te krijgen in het woud aan projecties die er bestaan en welke projecties te gebruiken afhankelijk van het doel van de analyse. Vervolgens hebben we gekeken wanneer een stijging of stijgsnelheid grens wordt overschreden. Daarna wordt geanalyseerd en besproken wat dit betekent voor adaptatie. Een stijging tot 50 cm komt bijvoorbeeld terug in alle zeespiegelstijging-families, en de periode waarbinnen deze stijging wordt overschreden is niet heel groot. Voor hogere zeespiegelstijgingen is de periode langer en onzekerder. Afhankelijk van de levensduur en flexibiliteit van een adaptatie-optie kan dan besloten worden of deze mate van stijging al meegenomen moet worden in de huidige adaptatiemaatregelen.

Wereldwijd leeft ongeveer 11% van de bevolking in een zone die tot 10 m boven de zeespiegelstijging ligt. Deze zones lopen potentieel het risico om geraakt te worden door overstromingen uit zee. In deze studie hebben we gekeken wanneer, waar en in welke mate mensen niet meer beschermd zijn tegen overstroming vanuit zee en wat dit betekent voor adaptatie. Sommige regio's moeten al in

de komende 20 jaar aangepast zijn omdat mensen niet meer beschermd zijn tegen overstroming vanuit zee. Andere regio's hebben meer tijd, maar hebben te maken met een abrupte verandering van het aantal mensen dat niet meer beschermd zijn. Die regio's moeten tijdig beginnen of zich voorbereiden op een snelle aanpassing later.

Project 2

Shifting Extremes: Verschuiving van extreme waterstanden door zeespiegelstijging

De sterkte van waterkeringen wordt vaak gebaseerd op de intensiteit van een extreme conditie gegeven een gekozen herhaalfrequentie. Door zeespiegelstijging zullen extreme waterstanden vaker optreden en worden de extreme waterstanden gegeven een bepaalde herhaalfrequentie hoger. Voor reeds gebouwde kustverdediging wordt de kans dat het ontwerppeil optreedt groter. Zo kan aan het eind van deze eeuw, op locaties rond de evenaar, de waterstand die momenteel hoort bij een eens in de 100 jaar gebeurtenis een jaarlijkse maximale waterstand worden. Als er regionale getijdestation data beschikbaar is, kan op basis daarvan een analyse in de verschuiving van herhaaltijden gemaakt worden. Veel landen en regio's beschikken echter niet over deze waterstandmetingen.

In het project "Shifting Extremes" is een rekentool ontwikkeld waarmee berekend kan worden hoe de extreme waterstanden wereldwijd veranderen ten gevolge van de regionale verandering in zeespiegelstijging onder 2 verschillende klimaatscenario's (RCP4.5 en RCP8.5) in 2040, 2055 en 2090. Het gebruik van het wereldwijde Global Surge and Tides Model (GTSM) maakt het mogelijk om deze

analyses met een wereldwijde dekking te berekenen. In de reken-tool kunnen verschillende statistische fits toegepast worden, omdat de verdeling van extreme waterstanden niet overal op de wereld hetzelfde is. Zo kan door stormopzet het waterpeil langs de Nederlandse kust flink fluctueren, terwijl het waterpeil langs sommige tropische kusten een zeer geringe variatie kent. Deze studie laat ook zien dat er regio's zijn waarin het toekomstige ontwerppeil gedomineerd wordt door zeespiegelstijging, terwijl in andere regio's stormcondities leidend blijven voor toekomstige ontwerpcondities.



Project 2 How are European Countries Preparing for Sea Level Rise? McEvoy et al. 2021. Samenvattende kaart: De bevolking in 2020 die in de laaggelegen kustzone woont, de hoeveelheid zeespiegelstijging die meegenomen wordt in beleidsplannen op verschillende tijdshorizonnen, welk type planning wordt gebruikt, welke klimaatveranderingsscenario's worden gebruikt bij zeespiegelstijgingsplanning en of onzekerheid worden meegenomen. De mate van zeespiegelstijging en tijdshorizonnen weerspiegelen nationale richtlijnen, op lokaal of project-niveau kan dit anders zijn.

Urban Resilience

Doel en relevantie van het programma

Het programma Urban Resilience heeft drie hoofddoelen gekoppeld aan drie onderzoeklijnen.

Lijn 1 is: **Systeembegrip en -verbetering door integrale modellering en analyse.** Klimaatveranderingen vergroten de kwetsbaarheid van steden. Om risico's te verminderen, steden leefbaar te houden en andere opgaves (woningbouw, bereikbaarheid, energietransitie, enzovoort) te behalen zijn grote investeringen noodzakelijk. Besluitvormers hebben informatie nodig over de mogelijke strategieën om steden leefbaar te houden en de bijbehorende kosten en baten. Het doel is het ontwikkelen en gebruiken van combinaties van tools en modellen om inzicht te krijgen in de werking en verandering van het water- en ondergrondstelsel in relatie tot de stedelijke functies. Door de kwetsbaarheden en risico's te kwantificeren evenals de kosten en baten van maatregelen, kan bepaald worden welke interventies (maatregelen) het meest effectief zijn. Impact: integrale modellering/analyse → systeembegrip → effectievere maatregelen/stedelijke waterinfrastructuur → vermindering van de risico's als gevolg van klimaatveranderingen.

Lijn 2 is: **Klimaatbestendigheid door ontwikkelingen af te stemmen op het water- en ondergrondstelsel.** Om duurzame maatregelen te implementeren, moeten de maatregelen worden afgestemd op de lokale omgeving, de belanghebbenden en de behoeften van de bevolking. Het doel is het selecteren en plannen (in ruimte en tijd) van betaalbare maatregelen die in harmonie zijn met de eigenschappen van het water- en de ondergrondstelsel in de stad. Gestreefd wordt naar sociaaleconomische voordelen (o.a. gezondheid) en het vermijden of compenseren van negatieve effecten op gemeenschappen. Impact: Het toepassen water- en ondergrond-informatie in de integrale, multisectorale planning en besluitvorming.

Lijn 3 is: **Het faciliteren van "showcases" van effectieve maatregelen door middel van metingen en monitoring.** Er bestaan veel concepten die worden toegepast om steden veerkrachtiger te maken, maar de effectiviteit hiervan is niet altijd duidelijk/bewezen. Het doel is: Het leveren van prestatie-indicatoren en metingen die nodig zijn voor het beoordelen van het effect (de effectiviteit) van klimaatadaptatie maatregelen die gerelateerd zijn aan het water- en ondergrondstelsel. Met behulp hiervan kunnen de ontwerpspecificaties worden verbeterd en kunnen kengetallen van het effect van maatregelen worden geleverd voor modellen van stedelijke watersystemen (koppeling met lijn 1 en 2). Impact: verbeterde keuze en ontwerp van maatregelen → preventie van toekomstige problemen.

[Lijst van output](#)



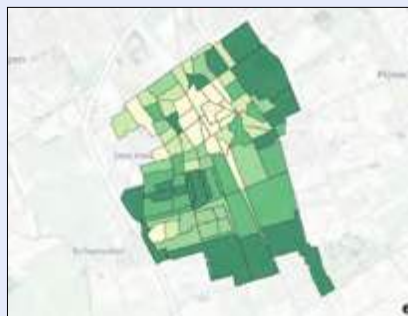
Project 1

Nationaal Kennis en innovatieprogramma Water en Klimaat -Klimaat bestendige stad (NKWK-KBS)

In het kader van het programma NKWK-Klimaat Bestendige Stad is in dit programma gewerkt aan zes onderzoeksthema's en leermodules. De onderzoeken waren gericht op:

- Het in beeld brengen van klimaatbestendigheid en de ontwikkeling daarvan in de tijd (Monitoring Lokale Klimaatbestendigheid). Hiervoor is een prototype applicatie gebouwd om de klimaatbestendigheid van Apeldoorn en Delft in beeld te brengen.
- Het in beeld brengen van de gevolgen van klimaatverandering in stedelijk gebied (KlimaatSchadeSchatter, Stedelijke Waterkwaliteit, Vitale en Kwetsbare Functies). De schadeschatter bundelt de kennis over de kosten van klimaatverandering en geeft een schatting van de schade door hitte, droogte en wateroverlast. Stedelijke Waterkwaliteit gaat in op de effecten van de klimaatveranderingen en mitigerende maatregelen op de waterkwaliteit in de stad. Vitale en Kwetsbare Functies ontsluit kennis en informatie over de analyse en bescherming van Vitale en Kwetsbare functies voor de leefbaarheid van de stad.
- Het verkennen van maatregelen en kansen (Toolbox Klimaatbestendige Stad, Sociale Veerkracht). De Toolbox is dit jaar verder uitgebreid met functionaliteit en de mogelijkheden neerslaginfiltratie in de ondergrond van stedelijk gebied is landsdekkend gekarteerd. Dit is een waardevolle informatiebron die in de Toolbox kan worden gebruikt. Het onderdeel Sociale veerkracht onderzocht hoe we de wisselwerking tussen klimaatadaptatie, leefbaarheid en sociale veerkracht beter kunnen begrijpen en benutten.

- De leermodules (Governance en Participatie) waren gericht op:
- Het adresseren van kansen, barrières en vragen rond governance, participatie en co-creatie, zodat de implementatie van klimaatadaptatiemaatregelen en beleid zo efficiënt en effectief mogelijk verloopt.
 - Het delen van ervaringen van de “koplopers” in klimaatadaptatie met het “middenveld”, om zo de implementatie van klimaatadaptatie te versnellen.
 - Het inventariseren van de stand van zaken rond adaptatie: wat lukt al goed en waar hapert het nog?



Project 1, Voorbeeld monitoring lokale klimaatbestendigheid

De onderzoeken zijn uitgevoerd samen met de beoogde gebruikers (gemeente, waterschappen en provincies) en in samenwerking met andere kennisinstellingen en adviesbureaus. De resultaten worden ontsloten via het Kennisportaal Klimaatadaptatie (www.klimaatadaptatienederland.nl)

Project 2

‘gegevens van burgers voor modelvalidatie’, ‘citizen data for model validation’

Een cruciaal onderdeel bij het bouwen en gebruiken van hydraulische modellen is de modelvalidatie: het controleren van modeluitkomsten met daadwerkelijk opgetreden wateroverlast- of overstromings-situaties. Idealiter gebeurt dit op basis van nauwkeurige metingen,

maar deze zijn lang niet altijd en overal beschikbaar. Foto's van situaties zijn echter ook zeer bruikbaar voor validatie, maar dan moet wel bekend zijn waar en wanneer foto's genomen zijn, en moet van de foto de opgetreden waterdiepte afgeleid kunnen worden.

In dit project is een mobiele applicatie ontwikkeld om tekst en foto's van overstromingen te verzamelen. Daarnaast kunnen gebruikers aanvullende informatie uploaden die bijdraagt aan de analyse van een overstromingssituatie. Er wordt onder meer gebruik gemaakt van een webbased GIS platform, waarvan de schaalbaarheid en overdraagbaarheid eenvoudig is. Dit vergemakkelijkt het verdere gebruik van de data.

Ten aanzien van het uploaden van foto's en tekst, moet de tool voldoen aan de (Europese) AVG/GDPR-standaarden. Dit bleek een aanzienlijke uitdaging die intensieve samenwerking tussen juristen en dataspecialisten vergde. De applicatie is klaar voor gebruik en vooralsnog in drie talen beschikbaar (Spaans, Frans, Bahasa Indonesia). Op korte termijn vindt toepassing plaats in twee onderzoeksprojecten.



Project 2, Screenshots van de citizen data for model validation app

Subsidence adaptation

Doel en relevantie van het programma

De missie van het bodemdalingsprogramma is om excellente kennis over bodemdaling te ontwikkelen, om zo het bewustzijn over bodemdaling te vergroten en hier een handelingsperspectief voor te geven. Het programma wil het maken van bewuste beslissingen over bodemdaling in kust- en deltazones faciliteren door de meest actuele feiten en kennis.

Om deze doelstelling te behalen wordt gewerkt aan:

- Het verkrijgen en vergroten van kennis op alle 6 M's aspecten van bodemdaling (zie figuur). De 6 M's zijn benoemd als Monitoren (M1), Mechanismen begrijpen (M2), Modelleren (M3), Maatschappelijke kosten-baten analyses (M4), Maatregelen (M5) en Monitoren van bodemdaling (M6)
- Een operationeel team van bodemdalingsexperts samenstellen die werken volgens het principe van een integrale aanpak: "van geologie naar beleid"
- Opereren in het gehele veld tussen fundamenteel onderzoek en toepassing, met een focus op beleidsvraagstukken.

De eerste onderzoekslijn concentreert zich op monitoren en meten van bodemdaling in veenweidegebieden. Ook de effectiviteit van het verhogen van grondwaterpeilen met behulp van onderwaterdrains op het beperken van bodemdaling wordt in deze onderzoekslijn gemeten. De tweede lijn onderzoekt het krimp-zwel gedrag van klei in relatie tot bodemdaling. De derde onderzoekslijn probeert zo nauwkeurig mogelijke voorspellingen van bodemdaling te maken, door middel van doorontwikkeling van de model suite Atlantis (voor ondiepe bodemdaling) en SUB-Cr (voor diepere bodemdaling door grondwateronttrekkingen, nu ook gekoppeld aan seawat in iMOD WQ). In de vierde lijn gaat het om het ontwikkelen van kwantitatieve modellen om schade aan huizen en funderingen te bepalen als onderdeel van een grootschalige kosten-baten-analyse. In de vijfde onderzoekslijn wordt een vergelijking gemaakt tussen de aanpak zoals die in verschillende gebieden in de wereld wordt gebruikt bij het vormen van beleid voor bodemdaling.

[Lijst van output](#)



Project 1

Tenth International Symposium on Land Subsidence (TISOLS)

TISOLS (Tenth International Symposium on Land Subsidence) is het vijfjaarlijkse symposium over bodemdaling van de UNESCO Land Subsidence International Initiative. Nederland, als lid van de UNESCO werkgroep, heeft de organisatie voor het symposium in 2020 toegekend gekregen. De organisatie van het symposium werd ondersteund door Deltares, in het bijzonder door het bodemdalingsteam. Het is belangrijk om mede dit soort bijeenkomsten te organiseren, omdat Nederland een omvangrijke bodemdalingsproblematiek kent en daarmee een verantwoordelijkheid heeft als onderdeel van een belangrijke internationale groep bodemdalingsonderzoekers. Dit geeft de mogelijkheid onze eigen resultaten te presenteren, feedback te ontvangen en geïnspireerd te worden door onderzoek uit andere landen.

Het symposium was gepland van 20 tot 24 april 2020. Helaas moest het symposium door de COVID-19 pandemie uitgesteld worden. Aanvankelijk was het uitstel tot 2021, maar inmiddels tot het moment dat de pandemie voorbij is. Desalniettemin is het wetenschappelijke boek, met daarin de ongeveer 10 conference papers met Deltares (co-)auteurs gepubliceerd en dit vormt een belangrijke output van het bodemdalingsteam van Deltares in 2020. Om een tekort aan wetenschappelijke discussie en communicatie door het niet doorgaan van het symposium te voorkomen is door het bodemdalingsteam en partners gewerkt aan een online symposium serie over bodemdaling.



Project 1 de 6M aanpak van bodemdaling. De 6 stappen laten zien op welke elementen onderzoek nodig is om tot goede besluitvorming te komen. MKBA= maatschappelijke Kosten baten analyse (Erkens & Stouthamer, 2020).

Project 2

Airborne LiDAR Rouveen

In het veenweidegebied in de buurt van Rouveen (Overijssel, NL) is de bodembeweging gemeten in de periode van november 2018 tot oktober 2020 met behulp van LiDAR vanuit de lucht. Gedurende in totaal acht meetcampagnes is de hoogte van het aardoppervlak op 8 (gedurende het eerste jaar) en later 4 (gedurende het laatste jaar) boerderijen gemeten met LiDAR vanaf een drone en een vliegtuig. Op iedere boerderij worden twee percelen gemonitord: één perceel met onderwaterdrainage en één referentieperceel. Onderwaterdrainage is toegepast in de percelen om gedurende droge periodes de grondwaterstand te verhogen, en op die manier bodemdaling door met name oxidatie van veen te vertragen.

De hoofddoelstelling van deze studie was om de toepassing van LiDAR vanuit de lucht voor monitoring van bodemdaling van veenweidegebieden nauwkeurig (sub-centimeter precisie op regionale schaal) te onderzoeken. Zo'n methode kan gebruikt worden om de effectiviteit van maatregelen zoals onderwaterdrainage om bodemdaling te reduceren te bepalen en om het begrip van bodemdalingsprocessen te vergroten. Als onderdeel van de studie is een methode om een Digitaal Terrein Model (Digital Elevation Model (DEM)) van de bodemligging uit LiDAR puntenwolken te halen ontwikkeld. Hiervoor zijn vaste punten gebruikt bij de metingen, maar ook verbeteringen van de standaard data processing (bijvoorbeeld het filteren van de puntenwolk) technieken zijn doorgevoerd. De resulterende terreinhoogtes en kaarten van de opgetreden hoogteveranderingen worden beïnvloedt door grashoogte. Laserstralen kunnen een dicht begroeide graszode niet penetreren en veroorzaken daardoor een overschatting en onnauwkeurige bepaling van het landoppervlak. Dit was wel bekend, maar zelfs met nieuwere technieken belemmert dit de uitrol van deze techniek op grote (regionale en landelijke) schaal. Op kleine schaal (per boerderij) zijn hiervoor wel afspraken te maken om te maaien vlak voor een meting, maar op regionale schaal is dat niet haalbaar. Er werden geen doorslaggevende verschillen gevonden tussen de metingen met een drone of met een vliegtuig.

Enabling Technologies

Doel en relevantie van het programma

De oplossingen die nodig zijn om delta's leefbaar te houden vragen om het vermogen van ons allen om innovatief en adaptief te zijn. Technologische ontwikkelingen bieden mogelijkheden om te komen tot nieuwe oplossingen. Daarom is naast de bestaande kennisgereedschappen en wetenschappelijke netwerken de ontwikkeling van nieuwe technologieën een belangrijke bijdrage om deze uitdagingen het hoofd te bieden. De ontwikkelingen in data, software en hardware gaan razendsnel en vormen een steeds groter deel van ons dagelijks leven en werk. Zo wordt bijvoorbeeld meer gebruik gemaakt van big data om te komen tot data-driven oplossingen, wat een aanvulling kan zijn op traditionele modellen, is er een groeiende rol voor 'the cloud' in allerlei toepassingen, wordt het gebruik van high-performance computing ontwikkeld, en zo verder.

De doelstelling van Enabling Technologies is om bij te dragen aan de Deltares missie Enabling delta life door sleuteltechnologieën te implementeren vanuit data science, modellering en (remote) sensing. Dit doel wordt bereikt door nieuwe technologieën toe te passen, door de digitalisering in de water- en ondergrondsector, en door samenwerkingen en netwerken te versnellen en te verstevigen.

De manier waarop Enabling technologies werkt is door de andere Deltares onderzoeksprogramma's te faciliteren en te inspireren. Facilitering vindt plaats door samen te werken in projecten. Inspiratie wordt gegenereerd door tech scans, pilots, en opleiding en netwerkactiviteiten. Omdat het programma zich richt op baanbrekende technieken wordt aandacht besteed aan extra aspecten van innovatie die relevant is voor de Deltares missiegebieden. Het testen van innovaties en nieuwe technieken vindt plaats in projecten met korte innovatiecycli waarin ruimte is om te leren en onverwachte resultaten.

De ambitie is om technologische doorbraken te realiseren door de vertaling te maken van sleuteltechnologieën naar water- en ondergrondtoepassing. Dit gebeurt op drie niveaus. Van specifieke technologieën, vaak afkomstig uit en toegepast in andere vakgebieden, worden korte verkenningen gemaakt van de toepassingsmogelijkheden in onze eigen vakgebieden. Veelbelovende technieken en specifieke toepassingen en werkvelden worden geïmplementeerd en er wordt gezorgd voor kennisoverdracht naar een brede groep experts in de sector. Het derde niveau wordt gevormd door samenwerking met bestaande partners en nieuwe samenwerkingsverbanden, waarmee gestreefd wordt naar een leidende rol voor Deltares voor wat betreft digitalisering in de water- en ondergrondsector.



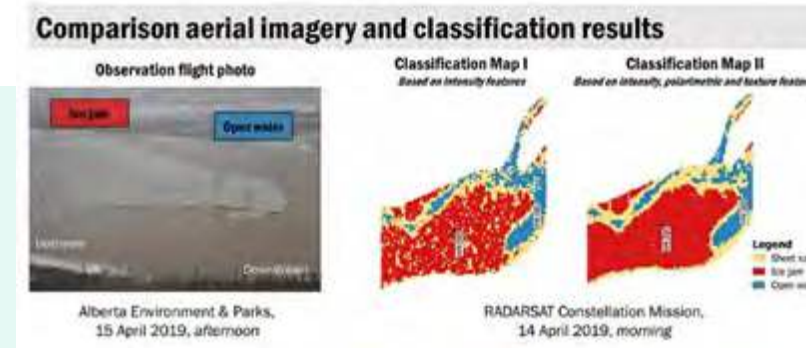
Project 1

Responsible AI for Disaster Risk Management (ET-Data Science)

In het Data Science gedeelte van Enabling Technologies was het ontwikkelen van leidraden voor *Responsible AI for Disaster Risk Management* een sleutelproject. Het betrof een samenwerking tussen Deltares, de Wereldbank en andere organisaties om . Dit project en de kerngroep bestudeerden het ethische gebruik van Artificial Intelligence, data collectie en -gebruik om inzicht te geven in de maatschappelijke impact van dergelijke technieken, niet alleen in Disaster Risk Management, maar ook in het bredere maatschappelijke gebruik van zulke algoritmes.

Voor Deltares is het belangrijk dat dataverzameling en datagebruik in deze, vaak black box, technologieën op een transparante en verantwoorde manier plaatsvindt. De resultaten moeten bijdragen aan afgewogen en sociaal inclusieve analyses en afwegingen. Dit project

was hiervoor een forum om deze gedachten en concepten te onderzoeken, wat vastgelegd werd in een werkdocument. Het project eindigde in de ontwikkeling van concept richtlijnen voor het gebruik van Artificial Intelligence in Disaster Risk Management. Dee richtlijnen zijn ook toepasbaar in andere werkvelden, in een workshop of een webinar. Daarnaast waren de richtlijnen leidend voor een discussiesessie op de Deltares Software Days (<https://softwaredays.deltares.nl/2020/index.php/agenda/webinars>). Door dit project en de opgedane kennis moet Deltares zich kunnen positioneren en gedragen als een ethische, verantwoordelijke en bewuste gebruiker van data, data driven tools, machine learning en artificial intelligence.



Project 2 Vergelijking van classificatie resultaten van Radarsat-imagery voor automatische kartering van rivierijs

scriptie onderzocht Sophie de Roda Husman nieuwe algoritmes om rivierijs te classificeren op basis van SAR-beelden.

Om een nauwkeurig algoritme voor automatische kartering en classificatie van rivierijs te ontwikkelen werden SAR data van Sentinel-1, RADARSAT-2 en RADARSAT Constellation Mission gebruikt. In dat verband zijn er methoden ontwikkeld waarmee rivierijs typen onderscheiden kunnen worden op basis van drempelwaarden van eenvoudige polarisatie van SAR intensiteit. Deze classificatie heeft echter nog veel problemen omdat smeltwater overlap veroorzaakt in de SAR intensiteiten van verschillende ijstypen. Daarom is een Random Forest classificatie ontwikkeld die is gebaseerd op intensiteit, textuur en polarisatie eigenschappen van de satellietbeelden. Een vergelijking van deze methodes liet zien dat een Random Forest classificatie uitstekende resultaten geeft met meer dan 85% nauwkeurigheid in de classificatie voor Sentinel-1, RADARSAT-2 en RADARSAT Constellation Mission. Deze methode is opgenomen in Delft-FEWS voor operationele rivierijsmonitoring.

Meer over ontwikkelingen rondom operationele monitoring van rivierijs bij Deltares:
 - <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/news/-/article/copernicus-sentinels-help-classify-river-ice> (Artikel gepubliceerd door ESA)
 - <https://www.deltares.nl/en/news/using-satellites-monitor-river-ice-flood-early-warning/>
 - <https://oss.deltares.nl/web/delft-fews/-/2393381-1> (meer informatie over de verwerking in Delft-FEWS)

Project 2

Remote sensing van rivierijs (ET-Earth Observation)

Rivierijs vormt een belangrijke oorzaak voor overstromingsrisico's. Door rivierijs kunnen zich ijssdammen vormen in de rivierloop waardoor de rivier buiten zijn overs treedt met ernstige gevolgen voor de omgeving, de gebouwde infrastructuur en de bevolking. Deze gebeurtenissen zijn zeer lastig te modelleren en te voorspellen. Monitoring van rivierijs speelt daarom een belangrijke rol bij een tijdige waarschuwing (early warning). Satellietdata bieden een goedkopere en frequentere manier om over een groter gebied het rivierijs te monitoren dan conventionele methodes, zoals surveys vanuit een vliegtuig. De River Ice Teams van de Canadese provincies Alberta en Quebec werken samen met Deltares om near real-time satellietdata te gebruiken voor het monitoren van rivierijs en via Delft-FEWS te operationaliseren. Hiervoor worden methoden ontwikkeld om rivierijs te detecteren en te classificeren. Binnen de context van haar master-

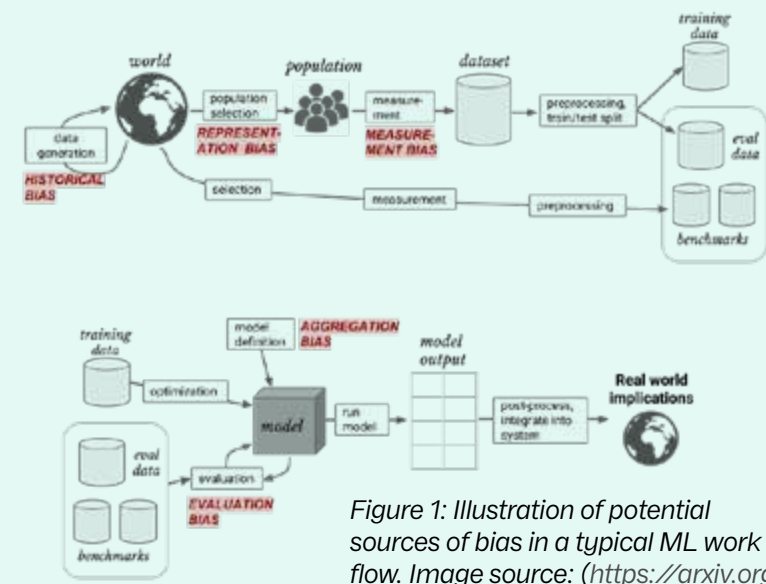
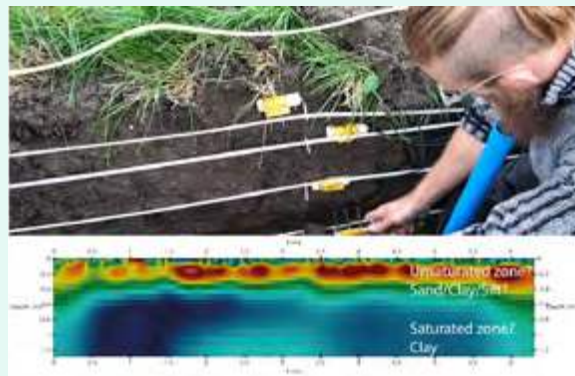


Figure 1: Illustration of potential sources of bias in a typical ML workflow. Image source: (<https://arxiv.org/pdf/1901.10002.pdf>)

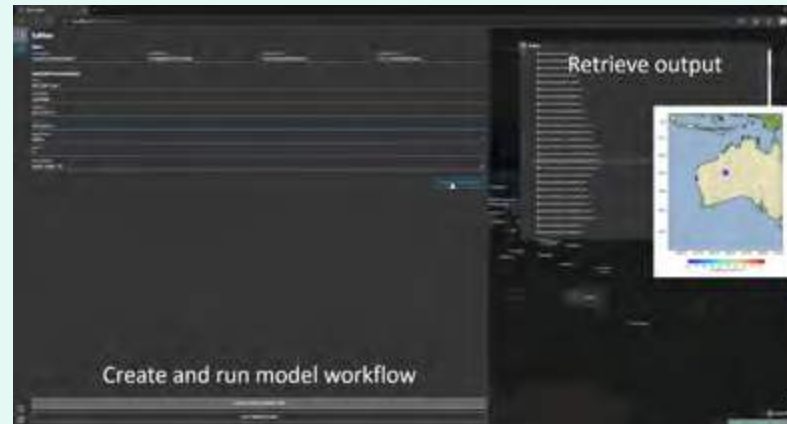
Project 3

Bodemvocht modellen combineren met vlakdekkende metingen maakt droogte voorspelbaar (ET-Future Sensing)

Waterbeheer speelt een essentiële rol in klimaatadaptatie. De toename van extremen, zoals langdurige droogte, maar tevens overstromingen maakt dat watermanagers beter onderbouwde keuzes willen maken. Bodemvocht geeft invulling aan de waterbeschikbaarheidsvraag en de voorspelling ervan, maar kan tevens worden gebruikt voor beregeningsvraagstukken voor agrariërs of risicoinschatting voor verzekeraars. Er zijn technieken om het bodemvochtgehalte vlakdekkend uit satellietdata te bepalen. Er is echter data van het vochtgehalte op en in de grond nodig voor validatie. Tot nu toe gebeurde dit met puntmetingen. Door nieuwe meettechnieken in te zetten kan nu ook vlakdekkend zowel over als in de grond worden gemeten en kan de betrouwbaarheid en inzet van zowel aardobservatiemetingen alsook de modellen worden vergroot. Voor deze demonstratie en validatie case is samengewerkt met aanbieders (van satellietdata), (water-)beheerders en gebruikers (agrariërs). Diverse meettechnieken zoals aardobservatie, fiber optics Distributed Temperature Sensing, Electrical Resistivity Tomography, potentiaal-, vocht- en waterspanningsmeters zijn hiervoor gecombineerd.



Project 3 Vochtsensoren worden geplaatst en gecombineerd met elektrische weerstandsmetingen



Project 4 Web-based front-end of the automation prototype to enable cloud native modelling workflows

Project 4

Automatiseren van cloud native modelling workflows (ET-Future Modelling)

In het Future Modelling gedeelte van Enabling Technologies was het automatiseren van een op cloud-technieken gebaseerd modelleer proces een sleutelproject. Traditioneel is het maken van een modelschematisatie een overwegend handmatig proces, wat wordt uitgevoerd op de lokale computer van de modelleur. De hoeveelheid en snelheid waarmee data beschikbaar komen neemt snel toe, antropogene veranderingen in de omgeving treden frequent op en de resulterende uitdagingen zijn wereldwijd. Daarom is het een uitdaging om waar ook ter wereld een modelschematisatie te kunnen maken, deze zo vaak als nodig te updaten om veranderingen in de omgeving mee te nemen en daarbij alle beschikbare gegevens mee te nemen.

Het doel van dit sleutelproject, een automatiseringsexperiment, is om een prototype te ontwikkelen voor deze overgang van een handmatig en lokaal modelleerproces naar een geautomatiseerde cloud native workflow. Het prototype illustreert de haalbaarheid om een dergelijke applicatie te ontwikkelen. Het gebruikt bouwstenen die deels al beschikbaar zijn. Dit bestaat uit drie kerncomponenten: i. een Computing as a Service framework, die workflows laat werken in de cloud met web native technologieën (Docker, Kubernetes, Argo), ii. de Blue Earth (HydroMT) model builder, die het mogelijk maakt om modelschematisaties voor onder andere de WFLOW en SFINCS simulatie software te verkrijgen op een volledig geautomatiseerde manier gebaseerd voor beschikbare datasets en iii. een web-based front-end. Met deze front-end kunnen gebruikers achtereenvolgens hun interessegebied selecteren, waar ook ter wereld, een periode selecteren die valt binnen de ERA5 dataset (1950-2020), een model naar keuze uitzoeken, een workflow draaien die bestaat uit modelbuilding, model draaien en nabewerking in the cloud, en tenslotte hun resultaten ophalen in de web-based front-end.

Het automatiseringsexperiment toont de haalbaarheid van een geautomatiseerde, cloud-gebaseerde ontwikkelomgeving, wat een belangrijke technologie zal zijn om wereldwijde modellen in een datarijke toekomst mogelijk te maken.



Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme innovaties, oplossingen en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Deltares heeft vestigingen in Delft en Utrecht.

Deltares
Postbus 177
2600 MH Delft

T 088 335 8273
F 088 335 8582
www.deltares.nl

Planning for Disaster Reduction and Resilience

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Improved Transferability of Data-Driven Damage Models Through Sample Selection Bias Correction	Dennis Wagenaar, Tiaravanni Hermawan, Marc van den Homberg, Jeroen CJH Aerts, Heidi Kreibich, Hans de Moel, Laurens M Bouwer	Journal paper, Risk Analysis
A probabilistic approach to estimating residential losses from different flood types	Dominik Paprotny, Heidi Kreibich, Oswaldo Morales-Nápoles, Dennis Wagenaar, Attilio Castellarin, Francesca Carisi, Xavier Bertin, Bruno Merz, Kai Schröter	Journal paper; Natural Hazards
Invited Perspectives: How machine learning will change flood risk and impact assessment	Dennis Wagenaar, Alex Curran, Mariano Balbi, Alok Bhardwaj, Robert Soden, Emir Hartato, Gizem Mestav Sarica, Laddaporn Ruangpan, Giuseppe Molinaro, David Lallemant	Journal paper, Nat. Hazards Earth Syst. Sci
Bayesian Data-Driven approach enhances synthetic flood loss models	Nivedita Sairam, Kai Schröter, Francesca Carisi, Dennis Wagenaar, Alessio Domeneghetti, Daniela Molinari, Fabio Brill, Sally Priest, Christophe Viavattene, Bruno Merz, Heidi Kreibich	Journal paper, Environmental Modelling and Software
Responsible use of Artificial Intelligence for Disaster Risk Management.	Soden, R., Wagenaar, D.& Tijssen, A..	Joint Deltares World Bank publication
Simulating Synthetic Tropical Cyclone Tracks for Statistically Reliable Wind and Pressure Estimations.	Nederhoff, K., Hoek, J., van Ormondt, M., Caires, S., Giardino, A.	Journal paper
Uncertainties in coastal flood risk assessments in small island developing states.	Parodi, M.U., Giardino, A., van Dongeren, A., Pearson, S.G., Bricker, J.D., Reniers, A.J.H.M.	Journal paper
Generating reliable estimates of tropical cyclones induced coastal hazards along the Bay of Bengal for current and future climate conditions using synthetic tracks	Leijnse, T., Giardino, A., Nederhoff, K., Caires, S.	Journal paper (in preparation)

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
A methodology for computational efficient and accurate assessment of tropical cyclone induced hazards	Bakker, T.M., Antolinez, J.A.A., Leijnse, T.W.B., Pearson, S.G., Giardino, A.	Journal paper (in preparation)
Compound flood hazard assessment of atoll islands	Tije Bakker	MSc thesis
“Assessing the impact of sea level rise and resilience potential in the Caribbean”. Contribution to the World Bank flagship report “Revisiting Resilience in the Caribbean: a 360-degree approach”	Alessio Giardino, Tim Leijnse, Luisa Torres Duenas, Panos Athanasiou, Marjolijn Haasnoot	Report
Global tracking of flood risk in urban areas	Mattia Marconcini, Emanuele Strano, Alessio Giardino, Michalis Voudoukas	Report + Journal paper
Strengthening Climate and Disaster Resilience of Investments in the Pacific – Adaptation Pathways for SIDS	Alessio Giardino, Andrew Warren, Gundula Winter, Marjolijn Haasnoot	Series of presentations to ADB Climate Change and Disaster Risk Management Division, ADB Pacific Department and representatives from technical agencies across the Pacific
TCWISE (Tropical Cyclone Wind Statistical Estimation Tool)	Sofia Caires, Kees Nederhoff, Tim, Leijnse, Jasper Hoek, Alessio Giardino	Tool
Stakeholders, modelling and monitoring health impacts	Gertjan Geerling, Eline Boelee, Anniek de Jong, Maaike Bennema, Nishchal Sardjoe	Report
Capturing Complexity: Transferable flood impact models with Machine Learning,	Dennis Wagenaar	PhD-thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 2 September 2020
Systemic Flood Risk Management Planning: A decision-support framework for large-scale flood risk management planning	Alessio Ciullo	PhD Thesis, TU Delft 10 June 2020

Planning for Disaster Reduction and Resilience

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Flood-risk analysis of embanked river systems. Probabilistic systems approach for the Rhine and Po Rivers	Alex Curran	PhD Thesis, TU Delft, December 4, 2020,
Efficient or Fair? Operationalizing Ethical Principles in Flood Risk Management: a Case Study on the Dutch-German Rhine,	Ciullo, A., J. Kwakkel, K. de Bruijn, N. Doorn & F. Klijn	Risk Analysis, Vol. 40, No.9
Large scale stochastic food hazard analysis applied to the Po River	Curran, Alex, Karin De Bruijn, Alessio Domeneghetti, Federica Bianchi, M. Kok, Sergiy Vorogushyn & Attilio Castellarin	Natural Hazards
Improving Flood Fatality Risk Assessment for River Flooding in The Netherlands	Anneroos Brussee (intern guided by Karin de Bruijn)	Winner of Waternetwerk award for best MSc- thesis of 2020
Impact of hydraulic model resolution and loss of life model on flood fatality risk estimation: case study of the Bommelerwaard, the Netherlands	Brussee, A.R, J.D. Bricker, K.M. De Bruijn, G. Verhoeven, H.C. Winsemius & S.N. Jonkman	Journal of Flood Risk Management

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
A Vision for Hydrological Prediction	A.H. Weerts	Artikel
Development and evaluation of flood forecasting models for forecast-based financing using a novel model suitability matrix	A.H. Weerts	Artikel
The role of spatial and temporal model resolution in a flood event storyline approach in western Norway	A.H. Weerts	Artikel
Anomaly Kriging Helps to Remove Bias in Spatial Model Runoff Estimates	A.H. Weerts	Artikel
Spatial and Temporal Evaluation of Radar Rainfall Nowcasting Techniques on 1,533 Events	R.O. Imhoff, A.H. Weerts	Artikel
Improving Forecast Skill of Lowland Hydrological Models Using Ensemble Kalman Filter and Unscented Kalman Filter	A.H. Weerts	Artikel
Scaling Point-Scale (Pedo)transfer Functions to Seamless Large-Domain Parameter Estimates for High-Resolution Distributed Hydrologic Modeling: An Example for the Rhine River	R.O. Imhoff, W. van Versveld, B. van Osnabrugge, A.H. Weerts	Artikel
Rainfall Nowcasting Using Commercial Microwave Links	R.O. Imhoff, AH Weerts	Artikel
A Simple Spatio-Temporal Data Fusion Method Based on Linear Regression Coefficient Compensation	A. Haag, A.H. Weerts	Artikel
Interpolate, Simulate, Assimilate: operational aspects of improving hydrological forecasts in the Rhine basin	B. van Osnabrugge	PhD Thesis
Improved Understanding of the Link Between Catchment-Scale Vegetation Accessible Storage and Satellite-Derived Soil Water Index	L. Bouaziz, A.H. Weerts, H.C. Winsemius	Artikel
Ensemble data assimilation methods for improving river water quality forecasting accuracy	S. Loos, J. Sumihar, A.H. Weerts	Artikel
Ruimtelijk schaalbare hydrologische modelparameters uit open-source omgevingsdata: een voorbeeld voor de Rijn	R.O. Imhoff, W. van Versveld, B. van Osnabrugge, A.H. Weerts	Artikel

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Yellow River – A Hydrological Basin Approach	A.H. Weerts, T. Nauta	Presentatie ADB (22/9/2020)
Bijdrage aan “The future of forecasts: Impact based forecasting for early action”	A. Tijssen	Handreiking (rapport)
Co-convener EGU 2020 sessie “Reducing the impacts of natural hazards through forecast-based action: from early warning to early action”	A. Tijssen	EGU sessie
A comparison of tidal currents from AIS ship data and hydrodynamic models	Panos Panagiotopoulos	Stageverslag
Development of pool-based rule curves for reservoir operation with RTC-Tools	Bernhard Becker	Stageverslag van Indra Marth met de bijhorende methode, bijdrage voor een brochure over RTC-Tools simulation mode, modellen https://gitlab.com/Indra.Martha/internship.git
Tools for a Flow Forecasting Community of Practice	Dave Casson	Presentatie gehouden voor de Canadese provincies voor tools en real-time informatie systemen
Hydrodynamic modelling and model sensitivities to bed roughness and bathymetry offset in a micro-tidal estuary	J. Sumihar	Artikel
Impact of sensor location on assimilated hydrodynamic model performance	J. Sumihar	Artikel
New release GLOSSIS	D. Twigt	Systeem
New release GLOFFIS	J. Verkade	Systeem
Contribution to first release BlueEarth Data	D. Twigt	Platform
Contribution to cloud-based model builder WFLOW and SFINCS	D. Twigt	Prototype
Inundation modelling: Delft3D-FM - SFINCS comparison	Kun Yan	Presentatie

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Application of the “genRE” approach to spatial interpolation of precipitation gauge data for the Suir River Basin	Georgios Boumis, Bart van Osnabrugge en Jan Verkade	Rapport
Towards global hydrological forecasting data services: Set-up of the production system of Deltares' Global Flood Forecasting and Information System (GLOFFIS).	Arianna Onate, i.s.m. Bart van Osnabrugge en Jan Verkade	Rapport
Behind the scenes of streamflow performance	Laurène Bouaziz, Albrecht Weerts	Artikel
A glance at the Meuse basin from space, improving the representation of internal processes in hydrological models	Laurène Bouaziz	Thesis (te verwachten begin 2021)
An automated calibration framework and open source tools for 3D lake hydrodynamic models	Theo Baracchini et. al.	Artikel
The influence of wind on the evolution of freshwater fronts in the Rhine ROFI	Lennart Keyzer et. al.	Conferentiebijdrage EGU
The impact of Arctic sea ice cover on seasonal modulation of the M2 tide	Inger bij de Vaat et.al.	Conferentiebijdrage EU
Reducing the memory requirements of parameter estimation using model order reduction	Xiaohui Wang et.al.	Conferentiebijdrage EU
Analysis of tidal sea-ice movement using a drifting ice beacon array in the Barents Sea	Amey Vasulkar et. al.	Conferentiebijdrage EU
Model-based hydrodynamic leveling; a powerful tool to enhance the quality of the geodetic networks	Yosra Afrasteh et. al.	Conferentiebijdrage EU
Dynamics in the near-field region of the Rhine ROFI: a multiple front system	Lennart Keyzer et. al.	Conferentiebijdrage Ocean Sciences
Precipitation regime classification based on cloud-top temperature time series for spatially-varied parameterization of precipitation models	Sha Lu et. al.	Artikel
Investigating deep water boundaries of narrow shelf model.	Arthur Mooijman	Internship report

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
The influence of fresh water discharge on coastal water levels	Bart van Es	Msc Thesis
Implementation of Stokes Drift into a Particle Model	Eline Ooms	Internship report
Where does plastic in the ocean come from?	Lara Goudsmit	Bachelor Thesis
A comparison of tidal currents from AIS ship data and hydrodynamic models	Panos Panagiotopoulos	Internship report

Quantifying flood hazards and impacts

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Modeling compound flooding in coastal systems using a computationally efficient reduced-physics solver: Including fluvial, pluvial, tidal, wind- and wave-driven processes	Leijnse, T., M. Van Ormondt, C. Nederhoff, A.R. Van Dongeren	Artikel Coastal Engineering
Improving Computational Efficiency of Compound Flooding Simulations: the SFINCS Model with Subgrid Features	T Leijnse, K Nederhoff, A Van Dongeren, RT McCall	Presentatie AGU Fall Meeting, USA
Waves on Reefs: how coral reefs transform ocean waves and help protect coasts.	Ap van Dongeren	Keynote International Conference on Coastal Engineering, https://ap.lc/bLQVR
The importance of explicitly modelling sea-swell waves for runup on reef-lined coasts	Quataert, E., C. Storlazzi, A.R. van Dongeren, R.E. McCall	Artikel Coastal Engineering
Steps to Develop Early Warning Systems and Future Scenarios of Storm Wave-Driven Flooding Along Coral Reef-Lined Coasts	Winter, G. et al	Artikel Frontiers in Marine Science
Delft Dashboard: a quick set-up tool for hydrodynamic models	Van Ormondt, M., C. Nederhoff, A.R. van Dongeren	Artikel Journal of Hydroinformatics
Morphodynamic modelling of the wilderness breach, Fire Island, New York. Part I: Model set-up and validation	Maarten van Ormondt, Timothy R. Nelson, Cheryl J. Hapke, Dano Roelvink	Artikel Coastal Engineering
The application of a radar-based depth inversion method to monitor near-shore nourishments on an open sandy coast and an ebb-tidal delta	Gawehn, M., A.R. van Dongeren, S. de Vries, C. Swinkels, R. Hoekstra, S.G.A. Aarninkhof, J. Friedman	Artikel Coastal Engineering
Uncertainties in coastal flood risk assessments in small island developing states	Parodi, M. U. and Giardino, A. and van Dongeren, A. and Pearson, S. G. and Bricker, J. D. and Reniers, A. J. H. M.	Artikel Natural Hazards and Earth System Sciences
Uncertainties in projections of sandy beach erosion due to sea level rise: an analysis at the European scale	Athanasiou, P. Van Dongeren, A.R., Giardino, A., Vousdoukas, M.I., Ranasinghe, R., Kwadijk, J	Artikel Scientific Reports

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Efficient two-layer non-hydrostatic wave model with accurate dispersive behaviour	De Ridder, M.P., P.B. Smit, A.R. van Dongeren, R.T. McCall, C.Nederhoff, A. J.H.M. Reniers	Artikel Coastal Engineering
Atmospheric moisture transport and river runoff in the mid-latitudes	Imme Benedict	PhD Thesis
The role of spatial and temporal model resolution in a flood event storyline approach in western Norway	Nathalie Schaller, Jana Sillmann, Malte Müller, Reindert Haarsma, Wilco Hazeleger, Trine Jahr Hegdahl, Timo Kelder, Gijs van den Oord, Albrecht Weerts, Kirien Whan	Artikel Weather and Climate Extremes
Decline in Terrestrial Moisture Sources of the Mississippi River Basin in a Future Climate	Benedict, I., van Heerwaarden, C. C., van der Ent, R. J., Weerts, A. H., and Hazeleger, W	Artikel Journal of Hydrometeorology
Hydraulic modelling approaches to decrease uncertainty in flood frequency relations	Anouk Bomers	PhD thesis
Application of a lower-fidelity surrogate hydraulic model for historic flood reconstruction	Bomers, A., Schielen, R.M.J., Hulscher, S.J.M.H.	Artikel Environmental Modelling and Software
Historic flood reconstruction with the use of an Artificial Neural Network	Bomers, A., Van der Meulen, B., Schielen, R.M.J., Hulscher, S.J.M.H.	Artikel Water Resources Research
Finding homogeneous regions of extreme rainfall in reanalysis data	Zander, M. Sperna Weiland, F., Weerts, A.	Presentatie EGU
Measuring compound flood potential from river discharge and storm surge extremes at the global scale	Couasnon, A., Eilander, D., Muis, S., Veldkamp, T. I. E., Haigh, I. D., Wahl, T., Winsemius, H. C., and Ward, P. J.	Artikel Natural Hazards and Earth System Sciences
Diverse conferentie bijdragen		Ocean Sciences San Diego, European Geophysical Union, International Conference on Coastal Engineering, European Geophysical Union.

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool, etc.)
Daily and seasonal deformations of a Dutch Levee along a tidal river and during dry and wet conditions	Meindert Van, Andre van Hoven and Michiel van de Ruyt	FloodRisk 2020. (paper is submitted to FloodRisk 2020; conference is postponed to 2021)
Experimental study on the influence of berms and roughness on wave overtopping at rock-armoured dikes	Chen, W., M.R.A. van Gent, J.J. Warmink and S.J.M.H. Hulscher	Elsevier, Coastal Engineering, 156, https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.103613
The influence of a berm and roughness on the wave overtopping at dikes	Chen, W., A. Marconi, M.R.A. van Gent, J.J. Warmink and S.J.M.H. Hulscher	MDPI, J. Mar. Sci. Eng. 2020; https://doi.org/10.3390/jmse8060446
An analytical model of wave overtopping flow velocities on dike crests and landward slopes.	Van Bergeijk, V., J.J. Warmink, M.R.A. van Gent, S.J.M.H. Hulscher	Elsevier, Coastal Engineering, 149, 28-38, https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.03.001
Experimental study on the influence of a berm and roughness on wave overtopping over dikes	Chen, W., J.J. Warmink, M.R.A. van Gent, S.J.M.H. Hulscher	Conference proceedings Coastal Structures 2019, Hannover
Uitdam the Netherlands: test site for soft fibrous peat	Zwanenburg, C.	Geosciences
Assessment of the Dynamic Properties of Holocene Peat	Zwanenburg, C., Maria Konstantinou, Piet Meijers, Mandy Korff	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering
Scheuren in de waterveiligheid?	Hoven, A. van, Gerard van Meurs	Land en Water, febr 2020
Adaptive Asset Management for Flood Protection: The FAIR Frame Work in Action	Bart Vonk et al	Journal Infrastructures 2020, 5 (12), https://www.mdpi.com/2412-3811/5/12/109
Optimal Planning of Flood Defence System Reinforcements using a Greedy Search Algorithm	Wouter Jan Klerk, Wim Kanning, Matthijs Kok, Rogier Wolfert	Journal Reliability Engineering & System Security. Volume 207, March 2021, https://doi.org/10.1016/j.res.2020.107344

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool, etc.)
Inventarization of Dikes worldwide		ICOLD Publicatie
Intercomparisson between Dams and Levees (draft)		ICOLD Publicatie
Waterveiligheidslandschappen Deltares		Lunchlezing (digital voor Deltares en externe partners)
workshop rekenmodellen, workshop soil mixing, workshop opbarsten, workshop injectietechnieken		Gebruikersworkshops POVM Kennis

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Global reanalysis of surface water area changes in small and medium-sized reservoirs	Gennadii Donchyts	Time series of surface water area for ~80 000 reservoirs (1985-2018), derived from 4PB of freely available NASA and ESA satellite imagery; a web-based tool: https://gena.users.earthengine.app/view/water-watch to explore results; research paper (early draft)
Object-based flood impact assessment tool to enable the computation of flood damages at the object level (houses, stores etc.)	Kathryn Roscoe, Dennis Wagenaar	Design, development, preliminary testing, and initial documentation of a the object-based flood impact assessment tool Delft-FIAT-Objects (FIAT = Flood Impact Assessment Tool)
Floods & Health - Stakeholders, modelling and monitoring health impacts	Gertjan Geerling, Eline Boelee	-Report -D-health (health impact model for floods) -Draft journal paper -Thesis Jidske Knigge, Wageningen UR
Prevention of flood effects on health	Anouk Blauw	Chapter in report to EU
Digital Elevation models	Maarten Pronk	Paper (https://www.mdpi.com/2072-4292/12/17/2827)
Multi-Regional Landslide Detection using Combined Unsupervised and Supervised Machine Learning	Faraz S. Tehrani, Giorgio Santinelli, Meylin Herrera Herrera	Under-review journal paper
ICESAT-2 bathymetry data	Antonio Moreno Rodenas	Tool (python scripts to access ICESAT-2 bathymetric data for anywhere in the world)
SFINCS FEWS Accelerator to forecast flood extents with the SFINCS flood model, using global sea level and river discharge models as input	Daniel Twigt / Kun Yan	Tool. Software: Docker version (GPU + CPU) and NetCDF of SFINCS.

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Hurricane modelling	Ellen Quataert / Floortje Roelvink	-Memo and PPTs
Real-time application of FEWS Accelerator (Global sea level model + SFINCS) for Typhoon Amphan	Tim Leijnse / Kun Yan	-Manual for using Accelerator tools for rapid hurricane impact assessment studies
Global High-resolution Integrated Risk Assessment Framework (GHIRAF); A platform for risk models, using global data sets	Robert McCall	Conference presentation / abstract at the EGU (European Geophysical Union)
Comparison of dike design strategies	Ferdinand Diermanse	Bachelor Thesis Nino Zuiderwijk

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Kustlijnverplaatsing tgv klimaat en menselijke ingrijpen (Project 1)		
Catchment to Coast model for coastline response to SLR	Maker: Janaka Bamunawala. Aanspreekpunt Deltares: Rosh Ranasinghe/Ymkje Huismans	Tool
Probabilistic Application of an Integrated Catchment-Estuary-Coastal System Model to Assess the Evolution of Inlet-Interrupted Coasts Over the 21st Century	Eerste auteur: Janaka Bamunawala. Aanspreekpunt Deltares: Rosh Ranasinghe/Ad van der Spek	Paper: Front. Mar. Sci., 16 December 2020. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.579203
A Holistic Modeling Approach to Project the Evolution of Inlet-Interrupted Coastlines Over the 21st Century	Eerste auteur: Janaka Bamunawala. Aanspreekpunt Deltares: Rosh Ranasinghe/Ad van der Spek	Paper: Front. Mar. Sci., 10 July 2020. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00542
A holistic modelling approach to simulate catchment-estuary-coastal system behaviour at macro time scales	Auteur: Bamunawala, R.M.J Aanspreekpunt Deltares: Rosh Ranasinghe/Ad van der Spek.	PhD thesis, IHE Delft – University of Twente
Vegetatiemodellering tbv veerkrachtige watersystemen (Project 2)		
Riparian Vegetation Module	Mijke van Oorschot	Software (python scripts) + manual + ppt
Mangrove mudflat morphodynamics at mudcoast	Mick van der Wegen/Uwe Best	Measurements taken at Guyanan coastline + draft paper; python/Delft3D FM scripts available at OET; draft paper multiple mangrove species
Bepalen en vergroten van veerkracht		
Resilient Rivers: Development and application of a method to quantify resilience	N. Asselman en A. Becker	Report
Including sediment in European River Basin Management Plans: twenty years of work by SedNet	Jos Brils	Paper: Journal of Soils and Sediments (2020) 20:4229–4237. https://doi.org/10.1007/s11368-020-02782-1

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Lange termijn ontwikkeling kust, estuaria en rivieren tgv van klimaat en menselijk ingrijpen		
Quantification of current and future morphodynamic trends in the Bengal delta under scenarios of climate change and anthropogenic interventions	Eerste auteur: Reinier Schrijvershof. Aanspreekpunt Deltares: Alessio Giardino	Journal Paper (draft)
Quantification of the uncertainties in the sediment balance at a delta-scale: The Bengal delta	Eerste auteur: Sophia Bats. Aanspreekpunt Deltares: Reinier Schrijvershof, Alessio Giardino	Report (stage)
Estimation of sediment budget in the GBM delta (from catchment to coast) and influence of climate change and anthropogenic interventions	Eerste auter: Reinier Schrijvershof. Aanspreekpunt Deltares: Alessio Giardino	Tool (modelling chain)
Sea level rise impact on estuarine morphodynamics	Mick van der Wegen/Hesham Elmilady	JGR paper draft, espl paper submitted
Intertidal floodplain controls on centennial-scale morphological channel development	Reinier Schrijvershof / Bas van Maren	AGU presentation
Sediment Nourishments for Degradational Engineered Rivers	Matt Czapiga	Abstract-Presentation NCR days 2020
Rivers2Morrow: NKWK project, de Nederlandse Rivieren in 2100		
Anthropogenic effects on the contemporary sediment budget of the lower Rhine-Meuse Delta channel network	Eerste auteur: Jana Cox, Aanspreekpunt Deltares: Ymkje Huismans	Paper (submitted)
A sediment budget for the Rhine-Meuse estuary: importance of dredging and the North Sea sediment flux	Eerste auteur: Jana Cox, Aanspreekpunt Deltares: Ymkje Huismans	Poster NCR dagen 2020
Obtaining suspended sediment transport from Acoustic Doppler Current Profiler data	Frans Buschman en Eveline van der Deijl	Report

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Obtaining suspended sediment concentration in the water column from existing boat observations	Eerste auteur: Frans Buschman (met WUR en HKV)	Report
Bed level change in the Upper Rhine Delta between 1926-2018	Claudia Ylla Arbos	Abstract-Presentation NCR days 2020
Bed level change in the upper Rhine Delta since 1926 and rough extrapolation to 2050	Clàudia Ylla Arbós, Astrid Blom, Saskia van Vuren, and Ralph M.J. Schielen	Report TU Delft
Bed level change in the Upper Rhine Delta and Niederrhein	Clàudia Ylla Arbós, Astrid Blom, F. Acevedo Goldaracena, Saskia van Vuren, and Ralph M.J. Schielen	River Flow Conference
Morphodynamics in stratified estuarine channels with mixtures of sand, silt and clay	Eerste auteur: Iris Niesten. Aanspreekpunt Deltares: Ymkje Huismans	Onderzoeksplan PhD traject Iris Niesten
Sleutelprocessen voor veerkracht: sedimentdynamiek		
Modelling sand-mud interaction in Delft3D: Investigation of sand-mud modules in Delft3D and Delft3D-FM	Ana Colina, Roy van Weerdenburg, Bas van Maren, Ymkje Huismans	Report + verbeterde Delft3D code
Modelling hydrodynamics in muddy coastal areas, with focus on the Suriname coastal zone.	Eerste auteur: Maria Eirini Tzampazidou. Aanspreekpunt Deltares: Bob Smits.	Report (MSc thesis)
Transverse bed slope effects in rivers - Research plan of Master thesis	Koen van Hoof	MSC werkplan TU-Delft
Sleutelprocessen voor veerkracht: kustlijndynamiek van swash-zone tot duinen		
Numerical Modelling of Aeolian Sediment Transport, Vegetation Growth and Blowout Formation in Coastal Dunes	Eerste auteur: Lisa Meijer. Aanspreekpunt Deltares: Bart van Westen	Report (MSc thesis)
Influence of storm sequencing on breaker bar and shoreline evolution in large-scale experiments.	Eichentopf, S., Van der Zanden, J., Cáceres, I., Baldock, T., Alsina, J.	Paper: Coastal Engineering, 157, https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2020.103659

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
The effect of turbulence on modelling the sediment transport in the swash zone.	Van Weeghel, L.	M.Sc. thesis, University of Twente.
Pressure propagation through the bed in the swash zone of a sandy beach. A data and modelling study with possible implications for sediment transport	Pauli, T.	M.Sc. thesis, University of Twente.
Cross-shore sediment transport in the swash zone: large-scale laboratory experiments.	Dionísio António, S., Van der Werf, J., Vermeulen, B., Cáceres, I., Alsina, J., Larner, M., Puleo, J., Van der Zanden, J., Hulscher, S	International Conference on Coastal Engineering.
RANS modelling of cross-shore sediment transport and morphodynamics in the swash-zone.	Kranenborg, J, Campmans, G., Jacobsen, N., Van der Werf, J., McCall, R., Reniers, A, Hulscher, S.	International Conference on Coastal Engineering.
Modelling net sediment transport in the swash zone.	Van der Stoop, C.	M.Sc. thesis, University of Twente.

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Feasibility study Global inland HAB forecasting platform	Miguel Dionisio	memo
Estimating plastic transport from river bank clean-up data	Frans Buschman	memo
Detecting floating plastics using X-band radar - A feasibility study on using radar for the detection of plastics	Robyn Gwee, Frans Buschman	rapport
Koppeling wflow-delwaq-emissiemodule	Sibren Loos	tool
Data-driven approach to forecast suspended particle matter in the Wadden Sea	Fine Wilms	rapport
Measurement of greenhouse gas emissions from surface waters	Martine Kox	Rapport (January '21)
(Contribution to) Global Water Quality Assesment	Joost van den Roovaart	Bijdrage aan conceptrapport (verwacht in 2021)
Morphodynamics in stratified estuarine channels with mixtures of sand, silt and clay	Eerste auteur: Iris Niesten. Aanspreekpunt Deltares: Ymkje Huismans	Onderzoeksplan PhD traject Iris Niesten

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Biodegradation of mono- and polyaromatic hydrocarbons in a contaminated aquifer originating from a former Pintsch gas factory site -laboratory and field investigations (proefschrift Johan van Leeuwen, promotie 17 februari 2021)	Johan van Leeuwen	proefschrift
NOS Journaal. 25-1-2020. CO2 verminderen? Maal stenen fijn en strooi ze in de oceaan. NRC-Handelsblad (2020). Als dit eens kon uitgroeien tot zeven kubieke kilometer. Wetenschap, 20 juni 2020. Volkskrant (2020). De klimaatprijs die in lucht op ging. Wetenschap, 6 maart 2020.	Jos Vink	nieuwsitems
Chang, M., Teurlincx, S., DeAngelis, D. L., Janse, J. H., Troost, T. A., van Wijk, D., ... Janssen, A. B. G. (2019). A Generically Parameterized model of Lake eutrophication (GPLake) that links field-, lab- and model-based knowledge. Science of the Total Environment, 695, 133887. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133887	Tineke Troost	Wetenschappelijk artikel
Urban Water symposium, 20 January 2020 at Ryerson University. Presentation: Van der Meulen, Sutton, Rijnaarts, Van de Ven, Van Oel, Rivadeneira, 2020. Urban surface water; Future demand in Toronto and Amsterdam https://www.ryerson.ca/content/dam/water/education/UrbanWaterSymposium/Section2-UrbanWaterUseandDemand/2.4_Suzanne_Meulen.pdf Presentation at Brown Paper Session Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solution (AMS), 11 May 2020: Van der Meulen, Sutton, Rijnaarts, Van de Ven, Van Oel, Rivadeneira, 2020. Urban surface water; Future demand in Toronto and Amsterdam	Suzanne van der Meulen	Presentatie
E.S. van der Meulen, N.B. Sutton, F.H.M. van de Ven, P.R. van Oel, H.H.M. Rijnaarts, 2020, Trends in demands of urban surface water extractions and in situ use functions, Water Resources Management. Link to full article: https://rdcu.be/b9OfL	Suzanne van der Meulen	Wetenschappelijk artikel

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Water with a barcode , Water met een streepjescode https://www.tudelft.nl/en/ceg/research/stories-of-science/water-with-a-barcode/ https://www.tudelft.nl/citg/onderzoek/stories-of-science/water-met-een-streepjescode/ Lucky find in water research yields better detection method for coronavirus, Wateronderzoek levert betere detectiemethode voor coronavirus op https://www.tudelft.nl/en/2020/tu-delft/lucky-find-in-water-research-yields-better-detection-method-for-coronavirus/ https://www.nwo.nl/en/news-and-events/news/2020/04/lucky-find-in-water-research-yields-better-detection-method-for-coronavirus.html https://www.nwo.nl/actueel/nieuws/2020/04/toevalstreffer-wateronderzoek-levert-betere-detectiemethode-voor-coronavirus-op.html	Joachim Rozemeijer	nieuwsitems
Interactie tussen grondwater en oppervlaktewater (proefschrift Liang Yu, promotie VU 13 januari 2021)	Joachim Rozemeijer	proefschrift
Risk-management tool for environmental prioritization of pharmaceuticals based on emissions from hospitals. Caterina Zillien et al. Science of the Total Environment. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133733	Erwin Roex	Wetenschappelijk artikel
Van toilet naar rivier: de weg van farmaceutische afvalstoffen door de riolering naar watersystemen Caterina Zillien et al. H2O	Erwin Roex	H2O artikel
Waterwinning op zijn creatiefst, Deltalife https://media.deltares.nl/deltalife/13/ne/26/index.html	Hilde Passier	Deltalife artikel
Fragmentation of plastic objects in a laboratory seawater microcosm. Nature Scientific Reports 2020. Jan Gerritse et al. www.nature.com/scientificreports		Wetenschappelijk artikel
Afbreekbaar plastic valt in zeewater traag uit elkaar. De Standaard. https://ap.lc/P4ABy	Jan Gerritse	Nieuwsartikel
Passive sampling: effective sensing of environmental quality (proefschrift Foppe Smedes, promotie VU 20 februari 2021)	Hilde Passier	proefschrift

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
[1] Managing erosion of mangrove-mud coasts with permeable dams—lessons learned JC Winterwerp, T Albers, EJ Anthony, DA Friess, AG Mancheño, Mosely, Muhari, Naipal, Noordermeer, A Oost, Saengsupavanich, Tas, Tonnejck, Wilms, van Bijsterveldt, Van Eijk, Van Iavieren, Van Wesenbeeck ..Ecological Engineering 158, 106078 (2020)	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Paper
[1] Does plastic waste kill mangroves? A field experiment to assess the impact of macro plastics on mangrove growth, stress response and survival. CEJ van Bijsterveldt, BK van Wesenbeeck, S Ramadhani, OV Raven, ...Science of The Total Environment, 143826 2020	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Paper
[1] How to restore mangroves for greenbelt creation along eroding coasts with abandoned aquaculture ponds CEJ van Bijsterveldt, BK van Wesenbeeck, D van der Wal, N Afati, ... Estuarine, Coastal and Shelf Science 235, 106576 4 2020	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	paper
[3] Economic assessment of subsidence in Semarang and Demak	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Report
[1] Ecological mangrove restoration by use of permeable structures.	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Report
[1] Monitoring of Mixed Mangrove Aquaculture	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Report
[3] Effectiveness of Ecosystem-based Adaptation Measures Subject to Sea Level Rise and Land Subsidence	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	report
[1] “Ecological aspects + Project closing event: Accelerating Adaptation through Building with Nature in Indonesia (+450 attenders)”	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	keynote
[3] A workshop in Indonesia in the context of the Training and Awareness Program	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	Workshop with ppts
[3] Miguel de Lucas talked live on Instagram with the Young Professional Netowrk of IAHR of Panama.	Miguel de Lucas Pardo (PL EcoShape-Indonesie)	media
[1] De Vries, B., Van Puijenbroek, M., Willemsen, P.W.J.M., Coumou, L., Dankers, P. (2020). Proeftuin voor ontwikkeling kwelder voor de kust van Delfzijl. Land + Water, Juli 2020	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	paper

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
[1] Interview with KIVI / de Ingenieur, because of PhD thesis P. Willemse (Marconi also mentioned):NL: https://www.deingenieur.nl/artikel/de-kust-beschermen-met-behulp-van-natuurgebieden	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	media
[1] Media attention for Marconi in: Article Trouw: https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/slib-en-zand-op-de-kwelders-in-de-strijd-tegen-zeespiegelstijging-b6fd973b/ RTL Nieuws (from 17:20): https://www.rtlnieuws.nl/video/uitzendingen/video/5210791/rtl-nieuws-1930-uur RTV Noord: https://www.rtvnoord.nl/nieuws/782398/Kunstmatige-kwelders-bij-Delfzijl-zijn-wereldwijd-toepasbaar?s=08	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	media
[1] Field-based decadal wave attenuating capacity of combined tidal flats and salt marshes. Willemsen, Borsje, Vuik, Bouma, Hulscher. Coastal Engineering 156-103628 https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2019.103628	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	paper
[1] Kwelderontwikkeling als Nature-based Solution - Kennis en ervaring van de Proefkwelder Marconi. EcoShape report. Jasper Leuven (RHDHV), Bente de Vries (RHDHV), Petra Dankers (RHDHV), Marinka van Puijenbroek (WMR), Pim Willemsen (Deltares), Laura Coumou (Arcadis), Jelmer Cleveringa (Arcadis), Martin Baptist (WMR), Kelly Elschot (WMR)	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	Report
[1] Salt marsh pilot Marconi – Monitoring results. EcoShape report. Bente de Vries (RHDHV), Pim Willemsen (Deltares), Marinka van Puijenbroek (WMR), Laura Coumou (Arcadis), Martin Baptist (WMR), Jelmer Cleveringa (Arcadis), Petra Dankers (RHDHV), Kelly Elschot (WMR)	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	Report
[1] Series of infographics on Marconi-project	Pim Willemse (PL EcoShape-Markconikwelderontwikkeling Delfzijl)	Infographics
[3] EcoShape - Book of Concepts: Van Eekelen en Bouw ISBN 9789462085824	Luca Sittoni (management board EcoShape)	book
[3] Scaling up Building With Nature along the Danish Coast – the socio-economic Rationale. White paper Interreg project Building with Nature. S Kok, H Vreugdenhil, S IJff, P Sørensen	Sien Kok (PL EcoShape Interreg BWN businesscase)	White paper

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
[3] EcoShape Whitepaper Paving the way for scaling up investment in nature-based solutions along coasts and rivers. How to finance and accelerate implementation of nature-based solutions. Van Eekelen, Gauderis, Kok, Jansen, de Kok, Gleijm. Incl. executive summary	Sien Kok (PL EcoShape Interreg BWN businesscase)	White paper
[3] Interreg Building with Nature Deliverable 5-2. Making a (business) case for Building with Nature. Guidance and lessons from the Interreg North Sea Region project. Groenendijk, Leeuwis, Bergsma, Kok, Husken, Ottow, IJff, Fiselier, Moons. 2020	Sien Kok (PL EcoShape Interreg BWN businesscase)	report
[3] Webinar business case EcoShape 14 January / Side-event CAS 25 January (https://www.EcoShape.org/en/publication-scaling-investment-in-nbs-along-coasts-in-emerging-countries/)	Sien Kok (PL EcoShape Interreg BWN businesscase)	Media
[1] Historic storms and the hidden value of coastal wetlands for nature-based flood defence Z Zhu, V Vuik, PJ Visser, T Soens, B van Wesenbeeck, J van de Koppel, ...Nature Sustainability 3 (10), 853-862 1 2020	Bregje van Wesenbeeck (PL STW-mangroves)	Paper
[1] Several presentations of results of TTW woody at PIANC, IAHR, Understanding Risk conferences	Bregje van Wesenbeeck (PL STW-mangroves)	ppt
[1] STOWA-Deltafact Ontwikkelpaden voor een natuurlijker functioneren van beken en riviertjes. Van Slobbe, Van der Bolt, Maas, Verdonschot, Penning, Chan. https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuuste-hogere-zandgronden/boeiende-beekdalen/ontwikkelpaden-voor-een	Ellis Penning (PL – Lumbricus – Peilen en Vegetatie)	Deltafact paper
[1] STOWA-Deltafact Monitoringsstrategieën voor het meten van de effectiviteit van beekherstelprojecten. https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuuste-hogere-zandgronden/opschalen-en-combineren-wat-het-effect-0	Ellis Penning (PL – Lumbricus – Peilen en Vegetatie)	Deltafact paper
[1] STOWA-Deltafact Peilen en vegetatie in stromende wateren. https://www.stowa.nl/deltafacts/lumbricus-klimaatrobuuste-hogere-zandgronden/inrichten-en-beheren-welke-maatregelen-2	Ellis Penning (PL – Lumbricus – Peilen en Vegetatie)	Deltafact paper

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
[1] Ontwikkelpaden voor bouwen met de natuur. Lumbricus project rapport ontwikkelpaden. Uitgevoerd in delen van de stroomgebieden van de Overijsselse Vecht en de Raam. Lumbricus report. E. van Slobbe1, B. van der Bolt1, G. Maas2, E. Penning3, R. Verdonschot2. W. Wassink4, M. van der Kamp4, F. van der Bolt5, B. Brugmans5, P.M. Chan6.	Ellis Penning (PL – Lumbricus – Peilen en Vegetatie)	report
[1] Peilen en vegetatie – resultaten 2020 proeftuin zuid. Penning, Berends, Gaytan. Lumbricus rapport	Ellis Penning (PL – Lumbricus – Peilen en Vegetatie)	report
[1] Berends, Ji, Penning Warmink, Kang, Hulscher 2020. Stream-scale flow experiment reveals large influence of understory growth on vegetation roughness. Av. in water Resources 143: 103675: https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103675	Ellis Penning (PL -strategische samenwerking Korea)	paper
[1] Special session - online Smart Water Grid Conference on Nature Based Solutions for Natural River Management. Key Note by Ellis Penning	Ellis Penning (PL -strategische samenwerking Korea)	ppt
[3] Artikel implementatie natuurlijk bouwen in Nederland (https://flowsplatform.nl/#/hoe-ver-is-nederland-met-de-implementatie-van-natuurlijke-oplossingen-voor-waterveiligheid--1596198104551)	Stephanie Janssen (PL NBS-Governance aspects)	paper
[3] EcoShape Whitepaper Building with Nature – a futureproof strategy for coping with a changing and uncertain world. Cado van der Lely A, van Eekelen E, Honingh D, Leenders J, McEvoy S, Penning E, Sterk M, Voskamp I, Warren A and van Zelst V	Ellis Penning (PL long term response of NBS to climate change)	paper
[3] EcoShape Webinar on adaptive management, maintenance and monitoring – contribution regarding uncertainties. https://www.EcoShape.org/en/webinar-series-about-enablers-for-building-with-nature/	Ellis Penning (PL long term response of NBS to climate change)	ppt
[1] Experimental investigation of the wave-induced motion of and force distribution along a flexible stem. Jacobsen, Bakker, Uijtewaal, Uittenbogaard. J. Fluid Mech. (2019), vol. 880, pp. 1036_1069. doi:10.1017/jfm.2019.739	Niels Jacobsen (PL SWAN dissipation by vegetation new code)	paper
[1] SWAN dissipation by vegetation new code	Niels Jacobsen (PL SWAN dissipation by vegetation new code)	software

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
[1] Contributor to Master thesis. Spectral Wave Dissipation by Vegetation. Ascencio. TU Delft	Niels Jacobsen (PL SWAN dissipation by vegetation new code)	report
[3] Contribution to https://www.EcoShape.org/en/concepts/	Vincent van Zelst (PL EcoShape Guidelines)	website
[3] Contribution to organization of EcoShape Webinar series https://www.EcoShape.org/en/webinar-series-about-enablers-for-building-with-nature/	Ellis Penning (PL Webinar organization EcoShape)	webinars
[2] Monitoringsplan Kleirijperij: monitoring plan for the pilot, focus on processes of ripening (dewatering, desalting and decrease in organic matter)	Ebi Meshkati (PL Kleirijperij)	Report
[2] Voorbereidende Laboratoriumproeven Kleirijperij: lab test in parallel to field investigation	Ebi Meshkati (PL Kleirijperij)	Report
[2] PIANC WG 214 Beneficial Sediment Use co-charing. Workshop with multiple European stakeholders in Brussel. Survey to PIANC, CEDA, SedNet, world-cover. Monthly meeting. Production of draft concept report	Luca Sittoni, co-chair PIANC WG 214	Workshop plus report
[2] Meegroeidijk, through EcoShape, with partners: STOWA, waterschappen Noorderzijlvest, Rijnland, Brabantse Delta, Living Lab Hedwige Polder, Hogeschool van Lerentijen, EcoShape partners van Oord, WUR, Witteveen en Bos, RHDHV. Two workshops with STOWA and multiple waterboards. Concept PvA for pilot. Managing the project. Finalization in 2021.	Pieter Doornebal (PL Meegroeidijk)	Workshops plus concept PvA

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool, etc.)
Europese project PREMISS	Hilde Passier	Onderzoek naar bronnen, paden en risico's van opkomende stoffen in bodem en grondwater
Handling censored data	Erwin Roex	Rapport
PFAS problematiek	Erwin Meijers	Rapport volgt
Interactie algen-slib: stand van zaken in en toekomst voor modellering met Delft3D	Valesca Harezlak	Rapport
Flocculatiemodel in Delft3D gebaseerd op PBE code en recente inzichten vanuit TU Delft onderzoek	Arjan Markus	Notitie met resultaten volgt in januari
Matlab-code om nieuwe formuleringen voor water-bodemuitwisseling te testen	Miguel de Lucas	Code is beschikbaar
Doorontwikkeling Habitat-model Markermeer met Markerwadden	Mijke van Oorschot	Rapport
Workshop tijdens DSD 2020	Mijke van Oorschot	
Climate variability effects on eutrophication of groundwater, lakes, rivers, and coastal waters in the Netherlands	Joachim Rozemeijer	Wetenschappelijk artikel: wordt gepubliceerd in STOTEN
Poster congres Land Use and Water Quality (LUWQ-2019)	Joachim Rozemeijer	
Interactieve poster voor AGU Fall Meeting 2020	Joachim Rozemeijer	pdf
Emissiesymposium 2020	Joachim Rozemeijer	Presentatie
Onderzoeks- en monitoring Proeftuin Grote Wateren Duurzaam en Kosteneffectief Grondverzet in het kader van de Programmatiese Aanpak Grote Wateren	Wouter van der Star	Rapport
Van abiotiek naar ecologie	Maaïke Maarse	Rapport in de vorm van een ppt

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool, etc.)
Broeikasgassen en nat grondverzet – een literatuur overzicht	Martine Kox	Rapport, concept versie
KIMA-conferentie 1 juli 2020	Thijs van Kessel	Presentatie
Monitoring dunslibcompartimenten en eerste analyses	Thijs van Kessel	Rapportage in de vorm van een ppt
Monitoring slibbodem rondom Marker Wadden - scheepsmetingen	Thijs van Kessel	Rapport
Integrale rapportage KIMA 2018-2020 met Bouwen met slib als één van de drie thema's.	Thijs van Kessel	Rapport
Bijdrages aan KIMA nieuwsbrief, zie website: www.kennismarkerwadden.nl	Thijs van Kessel	
Bemonsteringen zwavel bacteriën 2020	Ruurd Noordhuis	Notitie
Helder - Troebelplan. Invloed van biota op het gedrag van slib.	Ruurd Noordhuis	Presentatie KIMA ecologendag 7 febr 2020
Krijgen we de primaire productie op gang?	Ruurd Noordhuis	Presentatie KIMA webinar 1 juli 2020
De ontbrekende schakel in het voedselweb	Ruurd Noordhuis	Interviews KIMA nieuwsbrief jan 2021 met Ruurd Noordhuis (Deltares) en Nicole Dijkman (RWS-CIV) zie website: www.kennismarkerwadden.nl
Integrale rapportage KIMA 2018-2020 met Ecologie van Waarde als één van de drie thema's.	Ruurd Noordhuis	Rapport
Bijdragen aan One Health Pact	Eline Boelee	outputs worden vooral via de <i>eigen website</i> , nieuwsletter en het <i>NCOH</i> netwerk verspreid. Deltares heeft een <i>thematische startpagina</i> voor het speerpunt Water en Gezondheid en een <i>PACT project page</i> .
https://www.deltares.nl/en/news/nutrient-rich-water-heaven-mosquitoes-spread-disease/	Eline Boelee	Nieuwsbericht 16 november

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Zoetwaterreserves van grote delta's op de wereld	Joeri van Engelen Gualbert Oude Essink	Wetenschappelijke artikelen: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.03.029 https://doi.org/10.5194/hess-23-5175-2019 https://doi.org/10.1029/2020WRO27290 Professionele publicaties: https://www.h2owaternetwerk.nl/h2o-actueel/verdeling-zoet-en-zout-grondwater-in-delta-s-onderzocht Tool: Parallellisatie iMOD-WQ
It's impolite to zoom in on global hydrological models	Albrecht Weerts	https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2020EGUGA..2218628A/abstract
eWaterCycle hydrological model experiment workflow	Albrecht Weerts	Paper Submitted
Assessment of dominant drivers controlling the spatial resolution of the Wflow SBM model based on streamflow using the large sample CAMELS dataset	Albrecht Weerts	Paper Submitted
Comparing the impact for hydrology of the new ERA5 reanalyses dataset over ERA-Interim for using the eWaterCycle community modelling environment	Albrecht Weerts	Paper Submitted
Guest Editorial: Special Issue on Global Hydrological Datasets for Local Water Management Applications	Frederiek Sperna Weiland	Paper in: Water Resources Management: An International Journal, Published for the European Water Resources Association (EWRA), Springer; European Water Resources Association (EWRA), vol. 34(7), pages 2111-2116, May, DOI: 10.1007/s11269-020-02550-3.
Surface Runoff and Drought Assessment Using Global Water Resources Datasets - from Oum Er Rbia Basin to the Moroccan Country Scale	Frederiek Sperna Weiland	Paper in: Water Resources Management: vol. 34(7), pages 2117-2133, May.
Evaluation of Global Water Resources Reanalysis Data for Estimating Flood Events in the Brahmaputra River Basin	Frederiek Sperna Weiland	Paper in: Water Resources Management, vol. 34(7), pages 2201-2220, May

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
The Benefit of Using an Ensemble of Global Hydrological Models in Surface Water Availability for Irrigation Area Planning	Frederiek Sperna Weiland	Paper in: Water Resources Management. vol. 34(7), pages 2221-2240, May.
Verkenning naar de invloed van een warmer klimaat op de gevolgen van droogte in Nederland	Marjolein Mens	Memo, kennisonline.deltares.nl
Differentiating the impacts of water shortages on different social classes of domestic users: a case study of the metropolitan region of Sao Paulo.	Lieke Hüsken	MSc thesis Viviane Malveira Cavalcanti, Vrije Universiteit Amsterdam, kennisonline.deltares.nl
Using remote sensed reservoir observations	Mark Hegnauer	MSc thesis Saket Keshav, TU Delft, kennisonline.deltares.nl
Towards a global high-resolution water demand dataset	Frederiek Sperna Weiland	MSc thesis Stephanie Lips, Utrecht University, kennis.online.deltares.nl
DigiShape Droogte	Dimmie Hendriks	Webinar: Webinar Droogte terugkijken! (digishape.nl) Draft Proposition with partners
Next Generation Drought Index	Dimmie Hendriks	Abstract EGU2021 (submitted)
Combining global and local models and data for sector-specific water scarcity risk assessments in mega-cities (WaterLOUPE)	Dimmie Hendriks	Abstract EGU2021 (submitted)
Development of Water Gap Risk Index – a novel approach for spatially distributed and sector-specific water scarcity risk calculations in urbanized catchments (WaterLOUPE)	Dimmie Hendriks	Abstract EGU2020 (https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-20505)
Development of Global Drought Forecasting System	Dimmie Hendriks	Abstract EGU2021 (submitted), kennis.online.deltares.nl
Water resources across Europe - confronting water stress-II	Dimmie Hendriks	Technical memo Global seasonal drought risk forecast 2020 Deltares, kennis.online.deltares.nl

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Integrated Water Resources Management and Accommodation of Refugees	Henk Wolters	Draft report, kennis.online.deltares.nl
Water measures for peaceful coexistence in refugee settlements	Ron Passchier	kennisonline.deltares.nl
BlueEarth, an integrated open platform with information and tools to support water-related planning processes	Laura Basco Carrera	Report Submitted
BlueEarth dashboard - Automatized dashboard for IDP camps in Nigeria	Judith ter Maat	https://blueearth.deltares.org/
BlueEarth, an Integrated Approach from Model Building to Stakeholder Dialogue	Peter Gijbbers	Paper Submitted. Presentation presented at iIEMs congress; see kennisonline.deltares.nl
BlueEarth Engine – HydroMT - Model Builder framework	Mark Hegnauer	User documentation: https://deltares.gitlab.io/wflow/hydromt/intro.html
Presentation at Deltares international software days: https://softwaredays.deltares.nl/2020/index.php/agenda/presentations#BlueEarth%20User%20Day	Mark Hegnauer	User documentation: https://deltares.gitlab.io/wflow/hydromt/intro.html
BlueEarthData - Disclosure of global CRUCIAL dataset Evaporation Deficit Index; Groundwater Table Declining Trend. Historic period and future scenario's (RCP4.5 and RCP8.5)	Tony Minns / Dimmie Hendriks	https://blueearth.deltares.org/blueearth-data/
BlueEarth case study - Integrated hydro-social modeling at catchment scale - a case for the Rhine basin	Judith ter Maat/ Mark Hegnauer	Abstract Submitted. Presentation presented at iIEMs congress; see kennisonline.deltares.nl

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Acoustic Mapping and Monitoring of the Seabed	Tim Gaida	PhD Thesis
Backscatter analyses and classification of the seabed	Marios Karaoulis	Open source python base software
Review: Measuring groundwater flow velocities near drinking water extraction wells in unconsolidated sediments	Wiecher Bakx, Victor F. Bense, Marios Karaoulis, Gualbert H.P. Oude Essink, Marc F.P. Bierkens	Near Surface Geophysics, paper submitted 2020
Toepassing van glasvezelmeettechniek bij verdichting van WKO-systemen op gebiedsschaal (CRYSTAL)		Eindrapport CRYSTAL, referentie TKI Urban Energy TEUE117038
Investigation of the state-of-knowledge on the Dutch construction minerals system in the context of the transition towards a more circular economy	Martin Philippo	Master Thesis
Circularity Tool	S. Moinier and H. Hulsman	Memo in progress
An integrated iCHIP for environmental in situ production and collection of unknown antibiotics		Manuscript to be submitted to Journal of Microbiological Methods
Managed Aquifer Water and Thermal Energy Recharge and Storage (MAqWaTERS)		Memo
Feasibility study focused on applying combined technologies in Terschelling and Westland		Memo
Effect van waterzuiveringseffluent en microplastics op het bezinken van baggerslib	Jan Gerritse and Erik van Vilsteren	Rapport
GeoTool Safari D3D module - extracting better statistical trends of sediment distributions from Delft3D models		Paper in preparation
Soil Mission Support – development of a roadmap for R&I for sustainable land and soil management		Proposal H2020

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Characterization of sediment from the Port of Rotterdam	Keerthana Mohan	TU Delft report
The hydrodynamics of an eco-innovative sediment reuse project in the Rotterdam Waterway	M.E.G. Geraeds	TU Delft rapport
Obtaining suspended sediment transport from Acoustic Doppler Current Profiler data	Buschman and Van der Deijl	Deltares rapport
Obtaining suspended sediment concentration in the water column from existing boat observations	Buschman e.o.	Deltares rapport
Towards circular use of North Sea sand		Paper in progress
Fibre Optic Salinity Tracing for Environmental Research	Jansen et al.	H20 artikel EFRO FOSTER in preparation
Groundwater monitoring and remediation		Paper EFRO FOSTER in preparation
Een outreach programma ontwikkeld rond hoe olivijn verweert en CO ₂ daarmee opslaat. Een kunstwerk dat de mineralisatie van CO ₂ visualiseert is ontworpen en gebouwd door Ap Verheggen en wordt in 2021 onthuld		

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
COASTAR Westland glastuinbouw	Esther van Baaren	rapport (concept)
COASTAR Brakwaterwinning MT polder technische rapportage: Brakwaterwinning Polder Middelburg en Tempelpolder.	Esther van Baaren	(achtergrond)rapport
COASTAR nationaal opschaling	Esther van Baaren	rapport (concept)
Water supply network model for sustainable industrial resource use a case study of Zeeuws-Vlaanderen in the Netherlands.	Gu Oude Essink (hoofdauteur J. Willet)	Wetenschappelijk artikel (Water Resources and Industry)
A practical quantification of error sources in regional-scale airborne groundwater salinity mapping.	Gu Oude Essink Marc Bierkens (hoofdauteur J. King)	artikel (Environmental Research Letters)
Geological heterogeneity of coastal unconsolidated groundwater systems worldwide and its influence on offshore fresh groundwater occurrence.	Gu Oude Essink (co-auteur) Marc Bierkens (hoofdauteur D Zamrsky)	Wetenschappelijk artikel (Frontiers in Earth Sciences)
Model Predictive Control of Water Level and Salinity in Coastal Areas. Promotieonderzoek Boran Aydin TUDelft, aug. 2020.	Gu Oude Essink	PhD Thesis (TUD)
Factors determining the natural fresh-salt groundwater distribution in deltas (Water Resour.)	Joeri van Engelen	Wetenschappelijk artikel (Water Resources Research)
Onderzoek schaling door vergelijking MODFLOW6-waterbalansen voor verschillende submodellen.	Bennie Minnema	Tool en ppt
Distributed memory parallel computing of three-dimensional variable-density groundwater flow and salt transport	Jarno Verkaik Gu Oude Essink Marc Bierkens	Wetenschappelijk artikel (Concept)
Mondiaal grondwatermodel op 1 km resolutie	Jarno Verkaik	Tool Artikel (Concept)
Prototype geparalleliseerde MODFLOW 6-software	Jarno Verkaik	Tool (software)
Workshop interactie grondwater – oppervlaktewater (3 dec 2020)	Wim de Lange Huite Bootsma	ppt en tool

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Water-Energy Strategic Planning - Opportunities for Climate Action, Event Water Week for Development (Aug 2020)	Reinaldo Penailillo	ppt
Mid-term Projections towards the Water, Energy and Agriculture Nexus in Jordan.	Karen Meijer	Master thesis (UT)
Coupling Ribiasim - Osemosys	Reinaldo Penailillo	Tool
Three-dimensional hydrogeological modelling of head changes of a South Benin artesian aquifer	Perry de Louw (co-auteur)	Artikel
Flow characterization and modelling of a South Benin artesian aquifer system: effects of hydraulic and storage properties and recharge on simulated heads across the artesian zone Promotieonderzoek R. Kpegli, nov 2020	Perry de Louw	PhD Thesis (WUR)
Klimaatanalyse grondwater (GeoERA)	Frederiek Sperna Weiland	Tool
Klimaatadaptieve drainage KLIMAP	Geert-Jan Nijsten	Tool
Toolbox NHI-zoet-zout	Joost Delsman	Tool (Artikel in prep.)
Koppeling WFLOW - WOFOST	Willem van Verseveld	Tool
visie verdere uitwerking oppervlaktewater – grondwater	Peter Gijsbers	ppt
Exploration of groundwater, and analysis of future land use and climate change in de Alta de la Picassa Basin.	Timo Kroon	Master Thesis Univ. Côte D'Azur

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
www.WarmingUP.info	Frits Verheij (TNO) en Gerda Lenselink (Deltares)	Inzicht in de doelen van het programma en bijbehorende thema's, resultaten en nieuws
Leren van praktijkervaringen aquathermie	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	STOWA rapport 37-2020
Monitoringsplan ecologische effecten thermische energie oppervlaktewater	Bonne van der Veen (Deltares) en Ida de Groot (Deltares)	Deltares rapport nr. 11205155T3B, WarmingUP rapport T3MP1R2V2.1.
Werken aan betrouwbare warmte.	Gerda Lenselink (Deltares)	TO2MORROW Magazine, Impactrapportage 2020 Energietransitie en duurzaamheid, blz. 13
Warmte uit water, de grote belofte van de energietransitie	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	H2O, 6-2020, blz. 12-13
WarmingUP!	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	STOWA ter info nr. 75
WarmingUP – onderzoek naar de effecten van aquathermie op het waterbeheer.	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	H2O Actueel, 16.12.2019
Potentie van aquathermie gedetailleerd in beeld gebracht.	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	H2O Actueel, 25.2.2020
Handreiking Monitoring ecologische effecten aquathermie gepresenteerd.	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	H2O Actueel, 29.6.2020
Aquathermie betrouwbare bron, wel steeds maatwerk.	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	H2O Actueel, 25.11.2020
STOWA (2019) WarmingUP!	Aanspreekpunt: Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	Nieuwsbericht website STOWA, gepubliceerd 16 dec. 2019

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Bouwen aan acceptabele, duurzame en betaalbare warmtenetten.	Ivo Pothof (Deltares), Andrea Forzoni (Deltares) en Lieke Hüskens (Deltares)	WarmingUP Webinar Thema 2, 22 september 2020
Potentie aquathermie en barrières overwinnen bij toepassing.	Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	WarmingUP Webinar Thema 4, 8 september 2020
Verkenning van ondergrondse warmteopslag in Nederland.	Ivo Pothof (Deltares)	WarmingUP Webinar Thema 5, 7 juli 2020
Aquathermie in de praktijk smaakt naar meer.	Bonne van der Veen (Deltares) en Ronald Roosjen (Deltares)	Werksessie i.h.k.v. Nationaal Warmte Congres 2020 - Warmteweken 2020, 17 dec. 2020
Onderweg naar integrale pilots collectieve warmte.	Gerda Lenselink (Deltares)	WarmingUP workshop. Virtuele workshop, 6 oktober 2020
Terugkoppeling resultaten bijeenkomst op 6 oktober: Onderweg naar integrale pilots collectieve warmte.	Gerda Lenselink (Deltares)	WarmingUP webinar. Virtuele workshop, 27 oktober 2020.
Advanced control of future-proof district heating.	Ivo Pothof (Deltares)	PhD-student Ilham Naharudinsyah (TU Delft). Startdatum: september 2020
Accelerating the Dutch energy transition: Lowering operating temperatures of heat distribution operating temperatures of heat distribution systems in the built environment.	Ivo Pothof (Deltares)	MSc student Max Coenen (TU Delft). Looptijd: maart t/m augustus 2019 (studie m.b.t. het WarmingUP voorstel)
Construction cost model for MT/LT district heating networks in existing neighbourhoods.	Lieke Hüskens (Deltares)	MSc student Jorn Mieras (TU Delft). Looptijd: April t/m November 2020.
Crossing bridges: reinventing heat supply	Sam van der Zwan (Deltares)	WarmingUP Presentatie
Thema 1: Design Tool Kit	Sam van der Zwan (Deltares)	WarmingUP Webinar
Eindrapport JIP CALM (eind 2021)	Niek Bruinsma (Deltares)	Rapport
Tutorial (eind 2021)	Niek Bruinsma (Deltares)	webinar

Future-proof Coastal Infrastructure and Offshore Renewable Energy

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
FIAT Accelerator – Coastal Erosion	Laurens Leunge Wiebe de Boer	Tool with (instruction) memo
Future Shorelines in shorelinemonitor based on Voudoukas et al., 2020.	Arjen Luijendijk Etiënne Kras	Web application
Mangrove planting on dredged material: three decades of nature-based coastal defence along a causeway in the Arabian Gulf	Roderik Hoekstra	Journal paper (Marine and Freshwater Research)
Numerical modelling of the migration direction of tidal sand waves over sand banks	Roderik Hoekstra Tom Roetert	Journal paper (Coastal Engineering)
Efficient Modeling of Complex Sandy Coastal Evolution at Monthly to Century Time Scales	Dano Roelvink Bas Huisman	Journal paper (Frontiers in Marine Science)
Efficient and robust decadal forecasting for sandy coasts, barrier islands and headlands	Bas Huisman	Presentation ASBPA's National Coastal Conference October 13-16, 2020
The application of a radar-based depth inversion method to monitor near-shore nourishments on an open sandy coast and an ebb-tidal delta	Matijs Gawehn Ap van Dongeren Roderik Hoekstra	Journal paper (Coastal Engineering)
Development and Validation of Quasi-Eulerian Mean Three-Dimensional Equations of Motion Using the Generalized Lagrangian Mean Method	Niels Jacobsen Dano Roelvink	Journal paper (Journal of Marine Science & Engineering)
Creation of new Extra-Tropical Cyclone fields in the North Atlantic with Generative Adversarial Networks: A deep learning framework to generate new synthetic atmospheric variables fields from the learned original sample data distribution	Sofia Caires	MSc thesis
Deriving Beach Grain Size from Satellite Imagery: A multimethod approach for deriving intertidal beach slopes and sediment grain sizes for different coastal environments	Arjen Luijendijk Wiebe de Boer	MSc thesis
PhD Weiqui Chen	Marcel van Gent	1 Journal paper in Journal of Marine Science & Engineering; 1 Journal paper in Coastal Engineering
AI High Speed Camera	Alex Capel	Database on run-up vs overtopping events

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
IsoAdvectior	Niels Jacobsen	Module for OpenFoam to improve numerical scheme
Future Coastal Structures	Joost den Bieman	XGB tool for assessing wave overtopping inc 2 journal papers and 1 conference paper
Crest Walls	Alex Capel	Analysis of physical modelling data to improve climate adaptation options.
Wave reflection analysis	Joost den Bieman	Data had been gathered to further optimize the reflection analysis in the wave flume based on camera technology.
ELA method	Menno de Ridder	Analysis and script have been prepared to use the latest technology for reflection analysis also in our wave flumes.
EnerSeaHub	Alex Capel	A reef type structure design which enables the ecological system and is climate adaptive
Breakwaters	Marcel van Gent	2 journal papers on rock toe stability and armour stability
CHASM (Coupled High-resolution Atmosphere Sea Modelling)	Sofia Caires Bas Reijmerink	The generated wind and wave data is added to the live release of BlueEarth Data (https://gds.deltares.nl/)
JIP Eco-Friend	Tim Raaijmakers Luca van Duren	(Intermediate) report on eco-friendly pilots aiming at oyster restoration in GEMINI windpark
Combining offshore wind with Ocean Energy and Storage	Natalia Aleksandrova	Report on opportunities to combine ocean renewable energy and/or offshore energy storage with offshore wind
CFD modelling of turbulent flows over rough beds	Niek Bruinsma Tom O'Mahoney Tim Raaijmakers	MSc Thesis Luc Bierhuizen

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Scour in cohesive and complex layered soils	Yorick Broekema	Report on scour in cohesive and layered soil – investigation on new laboratory facility
HYPE-ST (GROW)	Thomas Balder Dirk de Lange	Paper on Hydraulic Pile Extraction of Offshore Monopiles – Scale Tests at ISFOG2020 Conference (https://www.isfog2020.org/)
GDP (GROW)	Ahmed Elkadi Faraz Tehrani	Paper on new technique for Gentle Driving of Offshore Monopiles at ISFOG2020 Conference (https://www.isfog2020.org/)
Design of oyster broodstock structures for nature-enhancement in offshore wind farms	Tim Raaijmakers Peter Herman	MSc Thesis Victor van Rie

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Operational 2D water depth prediction using echo sounder data of inland ships	C.F. van der Mark & M. Lemans	Artikel River Flow 2020
Inzet CoVadem data voor Deltares onderzoeksdoeleinden	W. Ottevanger	Memo
Delft3D river bed morphodynamics including bed level assimilation; CoVadem depth and multibeam measurements	W. Ottevanger	Rapport
Digital Twin Vaarwegcorridor 2020	M. Zagonjoli	Eindpresentatie over ontwikkelde modelapplicatie in PPT (link naar applicatie niet openbaar)
Conceptueel rekenmodel "optimale verlader"	M. Smoorenburg	Brainstorm met eerste gedachten hierover tbv een vervolg in 2021 in emails + PPT
Consortiumvorming, marktconsultatie + aanmaken voorstel – autonoom meten tbv verbeteren rekenmodellen voor het aanleveren van informatie aan autonome schepen (gesloten cyclus)	M. de Jong / A. van der Hout	Consortium, gedragen TKI-voorstel
Deelname aan veldmetingen schroefstralen (North Sea Port)	A. van der Hout	Onderzoeksrapportage(s)
Innovative mooring in the port of the future: scale model testing of the ShoreTension system	B. Reijmerink	Artikel OMAE2020 conferentie, ism met meerdere (markt)partijen
Nationale publicatie van rapport Onderzoeksraad Voor de Veiligheid (OVV) naar het incident met het containerschip MSC Zoe, met daarin de onderliggende studies van Deltares en MARIN integraal opgenomen	A. van der Hout	Rapport: https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/06/25/ovv-rapport-veilig-containertransport-ten-noorden-van-de-waddeneilanden
Deelname aan meerdere internationale PIANC-werkgroepen op technische onderwerpen	M. de Jong, R. van der Mark	Bij afronding elke werkgroep: guidelines die internationaal hoog aangeschreven staan in de wereld van nautische infra
Deelname aan de permanente task group Climate Change van PIANC	M. Altamirano	Meerdere rapportages (oa whitepaper) en georganiseerde (online) events

Titel	Auteur/ aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Green ports - H2020 PotF	W. de Boer	Uitgebreide en vernieuwde versie van de Serious Game – Sustainable Port Development + bijbehorende rapportages
Participatie in Novimar	R. van der Mark	Oa Artikel River Flow 2020
Begeleiding van meerdere MSc-afstudeerders	A. van der Hout	Meerdere MSc-rapportages

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Leakage under fire: a simple experimental set-up to determine electrical impedance associated with infiltration and exfiltration	Bram Stegeman	Abstract + ppt
The results of an extensive experimental program for identifying geo-electrical fingerprints of exfiltration in underground pipes.	Stegeman, B., Hopman, V., Langeveld, J., Clemens, F	Journal article (Draft, submitted to journal of Structure and Infrastructure Engineering).
Validation of a CFD model by physical scale modelling for the complex 3D hydrodynamics near a salt screen for selective withdrawal of stratified flow	De Fockert, T. M. O'Mahoney, H. Nogueira, G. Oldenziel., A, Bijlsma, H. Janssen	Journal article (draft, submitted to Journal of Hydraulic Engineering).
Large scale water wave topography measurements using free surface schlieren.	G. Oldenziel, A. Moreno, N. Bruinsma.	Congress paper + ppt + postprocessing software
Video met resultaten BOS	G. Oldenziel	Video op vimeo: https://vimeo.com/489354829/5315f21002
Electrical noise measurements	S. Jansen	ppt
Electrische verstoring en MIC	S. Jansen	ppt

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Webinar droogte funderingen	Sien Kok, Mandy Korff	ppt. webinar verbond van verzekeraars
Systematic assessment of damage to buildings due to groundwater lowering-induced subsidence: methodology for large scale application in the Netherlands	Sien Kok, Mandy Korff	artikel voor Tisols conferentie 2020
Building deformation sensitivity analysis	Ana Teixeira, Eleni Smyrniou	rapport/memo gevoeligheidsanalyse
Smart Port Kademuur van de Toekomst - Kennisprogramma IJkkade	Mike Woning, Joost Bredeveld	rapport
Long-term deformation of railway tracks considering train-track interaction and non-linear resilient behaviour of aggregates – a 3D FEM implementation	Bruno Zuada Coelho	Elsevier Research Paper Computers and Geotechnics 126 2020
Subsoil modelling for railway induced vibrations	Bruno Zuada Coelho	Eurodyn 2020
Assessment of the Dynamic Properties of Holocene Peat	Zwanenburg, C. Maria Konstadinou, Piet Meijers, Mandy Korff	Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering
GEOLAB, Science for enhancing Europe's Critical Infrastructure	Ton Peters	Proposal PPT
Towards network assessment of permanent railway track deformation	Bruno Zuada Coelho <i>et al.</i>	paper under revision
Shift2Rail	Bruno Zuada Coelho	proposal (won)
Eurocode developments	Timo Schweckendiek	ppt
Design of a measurement sleeper for ballasted railway tracks	dr. Ir. P. Hölscher	Werkplan voor vervolg afstudeerwerk
	Arjan Venmans	thesis Vittorio Vitron

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Analysis of combined factors on building settlement occurrence; Case study in Bloemhof area Rotterdam	Mandy Korff	thesis Alfonso Prospero
Introduction to Special Issue on Geosynthetic-reinforced pile-supported embankments.	van Eekelen, S. J. M., Han, J., 2020.	<i>Geosynthetics International</i> 27 (2), 111-111.
Geosynthetic-reinforced pile-supported embankments: State of the Art. <i>Geosynthetics International</i> 27 (2), 112-141	van Eekelen, S. J. M., Han, J., 2020	<i>Geosynthetics International</i> 27 (2), 112-141
CROW projectplan en inhoudsopgave van CUR 166	Hans Brinkman, Henri Havinga	via CROW
Update Turnkey	Mario Martinelli	presentatie Turnkey voortgang
Application of Conditional Generative Adversarial Networks in Predicting Sub-Surface Temperature Field around ATEs systems	Faraz S. Tehrani; Negar Khoshnevis	Report and public summary
A Data-Driven Surrogate Approach for the Temporal Stability Forecasting of Vegetation Covered Dikes	Elahe Jamalnia, Faraz S. Tehrani, Susan C. Steele-Dunne and Philip J. Vardon	Journal paper
Draaiboek paalproeven op Deltares-campus (fase 1)	Dirk de Lange	Rapport
Ontwerp miniaturconus voor in centrifuge	Dirk de Lange	Tekeningen
Artikel in Land en Water over paalproeven MV2	Dirk de Lange	Artikel
Numerical Verification of the Concentric Arches Model for Geosynthetic-Reinforced Piled Embankments: Applicability and Limitations	Lee, T.H., van Eekelen, S.J.M., Jung, Y.H	Canadian Geotechnical Journal. https://doi.org/10.1139/cgj-2019-0625

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Deformations in trapdoor tests and piled embankments	Rui, R., Zhai, Y. X., Han, J., van Eekelen, S. J. M. and Chen, C.	<i>Geosynthetics International</i> 27 (2), 219-235 [https://doi.org/10.1680/jgein.19.00014]
Long term measurements in the Woerden geosynthetic-reinforced pile-supported embankment	Van Eekelen, S.J.M., Venmans, A.A.M., Bezuijen, A., Van Tol, A.F.	<i>Geosynthetics International</i> 27 (2), 142-156
Field measurements in a partly submerged woven geotextile-reinforced pile-supported embankment	van Eekelen, S.J.M., Zwaan, R.A. Nancey, A., Ruiters, J.M. and Jung, Y.H.	To be published in the proceedings of Eurogeo7, postponed to May 2021
Geogrid-anchored sheet pile walls: field test and numerical analyses.	Van Duijnen, P.G., Detert, O, Lavasan, A.A., van den Berg, J., Hölter, R., König, D. and Van Eekelen, S.J.M.	To be published in the proceedings of Eurogeo7, postponed to May 2021
Geogrid-verankerde damwanden. Deel 1: voorbeeldprojecten en onderzoeksopzet	Detert, O., Lavasan, A.A., van den Berg, J., Van Duijnen, P.G., König, D., Hölter, R. en Van Eekelen, S.J.M.	In: <i>GeoKunst, GeoTechniek</i> , november 2019, 62-66.
Geogrid-verankerde damwanden. Deel 2: full scale test	Van Duijnen, P.G., Detert, O, Lavasan, A.A., van den Berg, J., König, D., Hölter, R. en Van Eekelen, S.J.M.	In: <i>GeoKunst, GeoTechniek</i> , maart 2020, 53-57
Erosion protection with geosynthetics	Van Eekelen, S.J.M., Bezuijen, A., Gerritsen, R., Voskamp, W., van Duijnen, P., ter Horst, P., Zengerink, E.	IGS News, 2020.
Desenvolvimento, validação e adoção de um modelo para Aterros Estaqueados Reforçados com Geossintéticos em uma diretriz de projeto. Aterro estaqueado no Brasil	Van Eekelen, Suzanne	Reforçando Ideias #47, Julho - Setembro 202, Ano 13, 2-4.

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Manual Zeesluisformulering	Tjerk Vreeken, Tom O'Mahoney, Otto Weiler	Manual 11200741-099 (komt in 2021 beschikbaar op internet)
Overall rapportage aanval overstortend debiet op bodemverdediging	Otto Weiler, Suzanna Zwanenburg / Femke Verhaart	Rapport 11202749-002-HYE-0004
Nieuw Object – Bodem bescherming stuwen Velocity measurements near the bed downstream of an overflowing weir	Suzanna Zwanenburg, Gosse Oldenziel / Femke Verhaart	Rapport 11203871-003-GEO-0001
Summary of velocity measurements at the bed downstream of an underflowing weir using EMS probes	Suzanna Zwanenburg / Femke Verhaart	Memo 11203871-003-GEO-0004
Hydrodynamic impact and power production of tidal turbines in a storm surge barrier	Tom S. D. O'Mahoney, Anton de Fockert, Arnout C. Bijlsma and Pieter de Haas	Paper International Marine Energy Journal, Vol. 3, No. 3, November 2020
Validation of a CFD model by physical scale modelling for the complex 3D hydrodynamics near a salt screen for selective withdrawal of stratified flow	A. de Fockert, T. O'Mahoney, H. I. S. Nogueira, G. Oldenziel, A.C. Bijlsma, H. Janssen	Paper journal of Hydraulic engineering (submitted)
PIANC report WG 198 – Saltwater Intrusion Mitigations and Technologies for Inland Waterways.	Tom O'Mahoney (chair)	PIANC report (submitted)
PIANC report 206 – Handbook for Navigation design Hydraulics chapter, section on density currents	Helena I. S. Nogueira, Tom O'Mahoney	PIANC report (ongoing)
Protecting the Rhine-Meuse delta against sea level rise: what to do with the river's discharge?	De Bruijn, K.M., Diermanse, F., Weiler, O.M., De Jong, J.S., and Haasnoot M.	Paper (submitted)
Flatten the curve: vervangingsopgave infrastructuur	Erik Ruijgh, Annemargreet de Leeuw	Powerpoint
Hoe komen we tot de ontwikkeling van een centraal tool rond de Vervangingsopgave?	Erik Ruijgh, Nienke Kramer	Powerpoint

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Incorporating the cascading impacts of critical infrastructure damages in economic flood risk analyses	Kathryn Roscoe / Frederique de Groen	Powerpoint
Criticality tool	Frederique de Groen	Tool (scripts under development)
van Ginkel, K. C. H., Dottori, F., Alfieri, L., Feyen, L., and Koks, E. E.: Direct flood risk assessment of the European road network: an object-based approach, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2020-104 , 2020.	Kees van Ginkel	paper
Costa, A.L., van Ginkel, K.C.H., de Groen, F., and Jeuken, A.: Trade disruptions due to flooding. In: Botzen et al. (2020) D3.4 Socio-economic tipping point analysis, Deliverable of the COACCH project.	Kees van Ginkel / Ad Jeuken	Rapport (www.coacch.eu)
Visualisatie-module risk assessment	Margreet van Marle / Gerrit Hendriksen / Mike Woning	tool
Vulnerability function database	Mike Woning	database
RI2DE tool	Mike Woning / Margreet van Marle	Tool
RA2CE tool	Thomas Bles / Margreet van Marle / Kees van Ginkel / Frederique de Groen	Tool
Handelingsperspectief na een risicoanalyse van (weg) infrastructuur	Lieke Hüsken / Mike Woning / Thomas Bles	powerpoint
Evaluatie toepassing Circle	Annegien Tijssen	powerpoint
Towards more inclusive resilient infra assessments	Lieke Hüsken / Margreet van Marle	notitie
DMDU resilience analysis of infrastructure networks python scripts	Ümit Taner	scripts
DMDU resilience analysis of infrastructure networks	Ümit Taner	powerpoint

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Embankment detection from space	Maarten Pronk / Margreet van Marle / Mike Woning	powerpoint
Resolving infrastructure from space; using ICESat-2 to detect and measure embankments	Maarten Pronk	Paper
SpaceLiDAR.jl, A Julia package to work with ICESat-2 and GEDI data	Maarten Pronk	Tool
Near Real Time Impact Analysis on Infrastructure Networks resulting from Floods	Martijn Kwant / Arjen Haag / Margreet van Marle / Frederique de Groen	ARC GIs Storymap: NRT Flood Impact Analysis on Road Networks: https://arcg.is/1uGm5W0
Criticality and forecast based emergency management – State of the Art and future applications	Herman Haaksma / Margreet van Marle	Powerpoint

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Handbook for the Implementation of Nature-based Solutions for Water Security: guidelines for designing an implementation and financing arrangement, EU Horizon 2020 NAIAD Project, Grant Agreement N°730497 Dissemination.	Altamirano M.A.	Validated methodology to close the implementation gap for (NBS) water security strategies – presented in Handbook
NAIAD book chapters: Greening Water Risks (forthcoming)	Altamirano M.A & Laura Basco Carrera	Chapter 7: Designing Natural Assurance Schemes with Integrated Decision Support and Adaptive Planning Chapter 9, Closing the implementation gap of NBS for water security: Developing an implementation strategy for natural assurance schemes
Closing the Implementation Gap / FFWS (2019 program)	Altamirano M.A	Peer reviewed article, Ecological Economics: The Natural Assurance value of nature-based solutions: a layered institutional analysis for long term climate resilient transformational pathways (under review)
Financing Framework for Water Security: Turning NBS projects into investable propositions/A comprehensive toolkit to support the natural mitigation of water risks	Altamirano M.A. & Laura B. Carrera	Artikel, Cordis EU Publication https://cordis.europa.eu/article/id/421775-a-comprehensive-toolkit-to-support-the-natural-mitigation-of-water-risks/itnon
Financing a Paradigm Shift in Development Models in Asia-Pacific and Latin America	Altamirano M.A. & Begonia Arellano	Article in Water Science Policy journal about Stockholm World Water Week session co-convended by Deltares, ADB, IADB, Government of the Netherlands and Global Alliance for Banking on Values (GABV) https://www.watersciencepolicy.com/2020/10/05/financing-a-paradigm-shift-in-development-models-in-asia-pacific-and-latin-america/
Stockholm World Water Week /	Altamirano M.A. & Begonia Arellano	Deltares: One session and 1 scientific seminar convened by Deltares – Stockholm World Water Week https://www.youtube.com/watch?v=CwhNk0il8fk (Financing a Paradigm Shift in development models) https://www.worldwaterweek.org/event/9477-water-in-a-climate-crisis---capacitating-resilient-solutions (Scientific Seminar 1: Water in a climate crisis – Capacitating resilient solutions) On SWWW you tube channel: https://ap.ic/wAzmq

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
11205301-018 Clustering method for Investment Planning - FFWS	Camilo Benitez & Altamirano M.A. and Ruben Dahm / Altamirano M.A.	Report and method. Titled: Achieving water security by clustered, hybrid investment planning of climate adaptation measures: Preliminary Analysis Bangladesh Delta Plan
11205301-019 Testing of the Financing Framework on the Guayaquil case	Camilo Benitez/ Altamirano M.A.	Report titled: LINKING FFWS TO CRIDA PROCESS PLANNING Lessons learned from the Guayaquil Case. Result: Enriching and exploring the added value of the FFWS for CRIDA in Guayaquil, where it was applied in cooperation with Rebel Group
11205301-009 Implementation - Integrated methodology for investment Planning for Climate Resilient Development	Patricia Trambauer & Altamirano M.A.	Report: Lempa Basin/Dry Corridor Water Framework of Analysis (DRAFT) DRAFT report – first quick diagnosis of the Trifinio biosphere applying the WBG Water Security methodology and two of our own methodologies, drought risk assessment and Framework of Analysis
Implementation - Integrated methodology for investment Planning for Climate Resilient Development	Altamirano M.A.	Oral Presentation AGU Fall Meeting 2020, Session Natural Infrastructure for Water Security, titled: H181-08 Nature-Based Solutions: a future proof investment under a changing climate?
Een uniek project , een unieke samenwerking, de governance van Marker Wadden ontleed.	Stephanie Ijff	Rapport over de governance van de Marker Wadden.

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Building Bridges: Policy Transfer and Translation of the Dutch Delta Approach	Informatie via Gerald Jan Ellen	Proefschrift – Ellen Minkman (Erasmus Universiteit Rotterdam) In de afgelopen tien jaar is deze ‘Nederlandse aanpak’ van deltamanagement door de Nederlandse overheid actief verspreid in het buitenland. Het gevolg is dat deze Dutch Delta Approach (DDA) model stond voor beleidsvorming in tientallen projecten over de hele wereld en vooral in ontwikkelingslanden. Deze verspreiding van de DDA naar andere landen is een proces van beleids-overdracht (policy transfer), oftewel een proces waarbij kennis over beleid in één plaats en tijd doelbewust gebruikt wordt om elders beleid te formuleren (Dolowitz & Marsh, 1996; Evans & Davies, 1999). Binnen de zogenoemde focusdelta’s zijn delta’s in Azië rijk vertegenwoordigd, de focusdelta’s zijn tevens de gebieden waarnaar de DDA overgedragen wordt. Dit onderzoek concentreert zich daarom op beleidsoverdracht van de DDA naar drie Aziatische landen: Indonesië (Jakarta), Vietnam (Mekongdelta) en Bangladesh. Hierbij staan vragen over de effectiviteit van de overdracht van de DDA naar deze landen centraal: met welke aspecten moet rekening worden gehouden bij de overdracht van beleid van het ene land naar het andere? Maar ook: waarom wordt de DDA überhaupt overgedragen aan andere landen? Hoe beïnvloedt de lokale en internationale politiek deze overdrachtspogingen? En wanneer kunnen deze overdrachten als ‘succesvol’ of effectief worden beschouwd?
Governance of climate adaptation, which mode? An exploration of stakeholder perspectives on how to organize adaptation	Informatie via Gerald Jan Ellen	Artikel in Climate Change: Molenveld, A., van Buuren, A., & Ellen, G. J. (2020). Governance of climate adaptation, which mode? An exploration of stakeholder viewpoints on how to organize adaptation. Climatic Change, 162(2), 233-254.
Mind the Gap: Towards a Typology of Climate Service Usability Gaps	Informatie via Gerald Jan Ellen	Artikel in Sustainability: Raaphorst, K., Koers, G., Ellen, G. J., Oen, A., Kalsnes, B., van Well, L., ... & van der Brugge, R. (2020). Mind the Gap: Towards a Typology of Climate Service Usability Gaps. Sustainability, 12(4), 1512.
Project deliverables EVOKED (ERA4CS): gericht op het gebruik van climate services en besluitvorming	Informatie via Gerald Jan Ellen	https://www.ngi.no/eng/Projects/EVOKED/Implementing-EVOKED-at-case-study-sites

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
How are European Countries Preparing for Sea Level Rise? The article is based on a survey completed in 2020 of SLR planning in European countries	Sadie McEvoy, Marjolijn Haasnoot	Wetenschappelijk artikel in journal Ocean and Coastal Management. The results are included in the IPCC AR6 WGII.
Improving flood risk assessments using multi-realizations from a climate model	Frederiek Sperna Weiland	Wetenschappelijk artikel submitted naar Journal of Flood Risk Management
Stochastic Environmental Research and Risk Assessment Detecting Climate Change Signals by Combining Test Statistics from Multiple Sites	Ferdinand Diermanse	Draft paper
H2020 MYRIAD	Annegien Tijssen	Proposal to participate in EU-H2020 project (toegekend)
Changes in global tides in response to future sea-level rise and the implication for the frequency of extreme sea level	Maialen Irazoqui Apecechea	Draft paper and GTSM model development
Future extreme sea levels under sea-level rise	Renske de Winter/ Emiel Moerman	Tool
Protecting the Rhine-Meuse delta against sea level rise: what to do with the river's discharge?	Karin de Bruijn	Wetenschappelijk artikel submitted naar Journal Of Flood Risk Management
Mapping the solution space for adaptation to high-end sea level rise in urbanized coastal zones; a case study for the Netherlands	Marjolijn Haasnoot	Draft paper
Effects of climate change in the Wadden Area	Vincent van Zelst, Amrit Cado van der Lelij, Bregje van Wesenbeeck	Memo Verkennende studie
Sustainable Delta Game - city version	Andrew Warren	Serious game (under development) Concept design Software developmen

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Wetenschapscommunicatie	Bart van den Hurk	Endorsement by JPI-Oceans and JPI-Climate to approve Deltares to co-lead the Knowledge Hub on Sea Level Rise in the next 3 years.
Washover inundation and barrier island accretion	Renske de Winter	PhD-supervision Daan Wesselman, thesis finalized in 2020
Klimaatadaptatie en transitie management	Rutger van der Brugge	Artikel in water governance, Themanummer, januari 2021
Commitment to sea level rise adaptation	Marjolijn Haasnoot	Paper in review bij nature climate change. Nu bezig met verwerken review

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Course on identifying effects of flooding to critical infrastructure networks	Annegien Tijssen	teaching materials (pdf, ppt)
Beschouwing internationale ontwikkelingen hydraulische modelsoftware	Didrik Meijer	report (pdf)
Variatie infiltratiecapaciteit innovaties in laag Nederland	Floris Boogaard	article (Riolering, december 2020)
5 jaar Floodfighting in Almere: Infiltratiecapaciteit wadi's varieert in ruimte en tijd onderzoeksresultaten hydraulisch functioneren wadi's	Floris Boogaard	article (Land en Water, in prep.)
Onderzoeksresultaten innovatieve infiltratievoorzieningen Arnhem. Variatie in infiltratiecapaciteit in ruimte en tijd van regenwateruinen	Floris Boogaard	article (in prep.)
Urban Water Balance Model	Toine Vergroesen	scientific paper (in prep.)
Enabling validation of 2D urban flood models by providing tools to collect and use non-structured, public, online data related to urban flooding	Ruben Dahm	report (pdf), software
Urban Water Balance Model open software	Reinder Brolsma	software, website (https://publicwiki.deltares.nl/display/AST/Urban+Water+balance+model)
Climate Resilient City Toolbox	Frans van de Ven	software, website (https://kbstoolbox.nl/en/)
Toolbox Klimaatbestendige Stad	Frans van de Ven	software, website (https://kbstoolbox.nl/nl/)
Vulnerability of cities to soil moisture and groundwater droughts	Marco Hoogvliet	Master thesis (pdf)

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Monitoring Lokale Klimaatbestendigheid	Corine ten Velden	report (pdf)
KlimaatSchadeSchatter	Sien Kok	website (https://www.klimaatshadeschatter.nl/)
Stedelijke Waterkwaliteit	Suzanne van der Meulen	report (pdf), content voor website (www.ruimtelijkeadaptatie.nl)
Vitale en Kwetsbare Functies	Thomas Bles	content voor website (www.ruimtelijkeadaptatie.nl)
Sociale Veerkracht	Hans Gehrels	report (pdf)
Leermodule Governance	Gerald Jan Ellen	teaching materials (pdf, ppt)
Leermodule Participatie en Co-creatie	Gerald Jan Ellen	teaching materials (pdf, ppt)
Het DNA van de Stad en omgeving, informatie over bodem en ondergrond	Saskia Hommes	content voor website (https://ap.lc/QA1xo)
Droogte overzicht, interactief totaalbeeld van oorzaak-effectrelaties	Marco Hoogvliet	website (https://www.kumu.io/MarcoH/droogte-overzicht-experimentele-versie)
Infiltratiekansenkaart gebaseerd op project DNA van de Stad	Reinder Brolsma	Land dekkende infiltratiekansenkaart, website (https://kbstoolbox.nl/nl/) + report .pdf
Leermodule Governance	Hans Gehrels	report (pdf)
Leermodule Participatie	Hans Gehrels	report (pdf)

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
LiDAR analyse rapport & Synthese rapport LiDAR metingen (draft)	S. van Asselen	Deltares rapport
Mechanismen en bepalingen bij krimp- en zweelgevoelige klei	H. van Essen, H. van Meerten, H. Kooi	Deltares rapport
Nationale Bodemdalings-voorspellingskaarten (draft)	G. Erkens, R. Melman	Deltares rapport
Subcr-seawat memo (draft)	G. Oude Essink	Deltares memo
Building foundation damage - sensitivity analysis	Ana Teixeira Eleni Smyrniou	Deltares memo
Plausibility of pathways for landscape development in peat meadows: An exploration of the Amstelscheg case study	L. van Helden	MSc-thesis, Utrecht University
?	P. van Elderen	MSc-thesis, Utrecht University
International comparison of governance systems for land subsidence	S. Hommes, T. Bucx, N. Sardjoe	Deltares rapport
Monitoring shallow subsidence in cultivated peatlands Proc. IAHS, 382, 189–194, https://doi.org/10.5194/piahs-382-189-2020 , 2020	Sanneke van Asselen, Gilles Erkens, and Francis de Graaf	Congrespaper
Atlantis, a tool for producing national predictive land subsidence maps of the Netherlands Proc. IAHS, 382, 415–420, https://doi.org/10.5194/piahs-382-415-2020 , 2020	Huite Bootsma, Henk Kooi, and Gilles Erkens	Congrespaper
Modelling subsidence due to Holocene soft-sediment deformation in the Netherlands under dynamic water table conditions Proc. IAHS, 382, 493–498, https://doi.org/10.5194/piahs-382-493-2020 , 2020	Henk Kooi and Gilles Erkens	Congrespaper
Creep consolidation in land subsidence modelling; integrating geotechnical and hydrological approaches in a new MODFLOW package (SUB-CR) Proc. IAHS, 382, 499–503, https://doi.org/10.5194/piahs-382-499-2020 , 2020	Henk Kooi and Gilles Erkens	Congrespaper

Titel	Auteur/aanspreekpunt	Type output (rapport, artikel, ppt, tool etc)
Systematic assessment of damage to buildings due to ground water lowering-induced subsidence: methodology for large scale application in the Netherlands. Proc. IAHS, 97, 1–6, 2020: https://doi.org/10.5194/piahs-97-1-2020	A. Costa, S. Kok, M. Korff	Congrespaper
The 6M approach to land subsidence Proc. IAHS, 382, 733–740, https://doi.org/10.5194/piahs-382-733-2020 , 2020	Gilles Erkens and Esther Stouthamer	Congrespaper
Cost-benefit analysis of urban subsidence mitigation strategies in Gouda, the Netherlands Proc. IAHS, 382, 761–766, https://doi.org/10.5194/piahs-382-761-2020 , 2020	Sien Kok and Saskia Hommes-Slag	Congrespaper
Methodology for Systematic Assessment of Damage to Buildings due to Groundwater Lowering-Induced Subsidence in the Netherlands. GEOTECHNIEK TISOLS 2020 SPECIAL	S. Kok	Vakpublicatie
Groundwater extraction may drown mega-delta: projections of extraction-induced subsidence and elevation of the Mekong delta for the 21st century, Environ. Res. Commun. 2 (2020) 011005 https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab5e21	P S J Minderhoud, H Middelkoop, G Erkens and E Stouthamer	Journal paper
Altered surface hydrology as a potential mechanism for subsidence in coastal Louisiana, Proc. IAHS, 382, 333–337, 2020 https://doi.org/10.5194/piahs-382-333-2020	Jaap H. Nienhuis, Torbjörn E. Törnqvist, and Gilles Erkens	Congrespaper
Global-scale benefit–cost analysis of coastal flood adaptation to different flood risk drivers using structural measures, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 20, 1025–1044, 2020 https://doi.org/10.5194/nhess-20-1025-2020	Timothy Tiggeloven, Hans de Moel, Hessel C. Winsemius, Dirk Eilander, Gilles Erkens, Eskedar Gebremedhin, Andres Diaz Loaiza, Samantha Kuzma, Tianyi Luo, Charles Iceland, Arno Bouwman, Jolien van Huijstee, Willem Ligtoet, and Philip J. Ward	Journal paper
Dutch national scientific research program on land subsidence: Living on soft soils – subsidence and society Proc. IAHS, 382, 815–819, 2020 https://doi.org/10.5194/piahs-382-815-2020	Esther Stouthamer, Gilles Erkens, Kim Cohen, Dries Hegger, Peter Driessen, Hans Peter Weikard, Mariet Hefting, Ramon Hanssen, Peter Fokker, Jan van den Akker, Frank Groothuise, and Marleen van Rijswijk	Congres paper