

**Deltares Strategisch Onderzoek -  
Activiteitenplan 2019**



## **Deltares Strategisch Onderzoek - Activiteitenplan 2019**

Schrijversteam:

Jan Aart van Twillert, Harm Duel, Hans Vissers, Henriëtte Otter, Hanneke van der Klis, Harm Aantjes, Michiel Blind, Nick Leung, Theo Stoutjesdijk, Peter van den Berg

11202279-000-ZWS-0007, 1 november 2018

## Inhoud

<b>1 Kaders voor onderzoeksprogrammering</b>	<b>1</b>
1.1 Inleiding	1
1.2 Externe ontwikkelingen	3
1.3 Strategisch Onderzoek bij Deltares	4
1.4 Samenwerking met collega instituten	6
1.5 Nomenclatuur	6
<b>2 Onderzoek en thema's</b>	<b>8</b>
2.1 Algemene inleiding thema's	8
2.2 Versterking kennisbasis 2018 en verder	8
2.3 Missiegedreven onderzoek	10
2.4 Thema-overstijgende dossiers	10
2.5 Themaplannen	13
Thema Flood Risk	13
Thema Ecosystems and Environmental Quality	21
Thema Water and Subsurface Resources	33
Thema Delta Infrastructure	41
Thema Adaptive Delta Planning	51
Thema Enabling Technologies	60
<b>3 Inhoudelijke en financiële kaders</b>	<b>66</b>
3.1 Introductie en toelichting financiën	66
3.2 Economische en niet-economische activiteiten	66
3.3 Toelichting inzet in Topsectoren en maatschappelijke thema's	66
3.4 Toelichting inzet in lange termijn onderzoek	70
3.5 Toelichting inzet op EU/internationaal	70
3.6 Toelichting inzet op samenwerkingen met private partijen	70

# 1 Kaders voor onderzoeksprogrammering

## 1.1 Inleiding

De Stichting Deltares is één van de TO2's (Toegepast Onderzoek Organisaties) van Nederland. Marin, TNO, WUR, NLR en ECN zijn de andere. Als toegepast kennisinstituut zetten we onze hoogwaardige kennis in om innovatieve en duurzame oplossingen voor wereldwijde vraagstukken rondom risico's en het gebruik van water en ondergrond mogelijk te maken.

De missie van de samenwerkende TO2-instellingen is om een doorslaggevende bijdrage 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.

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: zie <https://www.deltares.nl/nl/over-ons/onderzoeksplan/>

Uit de Strategische Agenda en de Onderzoeksagenda voor de komende jaren is dit Activiteitenplan 2019 van Deltares afgeleid. Hierin staan de voorgenomen activiteiten beschreven die binnen het kader van het Strategisch Onderzoek (SO) worden uitgevoerd, gefinancierd met instituutssubsidie van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Het Strategisch Onderzoek is enerzijds gericht op de langere termijn en is daarmee essentieel voor de instandhouding en ontwikkeling van de kennisbasis. Dit gedeelte verandert niet ieder jaar, net zomin als de maatschappelijke vraagstukken en onze visie om bij te dragen aan oplossingen daarvoor.

Een deel van de onderzoeksprogrammering is vrijgemaakt om in te kunnen spelen op nieuwe technologische mogelijkheden (zoals big data en artificial intelligence) en is ondersteunend aan de vijf maatschappelijk georiënteerde thema's. Hiernaast is ruimte gereserveerd voor nieuwe missiegedreven innovaties die vanuit de overheid en vanuit Europa worden vormgegeven in 2019. Dit gedeelte is in dit plan nog flexibel geprogrammeerd, dit wil zeggen dat nieuwe technologieën samen met de andere onderzoeksthema's worden geprogrammeerd en de missiegedreven component verder invulling krijgt als de contouren daarvan in 2019 duidelijker zijn geworden.

Wij richten ons daarbij op vijf kernthema's binnen het domein van de deltatechnologie: Flood Risk, Ecosystems and environmental quality, Water and subsoil resources, Delta infrastructure en Adaptive delta planning. Samen met een deel dat samen wordt geprogrammeerd met de nieuwe technologieën (Enabling Technologies) en een reservering voor inzet in missiegedreven onderzoek ziet dit er als volgt uit. Een uitgebreide toelichting op de programmering per thema is in hoofdstuk 2 gegeven.

Flood Risk	2700	200
Ecosystems and Environmental Quality	2800	200
Water and Subsurface Resources	2500	200
Delta Infrastructure	3000	200
Adaptive Delta Planning	2400	200
Enabling Technologies	1400	
	Totaal	Samen met ET

De besteding van de instituutssubsidie voor Strategisch Onderzoek (SO) is uiteraard aan inhoudelijke en financiële kaders gebonden. Deze worden toegelicht in paragraaf 3.2. Onze toegevoegde waarde is echter dat wij kennis koppelen aan de markt en aan de behoeften van de samenleving, zodat de maatschappelijke impact en het rendement van de innovaties op het gebied van water en ondergrond groot is. Wij beschouwen dat dan ook als basis voor het verkrijgen van de instituutssubsidie en toetsen onze onderzoeksprogrammering met maatschappelijke partners zodat we hier draagvlak voor krijgen. Onze belangrijkste klankborden in deze zijn de ministeries, de topsectoren en NKWK (Nationale Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat). Dit wordt in dit hoofdstuk nader toegelicht en in hoofdstuk 3.3 tot en met 3.6 zichtbaar gemaakt.

In de omschrijving van de missie zit nadrukkelijk besloten dat we ontwikkelde kennis ook toepassen en verspreiden. We maken de ontwikkelde kennis ook toepasbaar voor anderen,

zodat het niet blijft hangen in onderzoeksrapporten maar werkelijk van waarde is voor de samenleving. We delen onze kennis actief met onze partners. Dit is toegelicht in paragraaf 3.7.

## 1.2 Externe ontwikkelingen

De effecten van **klimaatverandering** en veranderende weerpatronen op de samenleving worden steeds zichtbaarder. Extreem weer, (versnelde) zeespiegelstijging, bodemdaling, verzilting en verdroging vragen in toenemende mate de aandacht. Denk alleen al aan de grootschalige overstromingen in 2018 in onder andere Japan, India en de VS, en langdurige perioden van droogte onder meer in eigen land afgelopen zomer en de zeer intense buien, die tot wateroverlast hebben geleid. Aan de andere kant zal de vraag naar **water en voedsel** verder toenemen door bevolkingsgroei, economische groei en verstedelijking. Hiermee stijgt ook de **druk op het ecosysteem**. Deze mondiale maatschappelijke uitdagingen vragen om robuuste, duurzame, en integrale oplossingen, waaronder aanpassingen van de samenleving. In internationale en nationale agenda's zien we dan ook dat er steeds meer focus op de maatschappelijke uitdagingen komt te liggen.

De belangrijkste internationale agenda's zijn de **Sustainable Development Goals (SDG's)** van de VN, de Societal Challenges en Key Enabling Technologies van de EU (H2020), het Sendai Framework voor disaster risk reduction, het klimaatakkoord zoals overeengekomen op de klimaatconferentie van Parijs 2015 (COP21) en de Internationale Water Ambitie van de Nederlandse Departementen. In samenhang met de Europese H2020 ambities, heeft Nederland acht **maatschappelijke uitdagingen** en tien **sleuteltechnologieën** benoemd. In het voorjaar van 2017 hebben de negen topsectoren in opdracht van het ministerie van EZ proposities opgesteld in zogenaamde "two-pagers" en daarin aangegeven hoe er wordt bijgedragen. In de actualisatie van de **Kennis- en Innovatieagenda's (KIA's)** van de topsectoren, en de onderliggende Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's), die in de zomer van 2017 heeft plaatsgevonden, is hieraan verdere invulling gegeven.

Een volgende stap in deze ontwikkeling staat beschreven in de recente kamerbrief<sup>1</sup> van het ministerie van EZK (mede namens de minister van OCW): de vernieuwde topsectorenaanpak: naar **missiegedreven innovatiebeleid met impact**. Het gaat hierbij om cross-sectorale inzet van wetenschap, toegepast onderzoek en innovatie om de wereldwijde maatschappelijke uitdagingen aan te gaan. Ook de essentiële ondersteunende rol van sleuteltechnologieën en technologische doorbraken wordt hierin erkend. Deze ontwikkeling is in lijn met de voorgestelde missiegedreven aanpak in het Europees Onderzoeks- en Innovatiebeleid in het volgende kaderprogramma voor Onderzoek en Innovatie, 'Horizon Europe'.

Een belangrijk aspect van missiegedreven onderzoek is dat er verbanden ontstaan (en worden versterkt) over de hele keten van fundamenteel onderzoek tot marktintroductie. Het **Nationale Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK)** is een mooi voorbeeld van het gezamenlijk (overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen) programmeren

---

<sup>1</sup> Kamerbrief 'Naar Missiegedreven Innovatiebeleid met Impact', 13 juli 2018, ministerie van EZK



van onderzoekslijnen. De veertien onderzoekslijnen van het NKWK sluiten naadloos aan bij de TKI Deltatechnologie, waarin tien Kennis- en Innovatieclusters (KIC's) zijn benoemd. De KIC's clusteren maatschappelijke opgaven en focussen op (inter)nationale marktkansen. Deze zijn benoemd en geprioriteerd door betrokken private en publieke organisaties. De PPS (voorheen TKI) subsidieregeling van de overheid stimuleert de samenwerking tussen bedrijfsleven en kennisinstellingen ter versterking van de Nederlandse kennis- en concurrentiepositie.

Om de agenda's voor innovatie en wetenschap te versterken en meer synergie te bereiken, is in de actualisatie van de KIA TKI Deltatechnologie ook een koppeling gemaakt met de **Nationale Wetenschapsagenda (NWA)**. Met name de Blauwe Route en de daartoe behorende (cluster)vragen zijn relevant. De NWA routes worden ook meegenomen in de uitwerking van de missies van het missiegedreven onderzoek.

Deze maatschappelijke uitdagingen en doelstellingen raken meerdere sectoren. Om tot integrale en robuuste oplossingen te komen zal ook in toenemende mate **sectoroverstijgend** moeten worden samengewerkt. Ook op het gebied van **duurzaamheid en circulaire economie** zijn er veel bewegingen. Zo wordt er vanuit de Rijksoverheid (onder andere het ministerie van IenW en RWS) gewerkt aan duurzame transitie. Onder meer op het gebied van **energietransitie**, transport, infrastructuur, leefomgeving en stedelijke ontwikkeling, voedsel en gezondheid.

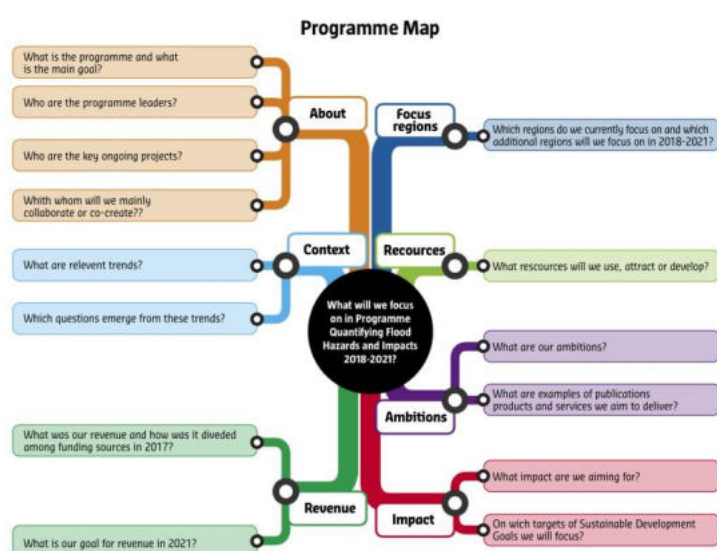
### 1.3 Strategisch Onderzoek bij Deltares

Het Strategisch Onderzoek (SO) van Deltares is gericht op de langere termijn en is daarmee essentieel voor de instandhouding en ontwikkeling van de kennisbasis. Het SO biedt enerzijds continuïteit door kennisvragen te agenderen die relevant zijn voor de langere termijn, en zorgt anderzijds voor vernieuwing van de portfolio's door in te spelen op nieuwe trends en bijbehorende kennisvragen. Het SO-budget wordt ook ingezet als co-financiering bij (onder andere) relevante EU, NWO/TTW en PPS projecten, waardoor samenwerking en (interdisciplinaire) kennis wordt versterkt in de keten van wetenschap tot praktijktoepassing. De inzet van het SO-deel heeft globaal een tijdshorizon van gemiddeld vier jaar, waarbij jaarlijks maximaal 25% van het budget nieuw geprogrammeerd kan worden.

Het grootste deel van het SO budget is bestemd voor kennisvragen van de topsector Water en Maritiem, waarbij het voornamelijk wordt besteed aan onderzoek ten behoeve van de tien Kennis- en Innovatieclusters (KIC's) van de TKI Deltatechnologie en (in mindere mate) aan de drie Innovatiethema's van de TKI Watertechnologie. De KIA's van de TKI Deltatechnologie en Watertechnologie en de (strategische) beleidsagenda's van de ministeries (met name van de ministeries van IenW en EZK) zijn leidend voor de vraagsturing vanuit de (top)sector en de departementen. Bijdragen aan de onderzoekslijnen van het NKWK vallen hieronder.

Daarnaast zal er ingezet worden op de kennisvragen van de ministeries buiten de Topsector Water, zoals het maatschappelijke thema Duurzame Leefomgeving. Hierbij wordt onder

andere aangesloten op de kennisagenda Bodem en Ondergrond en de vraagstukken die er liggen op het gebied van klimaat en ruimtelijke adaptatie.



Figuur 1: voorbeeld van inhoud, ambities en doelen van een onderzoeksprogramma (zie voor uitgebreide inhoudelijke informatie over alle thema's en programma's: <https://www.deltares.nl/nl/over-ons/onderzoeksplan/#/>).

De lange termijn kennisbasis vormt het derde belangrijke onderdeel van het strategisch onderzoek. Het gaat hier om activiteiten en nauwe samenwerking met universiteiten en kennisinstellingen in de vorm van leerstoelen, AIO's en postdocs, en NWO/TTW programma's. Hierbij wordt opgemerkt, dat de activiteiten met betrekking tot de lange termijn kennisbasis ook nadrukkelijk bijdragen aan de doelen en ambities van de Topsector Water, zoals de KIC's van de TKI Deltatechnologie en de onderzoeklijnen binnen het NKWK programma.

Ook voor Europese activiteiten is matching een middel om deel te kunnen nemen in onderzoeks- en innovatieprogramma's en kennisnetwerken. Deze projecten dienen als multiplier op de SO middelen waardoor meer kennis beschikbaar komt tegen gedeelde kosten. In het geval van Horizon 2020 draagt de Europese Commissie ongeveer de helft van de kosten. Door internationale samenwerking wordt de kennisbasis gezamenlijk ontwikkeld en heeft Deltares toegang tot aanvullende relevante kennis.

Nieuw voor 2019 is de invulling van het missiegedreven onderzoek. Op een viertal thema's zullen missies worden geformuleerd: (1) energietransitie en duurzaamheid, (2) landbouw, water en voedsel, (3) gezondheid en zorg en (4) veiligheid (waaronder cyber-, defensie- en waterveiligheid). Voor het formuleren van de missies ligt het initiatief bij de (vak)departementen. Dit zal plaatsvinden in nauwe samenspraak met relevante betrokkenen



(topteams, kennisinstellingen, bedrijven). De missies zullen richtinggevend worden voor de innovatieagenda's van de topsectoren.

#### **1.4 Samenwerking met collega instituten**

Aangezien de grote (maatschappelijke) uitdagingen steeds meer vragen om een integrale, interdisciplinaire aanpak, neemt de samenwerking met de collega onderzoeksinstituten de laatste jaren steeds verder toe. Dit geldt (op nationale schaal) voor de collega TO2-instituten en de Rijkskennisinstellingen (RKI's). Wat betreft de hoofdthema's waarbinnen de TO2-instituten samenwerken wordt verwezen naar het Strategisch Kader 2018-2021 van de TO2 federatie ("de motor van vitaal innovatie-ecosysteem").

Concrete voorbeelden zijn onderzoek op het gebied van de energietransitie (met TNO/ECN), op het gebied van klimaatverandering en de consequenties daarvan (met het KNMI), op het gebied van landbouw, water en voedsel (met de WUR) en op het gebied van infrastructuur (met TNO en MARIN). Op het gebied van de 'enabling technologies' wordt samengewerkt met alle TO2-instituten.

In hoofdstuk 2 wordt bij de uitwerking van de themaplannen uitgebreider ingegaan op de samenwerking met de collega instituten, nationaal, maar ook internationaal.

#### **1.5 Nomenclatuur**

Tot nu toe ontvangt Deltares van de Rijksoverheid een Subsidiebeschikking Strategisch Onderzoek. Vanaf 1 januari 2019 geldt de nieuwe subsidieregeling voor TO2 instituten (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)). Hierin is de benaming 'Strategisch Onderzoek' niet gehanteerd, maar wordt gesteld dat: "De minister verstrekt subsidie in de vorm van instituutssubsidie, programmasubsidie of infrastructuursubsidie".

In dit plan zijn veelvuldig aanduidingen als 'SO', 'SO-budget', 'SO- subsidie' en 'strategisch onderzoek' gebruikt. In lijn met de nieuwe subsidieregeling kan hier beter van 'instituutssubsidie' worden gesproken.

De instituutssubsidie wordt ingezet in lijn met het Strategisch Plan van Deltares (Strategische Agenda 2018 -2021), waarbij dit Activiteitenplan voor 2019 een nadere uitwerking en concretisering is. Hierbij zijn wij ons er van bewust dat Deltares deze subsidie ontvangt in de geest zoals deze ook in de nieuwe subsidieregeling is verwoord, namelijk dat "De minister kan op grond van deze regeling subsidie verstrekken aan een instituut dat ten doel heeft toepassingsgericht onderzoek te doen om kennis te ontwikkelen, toe te passen en te verspreiden om maatschappelijke vraagstukken op te lossen, bij te dragen aan de innovatiekracht van Nederland en strategische onderzoeksfaciliteiten te beheren."

In de huidige nomenclatuur heeft Deltares steeds gepleit voor SO-subsidie die mede bestemd was voor het vestigen en onderhouden van een (vitale) kennisbasis om deze TO2 taak te kunnen vervullen. De term 'kennisbasis' komt ook in dit Activiteitenplan veelvuldig voor. In feite vormt deze kennisbasis de cruciale verbinding tussen de academische kenniswereld en de vertaling daarvan in toepassing in de praktijk, de schakelrol die Deltares en andere TO2 instituten bij uitstek vervullen.

## 2 Onderzoek en thema's

### 2.1 Algemene inleiding thema's

De strategische onderzoeksactiviteiten van Deltares worden samengebracht in vijf maatschappelijk georiënteerde thema's: Flood Risk, Ecosystems and Environmental Quality, Water and Subsurface Resources, Delta Infrastructure en Adaptive Delta Planning. Binnen deze thema's is het onderzoek onderverdeeld in 4 tot 6 programma's. Om verder in te kunnen spelen op kansrijke technologische ontwikkelingen en de sleuteltechnologieën heeft Deltares vanaf 2018 een zesde thema toegevoegd: Enabling Technologies. Dit thema verkent opkomende technologieën en stimuleert een snelle toepassing en integratie ervan binnen de vijf maatschappelijke thema's.



Niet alleen op het gebied van innovatieve technologieën wordt thema-overstijgend samengewerkt, denk ook aan onderwerpen als klimaatadaptatie, duurzaamheid en energietransitie. Activiteiten uit verschillende thema's (en onderliggende programma's) dragen bij aan het oplossen van een maatschappelijk probleem. Daarmee hebben de thema's en de thema-activiteiten een hoge mate van (interne) verbondenheid en integraliteit. In hoofdstuk 2.5 wordt elk thema verder inhoudelijk toegelicht, met daarin opgenomen de focus van de in 2019 uit te voeren activiteiten. Voorafgaand hieraan zal eerst ingegaan worden op de nieuwe elementen in de instituutssubsidie, en de invloed daarvan op de onderzoeksprogrammering van Deltares.

### 2.2 Versterking kennisbasis 2018 en verder

In de voorgaande jaren heeft de Rijksbijdrage (instituutssubsidie) een sterk afnemende trend laten zien, waardoor het budget in 2017 vrijwel gehalveerd was ten opzichte van 2008. Het gevolg van deze (doorgaande) ontwikkeling was dat Deltares niet meer in staat was in de vereiste kennisbasis te blijven voorzien. Dit is onderkend in diverse (externe) beleidsrapporten en evaluaties. Op basis hiervan heeft het kabinet in 2018 extra middelen

toegezegd voor het onderhouden en versterken van de kennisbasis voor toegepast onderzoek. De Rijksbijdrage aan TO2 instellingen kreeg in 2018 al een impuls van in totaal 42 M€, waarvan 4,2 M€ bestemd was voor het versterken van de kennisbasis van Deltares. Deze 'hersteloperatie' wordt doorgezet in 2019 en vormt ook voor de jaren erna voor een structurele bijstelling van de Rijksbijdrage om het (minimum) doel te halen van 15% van de omzet. Dit doel zal in 2020 naar verwachting worden gehaald.

Het additionele budget is vooral bedoeld om de (lange termijn) maatschappelijke uitdagingen effectief te kunnen ondersteunen met onze kennis. Deltares heeft hiertoe in 2018 in nauw overleg met de betrokken departementen een bestedingsplan opgesteld. Ingezet werd op een drietal hoofdonderwerpen, die ingevuld werden met een zestal projecten.

#### *Water(veiligheid) en klimaat*

- Grenzen aan adaptatie
- Effecten van extreem weer

#### *Duurzame Leefomgeving*

- Energietransitie en circulaire economie
- Gezonde watersystemen

#### *Toekomstbestendige Infrastructuur*

- Vervangingsopgave
- Resilient infrastructure en bodemdaling

Deze onderwerpen worden in 2019 herkenbaar voortgezet in ons onderzoeksprogramma. Omdat het veelal multi-disciplinaire onderwerpen betreft, is ervoor gekozen de projecten volgens het 'zwaartepunt principe' onder te brengen en voort te zetten binnen de thema's. Hierbij is de volgende toedeling gehanteerd.

	Impact of extreme water	Grenzen en kansen voor adaptatie	Bodemdaling en adaptatie	Sustainable Energy Transition	Resilient Infrastructure	Gezonde watersystemen	Vervangingsopgave Natte Kunstwerken
Flood Risk							
Ecosystems and Environmental Quality							
Water and Subsurface Resources							
Delta Infrastructure							
Adaptive Delta Planning							

### 2.3 Missiegedreven onderzoek

Een deel van het toegekende budget voor strategisch onderzoek (2.4 M€) is voorzien als bijdrage aan missiegedreven onderzoek. Onder missies wordt verstaan concreet uitgewerkte ambitieuze doelen voor maatschappelijke uitdagingen.

Deze missies worden uitgewerkt op initiatief van de betrokken departementen in nauwe samenspraak met topteams, bedrijfsleven, kennisinstellingen en relevante maatschappelijke partners. De te formuleren missies worden opgehangen aan vier door de rijksoverheid vastgestelde thema's. Voor elk van deze maatschappelijke thema's zijn één of meer trekkende departementen aangewezen.

#### Eerste aanspreekpunten per thema voor opstellen van aanpak om te komen tot missiedocument

Thema	Departement	Topsector
energietransitie en duurzaamheid	EZK, I&W, BZK, ...	Energie, Chemie, Water, CI, T&U, A&F, HTSM, Logistiek
landbouw, water en voedsel	LNV, I&W, VWS, ...	A&F, T&U, HTSM/ICT, LSH, Chemie, Energie, Water, Logistiek, CI
gezondheid en zorg	VWS, LNV, OCW, SZW, ...	LSH, A&F, T&U, HTSM/ICT, Chemie, Energie, Water, Logistiek, CI
veiligheid	DEF, J&V, I&W, EZK, BZK, OCW, ...	HTSM, Water, Logistiek, CI

Alle vier maatschappelijke thema's zijn relevant voor Deltares. Het ene thema weegt daarbij wat zwaarder dan de ander, maar in potentie zijn er binnen alle zes onderzoeksthema's en diverse programma's voldoende raakvlakken om een actieve bijdrage te kunnen leveren aan de nog te formuleren missies. Deltares zal dus in contact treden met de meest betrokken departementen om mee te werken aan het formuleren en realiseren van de missies. Omdat dit proces net is gestart en de eerste uitwerking van de missies pas voorzien is in het voorjaar van 2019 is het beschikbare budget (2.4 M€) voor het missiegedreven onderzoek voorwaardelijk toegekend aan de zes Deltares thema's. In het komende half jaar wordt onderzocht welke nieuwe activiteiten die gaan bijdragen aan de missies in 2019 kunnen worden opgepakt. Op basis van deze analyse worden de budgetten in de loop van 2019 definitief toegekend aan de betrokken onderzoeksprogramma's.

### 2.4 Thema-overstijgende dossiers

Het onderzoek van Deltares is gestructureerd via een zestal thema's. Dit geeft structuur en identiteit (gezicht en uitlegbaarheid) aan onze onderzoeksactiviteiten. Daarom houden we ook in dit activiteitenplan vast aan deze opzet.

In de praktijk zijn er ook actuele en maatschappelijke vraagstukken, die integraal en thema-overschrijdend kunnen zijn en die niet binnen één thema passen, maar in meerdere thema's thuishoren. Hierbij kan gedacht worden aan gebiedsgerichte ontwikkelingen, bijvoorbeeld de

(integrale) uitdagingen op het gebied van rivieren, de kust en de Noordzee, maar ook aan brede maatschappelijk ontwikkelingen, bijvoorbeeld met betrekking tot klimaatadaptatie en energietransitie. Dit houdt in dat er steeds meer samenwerking en afstemming tussen thema's en programma's gevraagd wordt.

Om zowel de continuïteit als de flexibiliteit in de onderzoeksprogrammering te bewerkstelligen is er voor 2019 voor vooralsnog twee thema's binnen Deltares een trekker-coördinator benoemd die in gesprek met de thematrekkers de onderzoeksactiviteiten in gaat vullen op een thema-overstijgend dossier. De onderwerpen zijn 'Resilient rivers' en 'Noordzee'.

### **Resilient rivers**

Zowel nationaal als internationaal ontstaan steeds meer initiatieven, onderzoeken, pilots en proeftuinen, die maatschappelijke vraagstukken rond het gebruik van rivieren adresseren. Een voorbeeld hiervan is het "Verhaal van de Rivier" en hieruit voortvloeiend het Rijksprogramma Integraal Riviermanagement (Irma) van het Ministerie van IenW. Een ander voorbeeld is DANUBIUS-RI, een internationaal initiatief voor een grootschalig pan-Europese onderzoeksfaciliteit op het gebied van rivier-zee systemen. Deltares is bij veel van deze ontwikkelingen betrokken. Voor een optimale inzet van onze "rivieren know-how" en verbinding aan onze kennisagenda, is het speerpunt *Resilient Rivers* gelanceerd.

*Resilient Rivers* als verbindende kerngedachte omvat: *met kennis van de dynamiek en de respons van riviersystemen op menselijke ingrepen alsook klimaatverandering, bijdragen aan adequate inrichtingsmaatregelen, integraal (adaptief) beheer en duurzaam gebruik van natuurlijk kapitaal en de daaraan verbonden ecosysteemdiensten, om zo te voorkomen dat riviersystemen (nog verder) uit balans raken.*

Voor 2019 richten we ons vooral op het sediment(beheer), geconcretiseerd in de volgende onderwerpen:

- 1) Regeneratie van rivieren
- 2) Cyclische verjonging
- 3) Bodemerosie
- 4) De rivier als corridor
- 5) Schone en vitale rivier

Ook speelt de rivier als 'bron van energie' een belangrijke rol binnen het geheel van de activiteiten in het kader van de energietransitie.

Met de uitwerking van bovenstaande onderwerpen kunnen we een nationaal en internationaal herkenbare positie in de voorhoede creëren met inhoudelijke versterking en vernieuwing tussen diverse vakdisciplines, diepe proceskennis, robuuste generieke instrumenten en tools en een actief breed relatienetwerk.

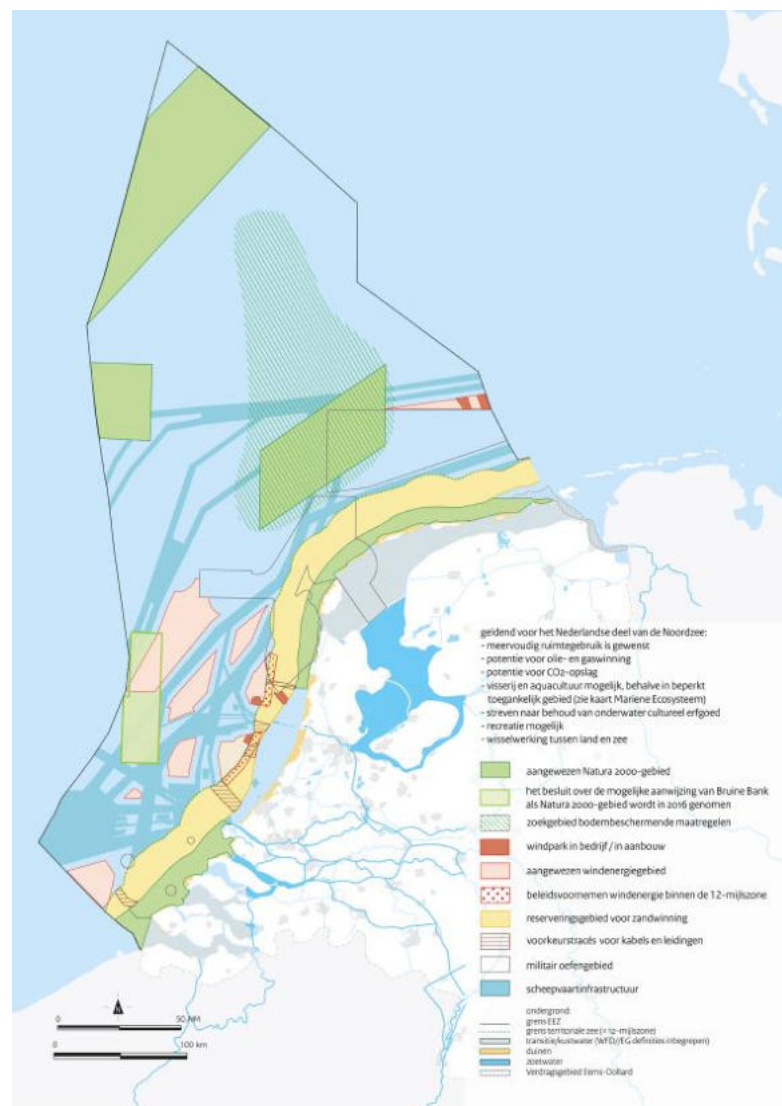
### **Noordzee**

De Noordzee kent nu al een intensief gebruik, denk alleen al aan de scheepvaartroutes, visserij en zandwinning ten behoeve van kustveiligheid. Maar in de toekomst gaat er nog veel



meer spelen op de Noordzee, zoals grootschalige uitrol van windmolenparken, mogelijke eilanden of een vliegveld op zee, initiatieven voor grootschalige voedselkweek, CO<sub>2</sub> opslag, et cetera. En dit allemaal ten tijde van versnelde klimaatverandering waarvan we de effecten nog niet goed kennen. Kortom de druk(te) op de Noordzee neemt toe, en daarmee het belang van zorgvuldige en goed onderbouwde afwegingen, ook voor de langere termijn. Voor sommige activiteiten is het al de vraag of de doelstellingen op zichzelf al haalbaar zijn. Daarnaast beïnvloeden veel van de voorgenomen en bestaande activiteiten op de Noordzee elkaar.

De overheid werkt momenteel aan een visie voor de Noordzee: "Noordzee 2030". In het najaar van 2018 wordt de Noordzee2030 Strategische agenda opgeleverd. Een uitvoeringsprogramma voor het beleid vormt onderdeel hiervan. Daarin staan een duurzame energievoorziening, een toekomstbestendige voedselvoorziening en de ontwikkeling naar herstel van een gezonde Noordzee natuur centraal. Maar een integraal afwegingskader en de instrumenten om integrale afwegingen te kunnen maken van allerlei voorgenomen activiteiten ontbreken.



De verwachting is dat er de komende jaren veel vragen op ons af komen. Dat geldt niet alleen voor Deltares maar ook voor andere kennisinstellingen en stakeholders waarmee een nauwe samenwerking nodig zal zijn. Deltares wil een prominente positie in het Noordzee-speelveld innemen en kennis en innovatiekracht ontwikkelen zodat we gesteld staan voor de toekomstige initiatieven op de Noordzee. Voor het verbinden van alle onderzoeksvragen van de Noordzee aan onze kennisagenda, om onze kennis binnen de organisatie te verankeren, en om intern de samenhang te stimuleren, is het speerpunt *Noordzee* ontstaan. De focus zal daarmee liggen op het versterken van de kennisbasis zodat we gesteld staan voor huidige vragen en toekomstige ontwikkelingen.

Er zijn veel vraagstukken betreffende het ontwikkelen en toepassen van kennis voor een duurzaam gebruik van de Noordzee. In de Europese richtlijnen is een ecosysteembenadering vastgelegd, waarbij een integrale aanpak op de Noordzee wordt nagestreefd door in samenhang het fysisch, ecologisch en sociaal-economische systeem te onderzoeken. Hiermee willen we inzicht geven in de voor- en nadelen van alle activiteiten.

Onze visie is om te focussen op de volgende onderwerpen:

- integrale afwegingen
- integrale systeemkennis in de context van mondiale veranderingen
- modelinstrumentarium voor het duiden van toekomstig gebruik
- van data naar impact: innovaties op het gebied van data, informatie en meten & monitoring
- innoverend en inclusief ontwerpen.

## 2.5 Themaplannen

### Thema Flood Risk

#### *Doel*

Het hoofddoel van het thema is om het verlies aan mensenlevens en de maatschappelijke en economische impact van overstromingsrampen te verkleinen, en handelingsperspectieven te bieden om dit mogelijk te maken. Het thema heeft een stevige ambitie: wereldleider zijn op het gebied van flood risk door de combinatie van kennis van flood risk management, fysische kennis van waterstanden, golven, erosie en waterkeringen. Dit vertaalt zich mede in kennis over het uitbrengen van waarschuwingen (ook early warning) en hoe te handelen. Het thema speelt een grote rol in de Nederlandse kenniswereld en is ook in het buitenland beeldbepalend voor de BV Nederland.

#### *Trends en ontwikkelingen*

Door klimaatverandering zijn natuurrampen door wateroverlast aan de orde van de dag en met de moderne media komen deze steeds sneller en prominenter in het nieuws en in het bewustzijn. Ongeveer de helft van de wereldbevolking leeft in delta's of in nabijheid van

kusten en rivieren en dit aandeel is stijgende. Extreem weer, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename van bevolking en economische waarde doen de risico's razendsnel toenemen. Het thema Floodrisk richt zich op het voorbereid zijn en omgaan met (mogelijke) rampen en gebruikt daarbij de internationaal aanvaarde disastermanagement cycle als denkraam.

De wereld van waterveiligheid reageert ook op de nieuwsontwikkeling. Vorig jaar kwam nadrukkelijk extra aandacht voor wateroverlast (Eng: pluvial flooding). Dit jaar is er meer aandacht voor droogte ten gevolge van extreem weer. Daarnaast concentreert de internationale ontwikkeling zich meer op rampen in het algemeen (disaster risk reduction) in plaats van alleen het risico van overstromingen.

De belangrijkste internationale agenda's zijn de Sustainable Development Goals van de UN, het Disaster Risk Reduction Framework van Sendai, Climate Change and Adaptation en de Internationale Water Ambitie. De hoofdboodschap in alle, nationale en internationale, agenda's is de noodzaak tot een steeds duurzamer ontwikkeling van de wereld en de wereld aanpassen aan het veranderende klimaat. Internationaal gaat men uit van het gegeven dat rampen zullen vóórkomen, in tegenstelling tot de nationale agenda's die uitgaan van preventie (het voorkómen van rampen). Internationale vragen concentreren zich dan ook meer over om omgaan met rampen (disaster risk reduction) en respons en herstel: "build back better".

Het thema zal zich verbreden op het gebied van gevolgen van extreem weer op de samenleving en op de voorspelling van de impact van daaruit voortvloeiende mogelijke rampen.

De nationale trends rondom Flood Risk kennen een relatief grote continuïteit, maar er gebeurt en verandert veel: de ontwikkelingen kennen het karakter van een gestage dynamiek. Belangrijk hierin zijn de kennisagenda's van Rijkswaterstaat, het Ministerie van I en W, en de waterschappen (onder andere via de STOWA).

Zo zijn er de ingezette lijnen voor het "overstromingsrisicodenken" op het gebied van waterveiligheid, met de behoefte aan instrumentarium. In Nederland blijft de nieuwe op risico-gebaseerde normering nog veel aandacht vragen en wordt inmiddels nagedacht over het WBI2023. In lijn met de nieuwe normering blijven ook de uitdagingen voor het hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) tot 2050 ca. 1900 km waterkeringen sneller, beter, goedkoper en duurzamer op orde brengen. Daarbij wordt steeds meer rekening gehouden met de hele levenscyclus op zowel dijkvak, dijktraject als systeemniveau en de koppeling met gebiedsprocessen. Een blijvende noodzaak tot projectoverstijgend leren en verbeteren.

Ook in waterschapsland is een veel integralere vorm van waterkeringbeheer, voor zowel primaire als regionale waterkeringen, zich aan het doorontwikkelen. Hier liggen uitdagingen ten aanzien van kosten, duurzaamheid en informatiemanagement.

Technologisch is er de lange termijn trend dat er een integraal "global model" aan het ontstaan is die als basis dient en gaat dienen voor services/diensten geleverd door een diversiteit aan partijen en communities.

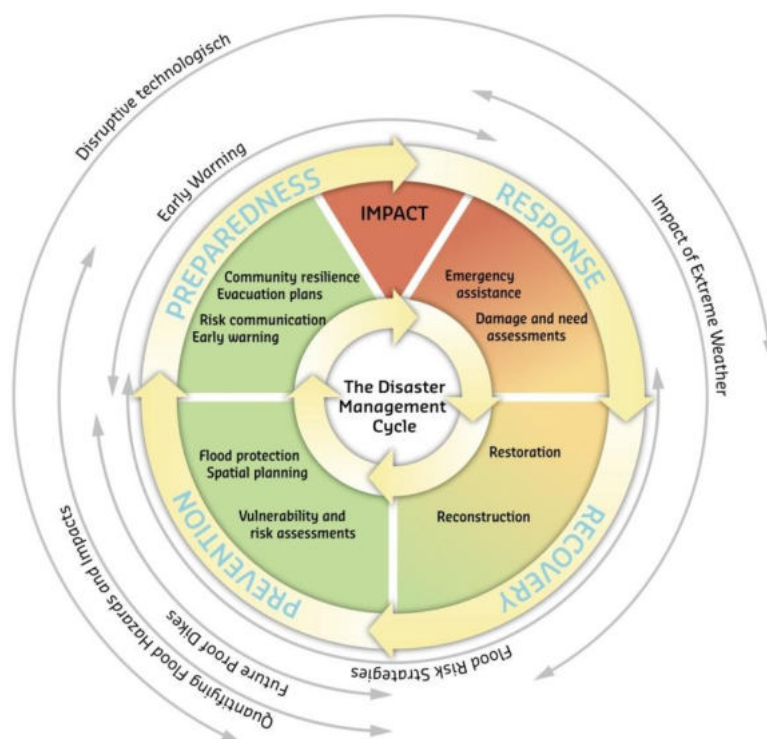
### Thema indeling

Bovenstaande nieuwe en bestaande trends en ambities zijn geland in de onderzoeksagenda 2018-2021 van Deltares en voor de scope van dit thema uitgewerkt in een viertal programma's en een tweetal aanvullende lijnen van het thema. Deze omvatten zowel nationale als internationale vraagstukken, met uitzondering van het programma future proof dikes dat in belangrijke mate nationaal georiënteerd is.

De vier programma's in het thema zijn:

- *Flood risk strategies*
- *Enabling early warning*
- *Quantifying flood hazards and impacts*
- *Future proof dikes*

Er is een aanvullende lijn *Impact of extreme weather* dat programmaoverstijgende problemen adresseert. Deze lijn is voortgekomen uit de tussentijdse programmering van de kennisimpuls van april 2018. Het geeft invulling aan het omgaan met "expect the unexpected" en de verbreding van het thema in 2019 ten aanzien van rampen. In samenspraak met de andere programma's wordt dit in 2019 doorontwikkeld. De tweede programmaoverstijgende lijn gaat over *Disruptive technologies*. Hierbinnen wordt getracht, in afstemming met het thema enabling technologies, om met tot nu toe weinig gebruikte nieuwe technieken op een aantal onderwerpen doorbraken te realiseren. Multihazard en impact (forecasting) komen in verschillende programma's aan bod. Een meer coherente aanpak staat voor de komende fase op de agenda.



## Programmering 2019

### Flood Risk Strategies

Het programma Flood Risk Strategies onderscheidt voor 2019 drie onderzoekslijnen:

- 1) Urban Flood Resilience and Critical Infrastructure
- 2) Disaster Risk Assessment & Communication
- 3) Strategies Design and Decision Support for Disaster Risk Management

De **onderzoekslijn 'Urban flood resilience and critical infrastructure'** richt zich op de ontwikkeling van methoden en tools voor het analyseren van 'resilience' van stedelijk gebied en kritieke infrastructuur in het bijzonder. De ontwikkeling van de Circle-tool is door het programma een aantal jaren ondersteund; die ondersteuning van de ontwikkeling is inmiddels beëindigd. In mei 2018 is de lancering geweest van 'on-line Circle' tijdens de Understanding Risk18 conferentie. De afgelopen jaren is daarnaast gewerkt aan het operationaliseren van het concept 'resilience', vooral in relatie tot overstromingen. Voor de komende jaren komt de focus meer te liggen bij **'multi-hazard risk assessment in urban areas to increase resilience of human settlements and critical infrastructures'**. Het onderzoek sluit aan bij de actielijn (iii) Investing in disaster reduction for resilience van het Sendai Framework. Met TNO wordt gewerkt aan de opzet van een kennisnetwerk op het gebied van impact van overstromingen op vitale infrastructuur.

Binnen de onderzoekslijn **Disaster Risk Assessment and Communication** wordt het onderzoek naar impact assessment voortgezet. Het betreft onder meer schademodelering van overstromingen en stormen, gebruik maken van 'machine-learning' methoden en bijdragen aan ontwikkelingen rond impact-based forecasting. Daarbij is er meer aandacht voor hoe onzekerheden (in klimaat en in schatting van hazards) van invloed zijn op de risk assessment alsmede aandacht voor de communicatie over berekende risico's. Als case-study wordt de ontwikkeling van nieuwe strategieën voor risk recovery voor het eiland Sint Maarten na hurricane Irma gebruikt. Het onderzoek draagt bij aan de actielijn van (i) Understanding disaster risk van het Sendai Framework en past ook in de toegenomen aandacht voor de rol van kennis in het publieke debat en evidence based reporting.

De onderzoekslijn **Strategy Design and Decision Support for Disaster Risk Management** richt zich op een integrale aanpak van strategieontwikkeling. Voortbouwend op het guidance document over strategieontwikkeling (2017) is in 2018 een eerste verkenning uitgevoerd naar 'Design of tailored FRM strategies'. De te ontwikkelen integrale aanpak wordt in 2019 verder uitgewerkt aan de hand van cases met aandacht voor 'adaptive planning' en een meer 'inclusive evaluation' van strategieën. De voorgestelde ontwikkeling past goed binnen de in de NKWK doelstellingen uitgesproken ambitie om ontwikkelde kennis te vertalen naar een nieuwe, mondiaal concurrerende, aanpak voor integraal ontwerp.

Daarnaast wordt gewerkt aan de ontwikkeling van indicatoren voor strategieontwikkeling ten aanzien van 'Building Back Better' en het vergroten van 'resilience'; indicatoren gebaseerd op kwantitatieve informatie vanuit data en modellen. Deze ontwikkeling past binnen de Sendai actielijn (iv) "Enhancing disaster preparedness for effective response, and to «Build Back Better» in recovery, rehabilitation and reconstruction".

### Early warning

Het programma Early Warning ontwikkelt kennis en tools gericht op de real-time componenten van de flood risk management cyclus. Met deze kennis en tools kunnen betere verwachtingen en voorspellingen gemaakt worden, die beter bruikbaar zijn bij het waarschuwings- en besluitvormingsproces. Het programma heeft een internationaal portfolio en sluit nauw aan bij internationale ambities op het gebied van Early Warning zoals in het – door de Verenigde Naties gecoördineerde – Sendai Framework vastgelegd.

Binnen het programma wordt gekeken naar voorspellen van hazard en impact -samen dus risico- op verschillende temporele en ruimtelijke schalen. Zo zijn de mondiale voorspellingssystemen voor hoogwater op rivieren en langs kusten een voortdurende bron van nieuwe kennis, technieken en inspiratie. Dit heeft geleid tot een uitwerking op vier programmalijnen:

1. Flood hazard and flood impact forecasting at global scales including associated services
2. Local scale flood hazard and flood impact forecasting
3. Multi-hazard forecasting: combining flood forecasts with forecasts of other hazards
4. Forecasting for decision making.

Ten opzichte van de programmalijnen in 2018 zijn de volgende veranderingen doorgevoerd:

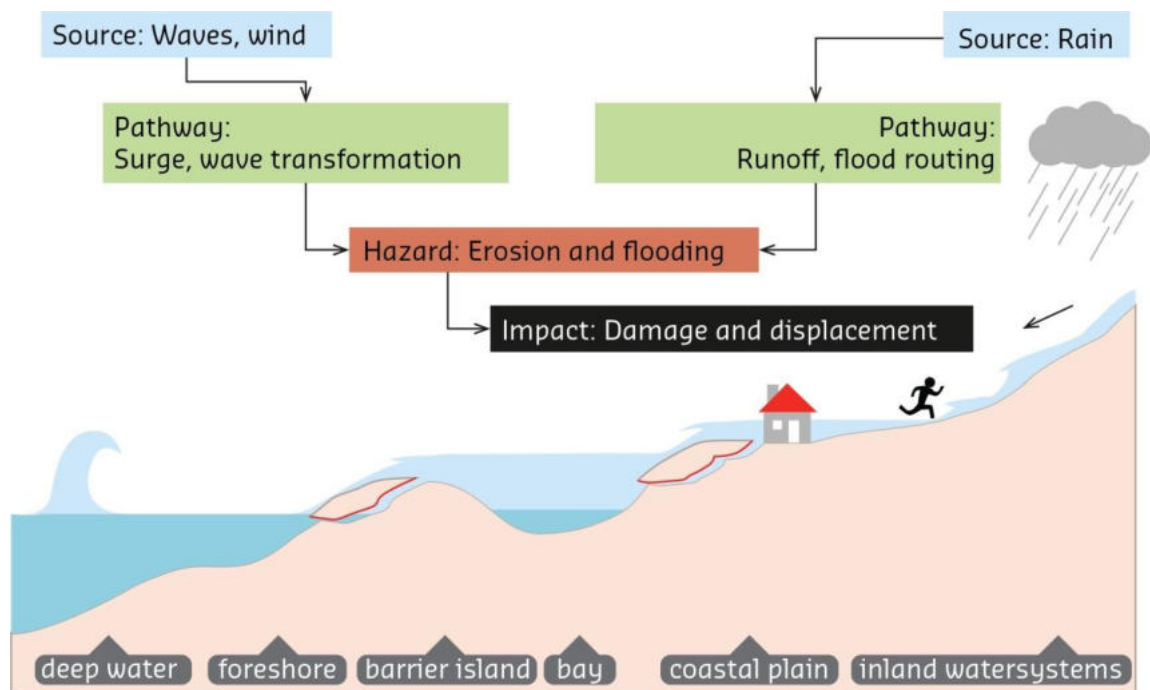
- “Large data volumes and new IT concepts” wordt niet langer als programmalijn benoemd. Deze onderwerpen worden breder opgepakt binnen het Enabling Technologies thema. Met de coördinatoren daarvan wordt daar naar raakvlakken gekeken en samengewerkt, met als doel de nieuwe programmalijnen te versterken.
- Er is nu onderscheid tussen de schaalniveaus van “hazard and impact forecasting”. Daarmee krijgen potentieel adverse gevolgen van lokale weerfenomenen meer zichtbaarheid, evenals de unieke uitdagingen die zijn gerelateerd aan het maken van verwachtingen op mondiale schaal.
- “Multi-hazard” is expliciet toegevoegd. De reden hiervoor is dat verschillende hazards met elkaar gecorreleerd kunnen zijn (stormvloed en hevige wind, hoogwater op rivieren en aardverschuivingen), we bij Deltares kunnen leren van die andere hazards én, niet onbelangrijk, we zien dat gebruikers van voorspellingen daarin grote interesse tonen (denk bijvoorbeeld aan de gevolgen van orkaan Irma op het eiland Sint Maarten).

### Quantifying flood hazards

Dit programma richt zich op het kwantificeren van overstromingen en erosie en de mogelijke effecten hiervan langs de kust, de rivieren en tijdens hevige buien boven land. De focus ligt op het begrijpen en de efficiënte numerieke modellering van de fysieke processen. De programmalijnen zijn in 2018 vernieuwd, we volgen het source-pathways-receptor model in aangepaste vorm (zie figuur)

1. *Source* (neerslag, wind, golven),
2. *Pathways* (waterstanden, afvoeren, golftransformaties), en
3. *Hazards and Impacts* (overstromingen, erosie, schade).





De focus in 2019 ligt op:

- Sources: statistics of wind, waves and rainfall
  - Extreme neerslag: publicaties clusterbuien (Universiteit van Florence) en weersextremen (WUR): verbeterde simulatie hoge resolutie neerslag (wat belangrijk is voor (stedelijke) flood impact). Opzetten van een samenwerking met MIT (USA) op dit gebied.
- Pathways propagation of water on coasts and in river basins
  - Rivierafvoerstatistiek: nieuwe versie GRADE software (KNMI) en publicatie AIO Floods of the Past (TU Twente): instrument voor het afleiden van werklijnen van het Ontwerpinstrumentarium.
  - Golftransformatie: Publicatie effect van vegetatie (Universiteit Western Australia) en software om golfhoogten sneller te berekenen in het Global Model (TUD): verbeterde en efficiëntere manier om golfbelasting te bepalen.
- Hazards and Impacts: quantification of flooding and erosion
  - Morfodynamica: nieuwe releases DFlow-FM (ONR, USGS) en XBeach. Verbeterde versies van modelsoftware voor consultancy en onderzoek.
  - Hydrodynamica: snellere inundatie software met toepassing op orkaanimpact (Mozambique) (UK Met office) en compound flooding Harvey (Rice University) en publicatie verbeterde empirische randvoorwaarden (IHE Delft). Sneller rekenen met behoud van noodzakelijke fysica om probabilistische berekeningen te kunnen maken.
  - Impact extreme events: Publicatie relatie systeemwerking (EU SystemRisk)
- Impact
  - Verbeterde simulatie hoge resolutie neerslag, wat belangrijk is voor kwantificeren (stedelijke) overstromingen en effecten (H2020 EUCP, samenwerking WUR)

- Verbeterde en efficiëntere manier om golfbelasting te bepalen (XBeach)
- Versnelde overstromingssimulaties met behoud van de noodzakelijke fysica om probabilistische berekeningen te kunnen maken (SFINCS).

### Future proof dikes

Het programma Future proof dikes ontwikkelt kennis en tools voor de onderzoekslijnen beoordelen, ontwerpen en beheren van waterkeringen. De focus in het programma is enerzijds de implementatie van de overstap naar de nieuwe normering op overstromingsrisico's op dijktrajectniveau, en anderzijds de zorgplicht van de beheerder voor waterkeringen. Er wordt samengewerkt met verschillende partners voor het ontwikkelen van kennis waardoor de voordelen van de nieuwe normering en de zorgplicht beter kunnen worden benut. Samen met waterschappen en het hoogwaterbeschermingsprogramma wordt gewerkt aan onderwerpen als bewezen sterkte, risicogestuurd monitoren, integraal ontwerpen van waterkeringen, en het handen en voeten geven aan de zogenaamde trajectvisie. Samen met het programma Nature Based Flood Defences wordt gekeken naar het gebruik van voorlanden voor waterkeringen. Samen met de markt en waterschappen en met een internationaal consortium wordt gekeken op welke wijze het assetmanagement van waterkeringen (waaronder de investeringsprogramma's, de levensduurbenadering en de zorgplicht) kan worden vormgegeven als onderdeel van het integraal ontwerpen. Samen met vooral de nationale universiteiten en NKWK-waterkeren wordt gewerkt aan gezamenlijke programmering van de kennisontwikkeling die op middellange termijn nodig is om zoveel mogelijk waterveiligheid per euro te realiseren. Hierbij ligt de focus meer op ontwerpen dan op beoordelen, en op een basisinstrumentarium voor dijkbeheer. Concreet zijn dit onderwerpen als actuele sterkte, reststerkte, het effect van de heterogeniteit in de ondergrond, de tijdseffecten op de stabiliteit van waterkeringen (opdrijven/opbarsten), grondconstructie interactie en veroudering door bijvoorbeeld extreme droogtes. Daarnaast gaat over beheersaspecten zoals risk based inspection, risico analyse en deep uncertainties in relatie tot governance van waterkeringssystemen. Tevens wordt ingezet op het analyseren van en publiceren over enkele Full Scale Tests.



### Disruptive technologies

Deze lijn wordt in nauwe samenspraak en samenwerking met het thema Enabling Technologies ontwikkeld. Het gaat om de toepassing van innovatieve technologieën die tot nu toe niet of zeer beperkt gebruikt worden. Binnen het thema Flood Risk is gekozen om op geselecteerde onderwerpen focus te zetten en te proberen deze te “kraken”, dit wil zeggen via andere dan de gebruikelijke benaderingen tot oplossingen te komen. Voor 2019 staan voornamelijk de onderwerpen op de agenda:

- *Artificial Intelligence* toepassen voor de sterkte van dijkbekledingen. In 2018 is een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de ontwikkeling van een neurale netwerk om de impact van golven op dijkbekledingen te bepalen, als alternatief voor de vigerende, complexe bekledingenmodellen. In 2019 worden metingen van experimenteel onderzoek in de golfkooi vanuit het data science perspectief ingericht en daarna wordt een neurale netwerk getraind en vergeleken met het bestaande bekledingenmodel.
- *Data driven modelling*: bedoeld om in de aanloop naar en na afloop van een crisissituatie alle benodigde gegevens om de situatie in kaart te brengen zo snel mogelijk te verkrijgen en om via actieve en passieve crowd sourcing meer, officiële, databronnen te gebruiken.

### Impact of extreme weather

Het programma ‘Impact of extreme weather’ heeft als belangrijkste doel om meer inzicht te krijgen in de mogelijke gevolgen van extreem weer. Denk hierbij aan gevolgen voor mensen (slachtoffers, evacuaties, gezondheid) en infrastructuur zoals ziekenhuizen, (snel-)wegen, woningen en riolering. Dit moet leiden tot betere ondersteuning van beslissingen tijdens crisissituaties. Tevens levert het inzicht op die essentieel zijn bij het maken van beleid voor mitigerende maatregelen.

In 2018, het jaar waarin dit programma is opgestart, lag de focus op drie onderzoekslijnen, die te maken hebben met 1) het in kaart brengen van de gevolgen van extreem weer in Nederland, 2) het snel kunnen voorspellen van impact van extreem weer wereldwijd, en 3) het monitoren van zoetwaterbeschikbaarheid en daar aan gekoppelde kans op conflicten. In 2019 zullen we meer gaan focussen op ‘multi-hazards’, dit wil zeggen het in samenhang beschouwen van meerdere hazards. Verder gaan we in op impact tools voor een breder scala aan mogelijke gevolgen (bijvoorbeeld: gezondheidsrisico’s in relatie tot overstromingen). Tot slot gaan we in vergelijking met 2018 meer de nadruk leggen op ‘response en recovery’.

### Samenwerking

De Topsector Water brengt als verbinder van de Gouden Driehoek een aantal onderwerpen extra voor het voetlicht. De implementatie van nieuwe kennis en het samenbrengen en delen van bestaande kennis vindt bijvoorbeeld plaats op het gebied van nieuwe versterkingstechnieken en concepten, die, met het bedrijfsleven, binnen versterkingsprojecten uitgetest worden. Nationaal is er een intensieve afstemming en

samenwerking met Rijkswaterstaat, Topsector water, taskforce deltatechnologie, kennisinstituten, STOWA en HWBP.

Daarnaast is er de behoefte vanuit overheid en het bedrijfsleven (de Gouden Driehoek) om gezamenlijk met de kenniswereld te komen tot een nieuw ontwerpinstrumentarium zodat de kansen die de nieuwe normering biedt ten aanzien van overwegingen in ruimte, tijd en alternatieve/innovatieve maatregelen (bijvoorbeeld monitoring) verzilverd kunnen worden. Ook het in het kennis en innovatiecluster waterveiligheid (TKI) inbrengen van innovaties en de implementatie daarvan is belangrijk voor het thema. Onderzoekslijnen zijn goed uitgelijnd in de nationale community en worden besproken in de klankbordgroep waterveiligheid waarin overheid en bedrijfsleven input leveren en mede bijsturen. In het Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat (NKWK), waarin bedrijfsleven, overheden en kennisinstellingen hun innovatievermogen bundelen om Nederland waterrobuust en klimaatbestendig te maken zijn voor het thema Waterveiligheid beheer/assetmanagement van waterkeringen, sterkte en belasting van waterkeringen de belangrijkste onderwerpen. Veel energie wordt gestoken om dit, met relevante stakeholders, verder vorm te geven. Kennisdeling vindt ook in belangrijke mate plaats door kennis te laten landen in toepasbare (software) instrumenten.

Nederland kan niet zonder een sterke kennisbasis op het gebied van waterveiligheid. Kenniscontinuïteit is en blijft belangrijk. Samenwerking met universiteiten moet dus behouden blijven en versterkt worden. Nationaal wordt een groot deel van de lange termijn kennisvragen zoveel mogelijk via TTW voorstellen opgepakt. Dit is ook de wijze om PhD's op het gebied van FloodRisk te ondersteunen. Deze lijnen worden doorgezet. Ook de internationale samenwerking versterken blijft een speerpunt om onze positie te versterken en te vergroten. Het mede organiseren van de FloodRisk conferenties (2020 Budapest is de volgende), en actieve deelname op andere internationale conferenties en events zorgen voor een goede aansluiting op wat er in de wereld op dit gebied gebeurt. Daarmee is er ook op langere termijn toegang tot en samenwerking met de nieuwste kennis.

## Thema Ecosystems and Environmental Quality

### *Doel*

Het thema Ecosystems en Environmental Quality (EEQ) richt zich op duurzame oplossingen voor water- en bodemvraagstukken. Daarbij staat naast het herstellen, versterken en instandhouden van goede chemische en ecologische kwaliteit van de water- en bodemsystemen en het benutten van natuurlijke processen en structuren centraal. Bij deze 'nature-based' oplossingen worden ontwikkeling en behoud van ecologische waarden gecombineerd met andere maatschappelijke doelstellingen, zoals bescherming tegen overstromingen of droogte, het verbeteren van de kwaliteit van bodem en water, hergebruik van stoffen en sediment.

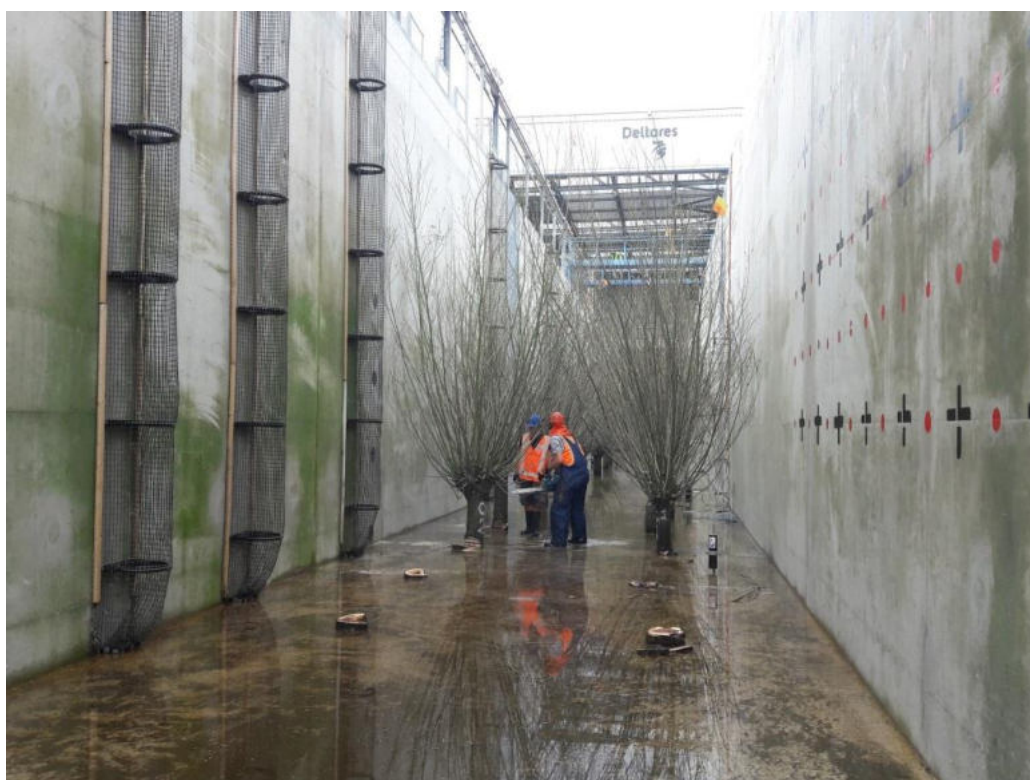
Het thema richt zich ook op de effecten van klimaatverandering op de water- en bodemsystemen en de wijze waarop de ecologische veerkracht kan worden versterkt. Verder is in het thema de problematiek van waterkwaliteit een belangrijk onderzoekspoor, waarbij ook de verbinding wordt gelegd tussen waterkwaliteit en gezondheidsrisico's. Voor het



verkrijgen van inzicht in het functioneren van de water- en bodemsystemen en de effecten van maatregelen en ingrepen in het systeem wordt kennis ontwikkeld over (de onderlinge samenhang tussen) morfologische, (geo)chemische, biochemische, microbiële en ecologische processen, van stroomgebieden tot en met kustzones. Daarvoor worden nieuwe meetmethoden en -strategieën ontwikkeld en toegepast. De verkregen data en kennis wordt vastgelegd in data-, model en informatiesystemen, en wordt vertaald naar relevante informatie over de toestand van water en bodem.

De hoofddoelen van het thema zijn:

- het versterken van de kennisbasis over systeemdynamiek op het gebied van morfologie, sedimenthuishouding, waterkwaliteit en ecologie en onderlinge interacties ten behoeve van de wetenschappelijke onderbouwing ('evidence-based') van plannen en maatregelen gericht op klimaatbestendige inrichting en beheer van water- en bodemsystemen in stroomgebieden, delta's en kustgebieden;
- het ontwikkelen van 'nature-based' oplossingen voor klimaatadaptatie, verbeteren van kwaliteit van water en bodem, hergebruik van grondstoffen en/of versterken van de ecologische kwaliteit van water- en bodemsystemen;
- het ontwikkelen van een integraal modelinstrumentarium gericht op het integraal analyseren en beoordelen van huidige functioneren van water- en bodemsystemen en het kwantificeren van de effecten van toekomstscenario's, systeeminterventies en herstelmaatregelen op morfodynamiek, sedimenthuishouding, waterkwaliteit, habitats en ecologische processen, alsmede de daarmee samenhangende risico's voor de gezondheid.



### *Trends en ontwikkelingen*

De Sustainable Development Goals (SDGs) zijn een reeks internationaal afgesproken doelstellingen voor toekomstige duurzame ontwikkelingen. Verschillende doelstellingen hebben een relatie met water en ecosystemen, zoals schoon water (SDG6), verantwoord gebruik hulpbronnen (SDG12), klimaat (SDG13), duurzame oceanen (SDG 14) en duurzaam landgebruik (SDG15). Kennis over de samenhang van fysische, chemische en biologische processen, en over de interactie van systeem-compartimenten in wisselwerking met externe veranderingen (klimaatverandering, verandering in gebruik, enzovoort) is essentieel voor het vinden van duurzame oplossingen, het maken van complexe afwegingen en het ontwikkelen van integraal beleid gericht op het realiseren van SDGs.

In Nederland is ondanks de al gerealiseerde verbetering van de waterkwaliteit een stevige inspanning nodig om de doelen van de Europese Kaderrichtlijn Water en Kaderrichtlijn Mariene Strategie te realiseren. Meststoffen, bestrijdingsmiddelen, medicijnresten, nieuwe verontreinigingen (emerging pollutants) en (micro)plastics vormen een toenemende bedreiging voor de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en de gezondheid van mens en dier. Dit heeft geresulteerd in de Delta-aanpak Waterkwaliteit. Om tot effectieve maatregelen te komen is meer inzicht en kwantitatieve informatie nodig over de bronnen, transport en gedrag van stoffen en de effecten daarvan op ecosystemen en mogelijke gezondheidsrisico's. Aanvullende maatregelen zijn nodig om te voldoen aan de waterkwaliteitseisen van Europese richtlijnen.

Niet alleen in Nederland zijn er zorgen over de waterkwaliteit. Veel Europese wateren voldoen niet aan de waterkwaliteitseisen van de Europese (kader)richtlijnen. Ook elders in de wereld zijn er grote zorgen over de watervervuiling en de daaraan gerelateerde gezondheidsrisico's, zoals de vervuiling van rivieren, kustwateren, zeeën en oceanen met (micro)plastics.

In veel rivieren, estuaria en kustwateren is de sedimentdynamiek sterk veranderd als gevolg van ingrepen in de rivieren, het landgebruik in de stroomgebieden en inrichting en beheer van kustgebieden. Actuele vraagstukken over sedimentbeheer in de Nederlandse delta hebben betrekking op het in vorm te houden van de rivieren voor waterveiligheid, scheepvaart en natuur, het beschermen van de kust(lijn) en het in standhouden van de natuurlijke uitwisseling van sediment van de Noordzeekust en de Waddenzee. Voor de onderbouwing van duurzame oplossingen vanuit een integrale context (zoals actief sedimentbeheer) is meer inzicht nodig in het gedrag van sediment in de watersystemen alsmede naar de interactie tussen sediment en ecologie, in relatie tot natuur en waterveiligheid.

Het realiseren van de beleidsdoelstellingen voor natuur en ecosystemen (biodiversiteit, habitats, natuurlijk kapitaal) is in Nederland een lastige opgave. Naast de waterkwaliteitsproblematiek en allerlei ingrepen in beheer en inrichting van de watersystemen, zal klimaatverandering effect hebben op de ecologische ontwikkeling van bodem- en watersystemen. Het complex aan stress factoren waaraan ecosystemen zijn blootgesteld vraagt om integrale kennis van de systemen (hydrodynamiek, sedimentdynamiek, waterkwaliteit, ecologie) en de ecologische veerkracht van



watersystemen met als doel het inrichten van veerkrachtige, klimaat-robuste water- en bodemsystemen.

Niet alleen in Nederland, maar wereldwijd wordt gewerkt aan ‘nature-based’ oplossingen (“building with nature”) voor enerzijds het herstellen van de ecologische kwaliteit van water en bodem en anderzijds invulling te geven aan de doelen met betrekking tot duurzaamheid zoals duurzaam gebruik van ecosysteemdiensten en efficiënt gebruik van stoffen en materialen. Belangrijke uitdagingen hierbij zijn het versterken van de kennisbasis gericht op het vergroten van de toepasbaarheid van de bestaande “building-with-nature” concepten en het ontwikkelen van nieuwe building-with-nature concepten, onder meer gericht op het vergroten van de waterbeschikbaarheid (natuurlijke retentie in stroomgebieden) en het versterken van de natuurwaarden van grote wateren.

Schaarste aan grondstoffen heeft in Nederland en in de Europese Unie geleid tot een beleid gericht op duurzaam omgang met grondstoffen (circulaire economie). Er is behoefte aan het ontwikkelen van technieken en maatregelen gericht op het verminderen van grondstofgebruik en het vergroten van het hergebruik van grondstoffen en producten. Het thema richt zich op het ontwikkelen van nieuwe concepten, onder meer gericht op het terugwinnen van stoffen in de landbouw en afvalstromen en het bouwen met slib.

Kennis over systeemdynamiek en de interactie tussen waterbeweging, morfologie, waterkwaliteit, bodem en ecologie, is niet alleen noodzakelijk om de effecten van klimaatverandering op water- en bodemsystemen in beeld te brengen, maar is ook nodig voor het in kaart brengen van de impact van voorgenomen (energie)transities en ingrepen op deze processen, alsmede van de effectiviteit van ‘nature-based’ oplossingen als duurzame maatregel voor klimaatadaptatie, en herstellen en behouden van ruimtelijke kwaliteit. Dit levert integrale inzichten en handelingsperspectieven op voor de inrichting van watersystemen en behalen van beleidsdoelen.

Veel van de genoemde vraagstukken komen in Nederland ook terug in de gebiedsagenda’s, zoals Natuur Grote Wateren, IJsselmeer, Noordzee en Wadden. Systeemkennis en kennis over ‘nature-based’ oplossingen vormen de basis voor duurzaam gebruik, inrichting, beheer van grote wateren.

### *Thema-indeling*

Het onderzoek naar de maatschappelijke vraagstukken over de kwaliteit van bodem- en watersystemen en het duurzaam gebruik van natuurlijke processen in water- en bodemsystemen is in het thema gestructureerd in de vorm van een vijftal programma’s:

- Understanding System Dynamics
- Ecosystem Monitoring and Modelling
- Nature Based Flood Defences
- Solutions for Impacted Environments
- Gezonde Watersystemen

De structuur van het thema is ten opzichte van 2018 enigszins aangepast. De afgelopen jaren is een verkenning uitgevoerd naar vraagstukken op het gebied van ‘ecosystem

alteration and implications for human health'. Met deze onderzoekslijn hebben we een verbinding gerealiseerd tussen de water- en ecosysteemkennis binnen Deltares en de kennis over daaraan gerelateerde humane gezondheid buiten Deltares. In 2019 is de onderzoekslijn geïntegreerd in de bestaande programma's binnen het thema: Understanding System Dynamics (relatie systeemkennis-gezondheid) en Ecosystem Monitoring and Modelling (nieuwe meet- en monitoringstechnieken, modelleren risico's voor gezondheid). Daarnaast is vanuit de versterking van de kennisbasis het project Gezonde Watersystemen opgenomen in het thema als een nieuw programma dat een dwarsverbinding gaat vormen met de andere programma's binnen het thema. Het programma Gezonde Watersystemen blijft zich richten op het versterken van de kennisbasis ten behoeve van het Nederlandse waterbeheer. De dwarsverbindingen concentreren zich op de onderwerpen waterkwaliteit en gezondheid, ecologische veerkracht, actief sedimentbeheer en 'nature-based' oplossingen.

In 2019 zullen de volgende accenten in het thema worden aangebracht:

- Delta-aanpak Waterkwaliteit: in 2019 zal samen met andere kennisinstellingen een uitwerking worden gegeven aan de kennisagenda van de Delta-aanpak Waterkwaliteit door het opstarten van nieuwe pilots en het oppakken van de prioritaire kennisvragen. Het thema zal het onderzoek versterken door in samenhang onderzoeksactiviteiten te definiëren gericht op het vergroten van de kennisbasis over de emissies, het gedrag, verspreiding en de impact van (nieuwe) stoffen op de (ecologische) kwaliteit van het systeem, het opbouwen van kennis over de effectiviteit van maatregelen in het verbeteren van de waterkwaliteit en het verder ontwikkelen van modelinstrumentarium voor het modelleren van de effecten van maatregelen op de waterkwaliteit en de impact daarvan op ecosystemen en gezondheid. In 2018 is een eerste stap gezet naar de vernieuwing van het modelinstrumentarium voor waterkwaliteit. Deze vernieuwingslag krijgt in 2019 een verdere impuls.
- Waterkwaliteit en gezondheid: het verder ontwikkelen van technieken voor monitoring en voorspelling van zwemwaterkwaliteit in relatie tot gezondheid. De ontwikkeling van een health-impact tool voor het kwantificeren van de humane risico's van toxische stoffen via water gerelateerde blootstellingstraces zal worden gecontinueerd. In samenwerking met de partners van Netherlands Centre for One Health zal de kennisbasis worden versterkt naar de verspreiding, groei en impact van water-gerelateerde vectoren en pathogenen.
- Microplastics in rivieren en mariene milieu: vergroten van inzicht in emissies, gedrag en transport van (micro)plastics in rivieren en het mariene milieu, maar ook in de effecten van (micro)plastics op ecosystemen en gezondheid. Het thema ondersteunt verschillende promotie-onderzoeken op dit gebied.
- Sedimentbeheer van rivieren en kustwateren: het verkrijgen van kwantitatief inzicht in de sedimentbalans van de Nederlandse delta. Verder zal onderzoek worden opgestart gericht op het verkrijgen van inzicht in de dynamiek en respons van rivieren en kustwateren op een veranderend klimaat ten behoeve van integraal (adaptief) beheer.
- Veerkrachtige ecosystemen: de effecten van klimaatverandering op ecosystemen-ontwikkeling van grote wateren en in het bijzonder op de veerkracht van ecosystemen. Het gaat over het ontwikkelen van concepten voor klimaat-robuste inrichting en beheer van de grote wateren.



- Nature based solutions: in 2018 is gestart met experimenteel onderzoek naar de golfdempende werking van wilgenbossen onder extreme omstandigheden. Verder experimenteel onderzoek is nodig voor de wetenschappelijke onderbouwing van de golfdempende werking van houtige gewassen met als doel ontwerprichtlijnen te ontwikkelen voor het gebruik van (wilgen)bossen bij waterkeringen. De integratie van vegetatiemodellen in het hydrodynamische modelinstrumentarium krijgt in 2019 een impuls als een belangrijk hulpmiddel bij dynamisch beheer van vegetaties door de effecten van de golfdempende werking van vegetatie beter te kwantificeren. Verder wordt de kennisbasis van het gebruik van slib en sediment voor herstel van ecosystemen (o.a. Markerwadden) en kleiwinning (o.a. kleirijperij) versterkt. Daarnaast zal onderzoek worden gestart naar het ontwikkelen van nieuwe nature based concepten voor het ondersteunen van ecological flows in rivieren en voor het herstellen van de Noordzee-natuur. In 2019 verschijnt een handboek over nieuwe financieringsinstrumenten voor ecosysteemdiensten van nature based solutions gericht op disaster risk reduction. Ook komen proefschriften beschikbaar over de fysische en ecologische effecten van de slibmotor. Verder verschijnt er een proefschrift naar de ecologische waarde van langsdammen.
- Groene bodemsanering; in samenwerking met bedrijfsleven zullen nieuwe technieken worden ontwikkeld gericht op afbraak van verontreinigingen in de bodem en ondergrond door bacteriën, schimmels en vegetatie. Deze nieuwe technieken zullen worden getoetst in de praktijk.
- Noordzee: onderzoek zal worden opgestart gericht op het versterken van de kennisbasis over het ecologische functioneren van de Noordzee in relatie tot duurzame energievoorziening, een toekomstbestendige voedselvoorziening en herstel van een gezonde Noordzee-natuur. Hierbij zal samenwerking worden gezocht met andere Noordzee-kennisinstituten.

- Data-modelintegratie: het ontwikkelen van real-time tools voor waterkwaliteit die gebruik maken van satelliet data.
- Innovatie in meettechnieken en sensing voor monitoring van microbiologische en chemische waterkwaliteit.
- Modelinstrumentarium: het thema werkt aan verschillende bouwstenen voor een integraal modelinstrumentarium voor sedimentbeheer, waterkwaliteit en ecologie. Voor KRW-vraagstukken ondersteunt het thema de ontwikkeling van een landelijk waterkwaliteitsmodel (LWKM). Hieraan gelinkt is de ontwikkeling van ecologische modellen gebaseerd op ecologische sleutelfactoren voor een beter inzicht in de effectiviteit van KRW-maatregelen. Daarnaast worden informatietools (“keukentafeltools”, “apps”) ontwikkeld gericht op de effectiviteit van maatregelen in het landelijk gebied gericht op het verbeteren van de waterkwaliteit.
- Sustainable Development Goals (SDGs): het ontwikkelen van methodieken en indicatoren voor toetsen voor strategieën gericht op het realiseren van SDGs.

## Programmering 2019

### Understanding System Dynamics

Het programma Understanding System Dynamics richt zich op het ontwikkelen en bijeenbrengen van alle proces- en systeemkennis op het gebied van sediment (zand en slib), morfologie, water- en bodemkwaliteit en ecologie. Dit maakt een integrale beschrijving en analyse mogelijk van het gedrag van water- en bodemsystemen en van hun interacties, van stroomgebied tot en met de kustzones. In dit programma worden kennisvragen opgepakt uit de Kennis en Innovatieagenda Deltatechnologie (KIC's “duurzaam functioneren van watersystemen”, “duurzaam gebruik estuaria, zeeën en oceanen”) en maatschappelijke vragen uit de kennisagenda voor bodem en ondergrond (thema's “leefbaarheid landelijk gebied en natuur” en “bodem, ondergrond en water”). Het programma is van belang voor de lange termijn kennisbasis op het gebied van proces- en systeemkennis van grondwatersystemen, rivieren, meren, estuaria en kustwateren, in het bijzonder kennis over de wisselwerking van fysische, chemische en ecologische processen en de interactie van subsystemen (grond/oppervlaktewater, zoet/zout). Specifieke onderwerpen binnen dit programma zijn:

- Sedimentdynamiek in rivieren, estuaria en kustwateren
- Effecten van klimaatverandering en andere externe invloeden op het ecologisch functioneren van bodem- en watersystemen, met onder meer aandacht voor effecten van multiple stress en cumulatieve effecten.
- Ecologische veerkracht van water- en bodemsystemen
- Transport en gedrag van nieuwe stoffen, medicijnresten en (micro)plastics in het oppervlaktewater, en de effecten daarvan op ecosystemen en gezondheid.

Het onderzoek naar systeem- en proceskennis vindt in nauwe samenwerking met Nederlandse en internationale universiteiten en kennisinstellingen plaats. Binnen dit programma werkt een 12-tal AIO's in het kader van NWO, TTW of EU H2020 projecten.

### *Ecosystem Monitoring and Modelling*

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. In dit programma worden kennisvragen opgepakt uit de Kennis en Innovatie Agenda Deltatechnologie (KIC's 'Water en ICT' en 'Duurzaam functioneren van watersystemen') en Watertechnologie Innovatiecluster ('Smart water services').

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. In verschillende Europese onderzoeksprojecten wordt het gebruik van remote sensing data voor het monitoren en voorspellen van de ecologische kwaliteit van wateren onderzocht. Een continue programmalijn betreft het verbeteren van het modelinstrumentarium voor waterkwaliteit. Dit richt zich enerzijds op het verbeteren van modellen van de emissies en de waterkwaliteitsprocessen in bodem en water, alsmede op de effecten daarvan op ecologische kwaliteit en de risico's voor de humane gezondheid en anderzijds op het ontwikkelen van informatietools voor de agrarische sector om de effecten van maatregelen inzichtelijk te maken (de zogenaamde keukentafeltools). Voor het verbeteren van het kwantificeren van de effectiviteit van KRW-maatregelen worden in samenwerking met regionale waterbeheerders ecologische modellen ontwikkeld die gebaseerd zijn op de methodiek van ecologische sleutelfactoren.



Een andere programmalijn is het ontwikkelen van nieuwe meettechnieken voor het bepalen van de chemische en biologische kwaliteit van wateren, zoals passieve sampling technieken voor het bepalen van de aanwezigheid van verontreinigingen in water- en bodemsystemen, en DNA-technieken voor het bepalen van microbiologische verontreinigingen. Een ander



spoor is het ontwikkelen van technieken die gebruik maken van ‘citizen science’ voor het bepalen van de waterkwaliteit.

Het programma heeft een sterke link met het thema Enabling Technologies.

### *Nature Based Flood Defences*

Het programma Nature Based Flood Defences richt zich op het ontwikkelen van ‘building-with-nature’ oplossingen voor waterveiligheid, zowel voor zand- en slibkusten als voor rivieren. In dit programma worden kennisvragen opgepakt uit de Kennis en Innovatieagenda Deltatechnologie (KIC’s “waterveiligheid” en “nature based solutions”).

In het programma worden de lopende meerjarige projecten voortgezet gericht op het beter voorspelbaar en toetsbaar maken van de veiligheid van Nbfd oplossingen volgens bestaande standaarden. Daartoe wordt experimenteel onderzoek verricht naar de invloed van vegetatie op golven onder extreme omstandigheden (wood-versus-waves). In het kader van het “building with nature” programma verricht Deltares samen met andere Ecoshape partners onderzoek in een aantal pilotprojecten voor “nature based” oplossingen, zoals de Zandmotor, de Hondsbossche en Pettemer Zeewering (HPZ) en de Marconi proefkwelder. Toepassingen van nature based flood defences buiten Nederland (onder meer in Zuidoost Azië en de Golfkust van de Verenigde Staten) richten zich specifiek op ‘nature based’ oplossingen waarbij veiligheid wordt gecombineerd met duurzame aquacultuur en visserij. Ook worden verschillende onderwerpen samen met thema Flood Risk opgepakt: zo wordt er met het programma Future proof Dikes onderzoek verricht naar het gebruik van voorlanden voor waterkeringen (onder andere Houtribdijk). Een nieuwe onderzoekslijn betreft een ecosysteem gericht adaptief en risicogestuurd beheer van rivieren en kusten. Environmental flows en adaptief beheer van vegetatie zijn twee belangrijke pijlers binnen deze onderzoekslijn. De kennisbasis op het gebied van nature based flood defences wordt versterkt door deelname aan verschillende NWO en TTW projecten (zoals Rivercare).

Het programma heeft een sterke link met thema Flood Risk.

### *Solutions for impacted environments*

In dit programma worden kennisvragen opgepakt uit de KIA Deltatechnologie (KIC’s “nature based solutions” en “duurzame deltasteden”) en de Watertechnologie Innovatiethema’s “resource efficiency” en “sustainable cities”), alsook en maatschappelijke vragen uit de kennisagenda voor bodem en ondergrond (thema’s “leefbaarheid landelijk gebied en natuur” en “bodem, ondergrond en water”).

Het programma Solutions for Impacted Environments richt zich op het ontwikkelen van innovatieve technieken op het gebied van ‘circular economy’, ‘resource efficiency’ en ‘nature based solutions’ voor specifieke vraagstukken in het agrarische, stedelijke en industriële gebied. De onderzoekslijnen binnen dit programma richten zich op:

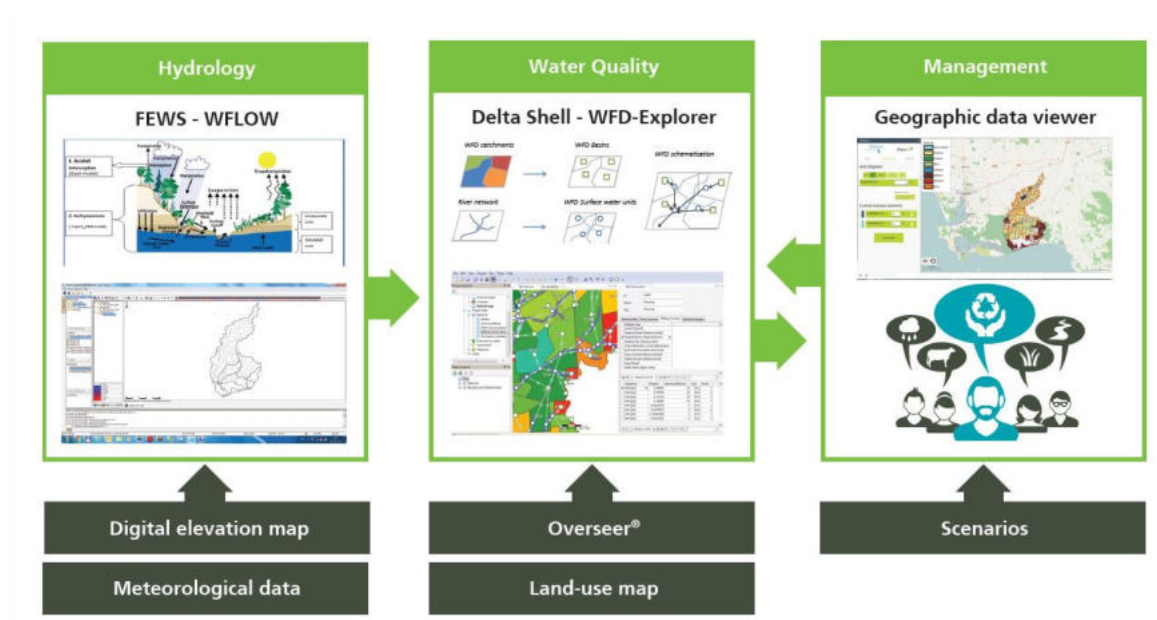
- Nature based oplossingen voor het herstellen van de ecologische kwaliteit van gebieden en watersystemen
- Effectiviteit van maatregelen gericht op het verbeteren van waterkwaliteit en hergebruik van stoffen



- Effectieve implementatie van Europese kaderrichtlijnen op het gebied van water, natuur en milieu.

In het programma Solutions for Impacted Environments staan 'nature based' oplossingen centraal. Een van de onderzoeklijnen betreft 'bouwen met slib' voor het versterken van het natuurlijk herstel van ecosystemen, zoals het onderzoek naar de Markerwadden. Tevens worden bijdragen geleverd aan "building with nature" gerelateerde NWO- en TTW-projecten, zoals NWO Markerwadden en TTW salt marshes. Verder wordt het onderzoek voortgezet naar de toepasbaarheid van "bouwen met slib" uitgewerkt voor rehabilitatie van ernstig verstoorde gebieden. In samenwerking met het bedrijfsleven worden oplossingen uitgewerkt voor groene bodemsanering door gebruik te maken van micro-organismen, schimmels en planten. Een spoor betreft het ontwikkelen van lange termijn kennisbasis naar 'nature based' oplossingen voor stedelijke gebieden ten behoeve van duurzame deltasteden (NWO project Urban Impuls).

Een andere onderzoeklijn betreft het hergebruik van grondstoffen en nutriënten, en (natuurlijke) zuivering van landbouwwater. Dit zijn onderzoeksactiviteiten die in het kader van de Delta Aanpak Waterkwaliteit worden opgestart of een nieuwe impuls krijgen. Hierbij ligt de focus vooral op de effectiviteit van maatregelen die gericht zijn op het verbeteren van de waterkwaliteit. Het onderzoek in het kader van de Delta Aanpak Waterkwaliteit wordt in samenwerking met andere Nederlandse kennisinstututen opgepakt. Binnen dit programma wordt ook onderzoek verricht ter ondersteuning van de implementatie van de Europese kaderrichtlijnen (KRW, KRM, Natura2000), vooral gericht op de effectiviteit van maatregelen.



### Gezonde Watersystemen

Dit programma richt zich op het versterken van de kennisbasis ten behoeve van de (beleids)opgaven:

- het realiseren van chemisch schoon en ecologisch gezond water voor natuur en duurzaam gebruik

- het vergroten van de ecologische veerkracht van grond- en oppervlaktewatersystemen,
- duurzaam sedimentbeheer in de delta als middel om zowel zoete, zoute als brakke wateren goed te laten functioneren
- het ontwikkelen van 'nature-based' oplossingen als duurzame maatregel voor klimaatadaptatie, en het herstellen en behouden van ruimtelijke kwaliteit.



Het programma richt zich op het verbeteren van het model instrumentarium voor het integraal begrip van de watersystemen en het kwantificeren van effecten van stoffen op ecosystemen en gezondheid en van de effectiviteit van inrichtingsmaatregelen (inclusief nature based solutions) op het vergroten van de veerkracht van een watersysteem. Kennis wordt gebiedsspecifiek ontwikkeld met oog voor consistentie. De versterkte kennisbasis levert integrale inzichten en handelingsperspectieven op voor de inrichting van watersystemen en het behalen van doelen. Het programma kent de volgende onderzoekslijnen:

- waterkwaliteit en gezondheid: (a) het verbeteren van de modellering van de emissies van diffuse bronnen en waterkwaliteitsprocessen in water en bodem, en (b) de modellering van transport en afbraakprocessen van (micro)plastics in rivieren, kustwateren, zeeën en oceanen, alsmede de effecten op ecosystemen en gezondheid
- duurzaam sedimentbeheer: (a) gericht op het verkrijgen van inzicht in de sedimentbalans van de Nederlandse delta, en (b) vernieuwingen aanbrengen in de integrale modellering van slibdynamiek, primaire productie en vegetatie-fysica interacties

- nature based oplossingen: (a) het versterken van de kennisbasis op het gebied van bouwen met slib door onder meer aan te sluiten op initiatieven in het kader van Living Labs in Delta, en (b) het ontwikkelen van vegetatiemodellen in relatie tot golven, slib en zand.

### Samenwerking

Bijdragen vanuit het thema worden voorzien voor de volgende onderzoekslijnen van NKWK: Waterkeringen, Rivieren, Kustgenese II, Markerwadden, Duurzaam Beheer Grote Wateren, IDON Noordzee, Lumbricus en Klimaatbestendige stad. Voor die onderzoekslijnen zijn afspraken gemaakt over invulling van samenwerking tussen de verschillende partijen; inhoud en budget zijn afgestemd.

Via samenwerking met universiteiten en kennispartners wordt gewerkt aan de lange termijn kennisbasis. In Nederland wordt vooral samengewerkt met TUD, UT, RUU, WUR, KUN, UvA, VU. Dit wordt deels gerealiseerd door een deeltijd aanstelling bij universiteiten: het gaat hierbij om een vijftiental medewerkers, waarvan 6 een aanstelling hebben als hoogleraar. Daarnaast werken er in het thema via NWO en TTW-projecten meer dan 20 aio's aan een proefschrift.

Daarnaast bestaan er samenwerkingsrelaties met een groot aantal buitenlandse universiteiten, onder meer via Europese onderzoeksprojecten. Het thema neemt in 2019 deel aan de volgende Europese onderzoeksprojecten:

- FP7 Solutions: het ontwikkelen van methodiek en tools gericht op het meten en modelleren van het voorkomen van opkomende stoffen in het aquatisch milieu.
- JMP-EUNOSAT: project met als doel monitoren en voorspellen van chlorofyl concentraties door gebruik van satelliet data.
- HYDRALAB IV: betere kennis van veranderingen als gevolg van klimaatverandering inzichtelijk maken via experimenten in fysieke faciliteiten gekoppeld aan numerieke modellering
- H2020 EcoPotentials: gebruik van satelliet data voor het monitoren van de Waddenzee en het bepalen van de potentie voor ecosysteemdiensten.
- H2020 EOMORES: project richt zich op het faciliteren van het gebruik van satelliet data voor het monitoren van de ecologische status van wateren ten behoeve van EU Water Framework Directive (WFD/KRW).
- H2020 NAIAD Insurance value of ecosystems – dit project beoogt de verzekeringswaarde van ecosystemen te operationaliseren om de humane en economische risico's van watertekort en –overschot te verkleinen door concepten en instrumenten te ontwikkelen en dit samen met verzekeraars en gemeenten te testen.
- H2020 IMPAQT - Dit project is gericht op het ontwikkelen van kennisbasis en tools voor een duurzame geïntegreerde multi-trofische aquacultuur.
- H2020 SOPHIE: Seas, Oceans and Public Health in Europe: dit project richt zich op het ontwikkelen van kennis over de betekenis en economische waarde van gezonde mariene en kust-ecosystemen.

Het thema ondersteunt ook de Delta-aanpak Waterkwaliteit en Zoetwater. De kennisparagraaf van de Delta-aanpak Waterkwaliteit en zoetwater richt zich op het

combineren van kennis en het doelmatig ontsluiten, inzichtelijk maken en sneller toepasbaar maken van kennis. Deltares werkt hierin samen met andere Nederlandse kennispartners.

De blauwe route van de Nationale Wetenschapsagenda pakt vraagstukken op die betrekking op het toekomstperspectief Leven in de Delta: het versterken van de kennis over rivier- en kustsystemen, waterkwaliteitsproblematiek en 'building with nature' oplossingen. Het thema ondersteunt verschillende initiatieven in kader van de Nationale Wetenschapsagenda:

- Preparing for vector-borne virus outbreaks in a changing world: a One Health Approach (Erasmus Universiteit)
- Plastic free rivers (Technische Universiteit Delft)
- Sustainable estuaries in the Dutch delta under sea level rise, climate change and increasing human needs (Universiteit Utrecht)
- Towards Smart Carbon Sequestration Networks: Short term risks of greenhouse gas emissions and long term opportunities for carbon sequestration of Dutch aquatic ecosystems (Wageningen University and Research)

Het thema sluit ook aan op de Gebiedsagenda's door het versterken van de kennisbasis voor vraagstukken met betrekking tot duurzaam gebruik, inrichting, beheer van grote wateren, zoals de gebiedsagenda's Natuur Grote Wateren, IJsselmeer, Noordzee, Wadden

De samenwerking met bedrijfsleven heeft betrekking op alle programma's, maar in het bijzonder wordt geïnvesteerd in de ontwikkeling en toepasbaar maken van groene saneringstechnieken en andere 'nature-based' oplossingen.

## Thema Water and Subsurface Resources

### *Doel*

Dit thema richt zich op de beschikbaarheid van water, energie en grondstoffen, nu en in de toekomst, voor verschillende vormen van gebruik, onder uiteenlopende omstandigheden. Hoofddoel is kennisontwikkeling om de (schaarse) voorraden duurzaam te beheren. De focus van het thema lag tot 2018 bij waterschaarste en waterverdeling in stroomgebieden en delta's; een onderwerp dat nauw aansluit bij het UN Sustainable Development Goal: Water & Sanitation (6). Daarnaast wordt in het thema veel aandacht gegeven aan de raakvlakken tussen "watersecurity" en de landbouw- en energiesector (de nexus food en nexus energy) en vanaf 2018 op de transitie op het gebied van duurzame energie en circulaire economie. Hiermee sluit het thema ook aan op de Sustainable Development Goals: Affordable & Clean Energy (7), Climate Action (13) en Hunger & Foodsecurity (2).

### *Trends en ontwikkelingen*

Door bevolkingsgroei, economische groei, verstedelijking en veranderende leefpatronen neemt mondiaal de vraag naar water maar ook de vervuiling van water toe, en stijgt de druk op het ecosysteem. Tegelijkertijd heeft het veranderde mondiale klimaat grote invloed op de waterbeschikbaarheid, zeespiegelstijging en verzilting. In hun Global Risk Reporting heeft het World Economic Forum de watercrisis bestempeld tot een van de grootste risico's voor de



komende decaden. Ook wordt steeds meer erkend dat de watercrisis en de klimaatveranderingen bijdragen aan een groeiende instabiliteit in de wereld (vluchtelingenstromen, conflictrisico's).

Benutten van water voor de diverse maatschappelijke en economische functies vraagt om keuzes op nationale, regionale en lokale schaal in de verdeling van schaars water (kwantitatief en kwalitatief).

Door de groei van de wereldbevolking neemt ook de vraag naar voedsel en energie toe, vooral in en om metropolen. Voedselproductie en energiewinning en -opslag stelt bijzondere eisen aan water- en bodembeheer. Veel van deze aanspraken op water, energie en grondstoffen zijn aan elkaar gerelateerd, maar worden veelal nog vanuit de afzonderlijke sectoren aangepakt. De aandacht voor synergie tussen deze sectoren groeit echter.

Er is wereldwijd een groeiende behoefte aan duurzame oplossingen voor de schaarste aan grondstoffen, als onderdeel van de gewenste transitie naar een circulaire economie, en aan het reduceren van de CO<sub>2</sub> uitstoot door omschakeling van fossiele naar hernieuwbare energiebronnen.

Het klimaatakkoord van Parijs, maar ook de nationale akkoorden op het gebied van duurzame energie en grondstoffen, onderstrepen het belang van de zoektocht naar grote systeemspongen ("transities"), maar ook het zoeken naar kleine (lokale) innovaties met MKB bedrijven blijft belangrijk.



Het thema heeft een sterk internationale focus. Kennis wordt ontwikkeld en toegepast in grote internationale projecten op het gebied van Integrated Water Resource Management (IWRM), River Basis Management (RBM) en reservoirmanagement. Prioriteit ligt daarbij op de regio's waar de waterschaarste problematiek het meest manifest is (ZO Azie, Afrika, Midden Oosten).

Voorbeelden hiervan zijn projecten in onder andere India, Bangladesh, Myanmar, Koeweit en Indonesië. Allemaal projecten die een belangrijke bijdrage leveren aan nationale en regionale waterplannen en een grote maatschappelijke impact (kunnen) hebben.

Voor Nederland bepaalt de Topsector Water grotendeels de focus. Er wordt veel kennis ontwikkeld voor het ministerie van IenW, onder andere voor de implementatie van het Deltaprogramma Zoetwater en het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium. Voor 2019 wordt voorzien dat er bijdragen worden geleverd aan missiegedreven onderzoek van de ministeries EZK, LNV en IenW op twee maatschappelijke thema's:

- Energietransitie en duurzaamheid
- Landbouw, water en voedsel

### *Thema indeling*

Het thema omvat met ingang van 2019 vier programma's. Dit betreft grotendeels een voortzetting van de drie programma's uit het Onderzoeksplan 2018, met daarbij de voortzetting van het extra impulsprogramma uit 2018: het programma energietransitie en circulaire economie.

De onderzoekslijnen die in 2018 zijn gestart in dit impulsprogramma krijgen hun voortzetting in een nieuw programma (Sustainable energy transition) en een nieuwe onderzoekslijn circulaire economie. De programma's zijn:

- Subsurface resources in a circular economy
- Information systems for watersecurity
- Water, Energy, Food Nexus
- Sustainable energy transition.

## *Programmering 2019*

### *Subsurface resources in a circular economy*

Dit programma is de voortzetting van het programma Exploration of the subsurface dat bestaan heeft van 2015 tot 2018. In dit vernieuwde programma staat de ontwikkeling van (hydro)geologische systeemkennis nog steeds centraal en wordt doorgewerkt aan innovatieve meetinstrumenten, meetmethoden en modellen die deze systeemkennis in kaart brengen en verder operationaliseren voor gebruik van de ondergrond. Het gaat daarbij in dit thema vooral om de beschikbaarheid van conventionele grondstoffen (grondwater, sedimenten), non-conventionele grondstoffen (producten van bacteriën, zeldzame mineralen) en mogelijkheden voor warmte en energie opslag. Er is veel aandacht in het programma voor het vastleggen van de systeemkennis in modellen en voor disseminatie van deze kennis.

Het programma heeft een sterk "enabling" karakter ten opzichte van andere onderzoeksprogramma's binnen Deltares, bijvoorbeeld onderzoek op het gebied van stabiliteit van dijken, bodemdaling, kustgenese en duurzame energie. En er wordt nauw samengewerkt met het thema Enabling Technologies op het gebied van meten en monitoren en datascience (onder andere glasvezeltechnologie, drones en blockchain technologie).



In 2019 wordt de investering in een aantal (hydro)geologische modellen voortgezet (iMOD, DELFT 3D GEO-tool en Zoutwachter 2.0).

In 2019 krijgt het initiatief voor de oprichting van een nationaal expertisecentrum Noordzee een vervolg in samenwerking met Rijkswaterstaat.

Nieuw in dit programma is de onderzoekslijn circulaire economie. In deze onderzoekslijn wordt het onderzoek voortgezet dat in het kader van de impulsfinanciering in 2018 is opgestart. In deze onderzoekslijn staat efficiënt gebruik (evenals hergebruik) van (grond)water en sediment (klei, zand, slib) centraal.

In 2019 worden drie onderwerpen (door)ontwikkeld:

- Instrumenten voor afweging (op basis van een in 2018 ontwikkelde CE scan)
- Gebruik van brak grondwater (mede in relatie tot het PPS project COASTAR)
- Duurzaam (her)gebruik van sediment.

### *Information systems for watersecurity*

In dit programma wordt gewerkt aan methoden en instrumenten voor rationale besluitvorming met het oog op water zekerheid. Het doel is het oplossen van issues in waterzekerheid door effectief management van schaarse bronnen.

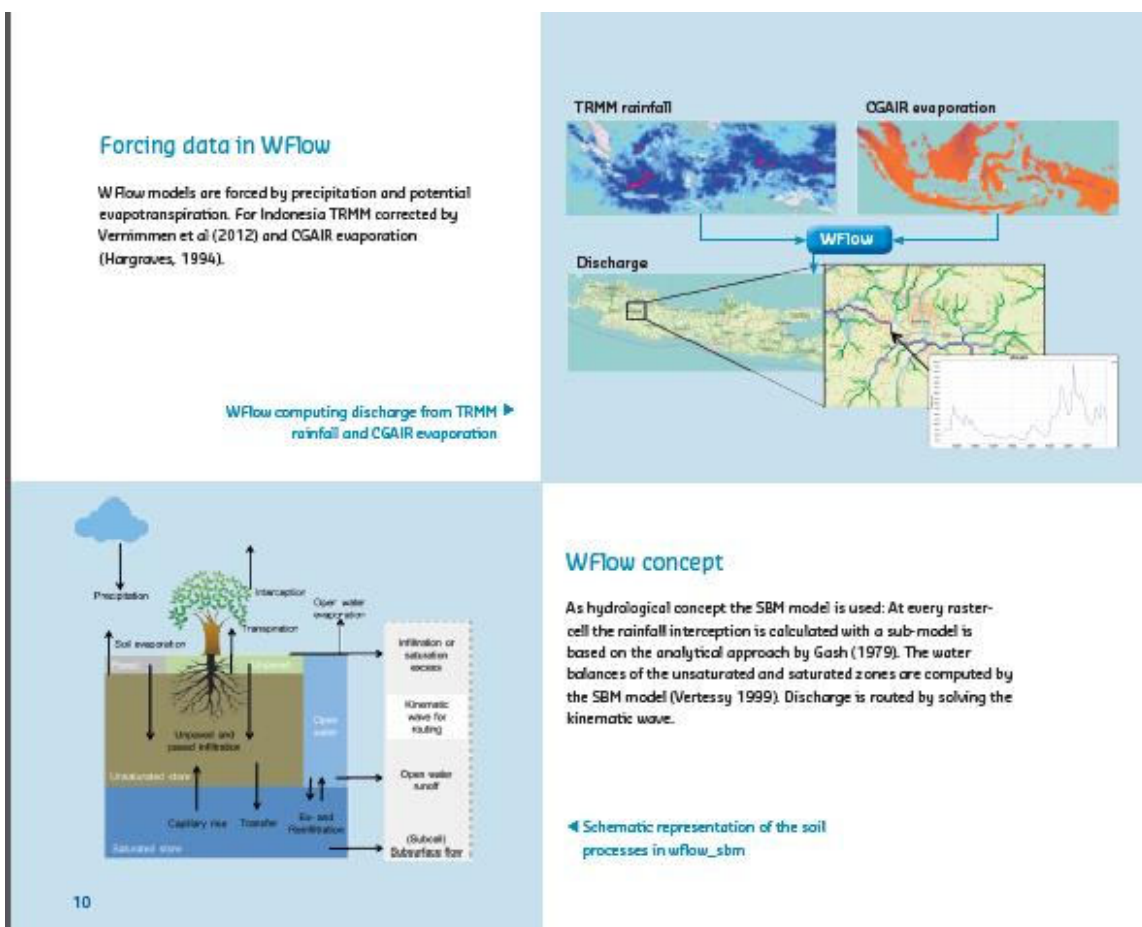
Het programma is het afgelopen jaar ingrijpend vernieuwd, resulterend in drie programmeerlijnen:

1. Innovatieve methoden voor rationele besluitvorming
2. Ontwikkeling en validatie van global datasets en modellen,
3. Ontwikkeling van een open D-IWRM platform

Ad 1. In deze programmeerlijn wordt gewerkt aan een grote diversiteit aan projecten, onder andere gericht op het betrekken van stakeholders en eindgebruikers bij waterplannen (onder meer een team collaborative modeling, web-based water scarcity dashboard, diverse serious games), impact van waterschaarste en droogte op economische en maatschappelijke indicatoren (impactmodellering), stochastische forecasting (met RTC tools) en een risicobenadering voor droogte (WorldBank project Global Drought Risk en EU H2020 project IMPREX).

Ad. 2 In deze programmeerlijn worden globale modellen en dataservices ontwikkeld, gebruikmakend van onder andere WFLOW, IMOD en RIBASIM. Het uiteindelijke doel is een wereldwijd watermodel. Het onderzoek richt zich op schalingsissues, het snel genereren van model applicaties gebruikmakend van een uitsnede uit het wereldwijde model (inclusief noodzakelijke softwareverbeteringen) en het snel genereren van een model op basis van open data sets ("3 clicks to model" benadering) en het ontwikkelen van global data services (met bv. Google Earth Engine). Hierbij wordt nauw samengewerkt met het thema Enabling technologies op het gebied van multi-resolutietechnieken (up- & downscaling) en Cloud Computing.

Ad. 3 Het hoofddoel van deze onderzoekslijn is het ontwikkelen van een D-IWRM platform, waarin de sleutelonderdelen (Deltares softwarepakketten, ruimtelijke watervraagmodule, impact assessmentstool, analyse- en visualisatietools) goed op elkaar aansluiten en de ontwikkelingen worden afgestemd. We focussen ons hierbij op waterkwantiteit (oppervlaktewater, grondwater en waterverdeling).



In nauwe samenwerking met het Deltaprogramma Zoetwater en Rijkswaterstaat wordt de risicobenadering droogte ontwikkeld, met als doel om beleidsmakers beter te ondersteunen bij het nemen van goed (economisch) onderbouwde maatregelen met het oog op situaties zoals die zich in 2018 (extreme droogte) voordeden of in de toekomst door klimaatverandering voordoen. Het H2020 project IMPREX heeft hierin een belangrijke rol. Er is in 2018 een nieuw initiatief gestart met een aantal kennispartners en Rijkswaterstaat voor het opstellen van een kennisagenda droogte naar aanleiding van de evaluatie van de langdurige droogte van de afgelopen zomer.

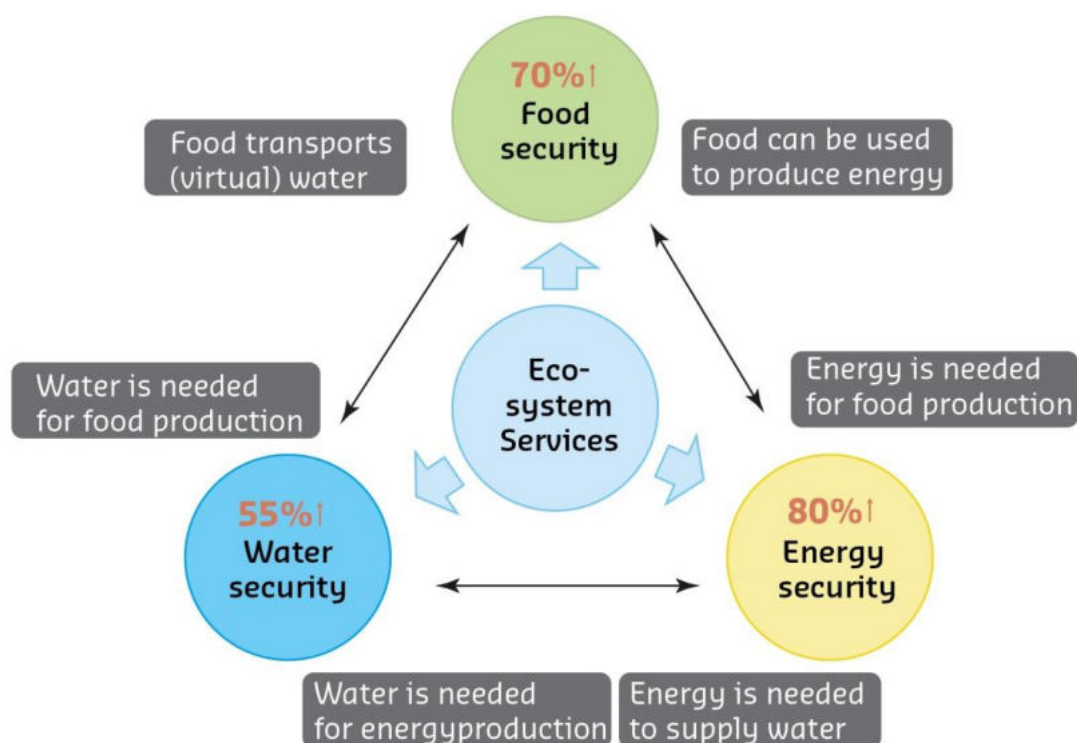
In 2018 is veel gewerkt aan updateversies van globale modellen die in het bezit zijn van Deltares en (op den duur) samen het internationaal watermodel gaan vormen (mede geïnspireerd door het nationaal water model in Nederland). In 2019 zullen deze modellen in toenemende mate de basis vormen voor regionale tot lokale toepassingen. Het snel opzetten van modellen of data services wordt mogelijk. De modelapplicaties en scripts ondersteunen inmiddels onder meer het Water, Peace & Security project (in samenwerking met WRI, HESS, IHE en Wetlands International; in opdracht van MinBuZa), het Water, Energy & Food nexus project (in samenwerking met WenR en ECN) en WaterLoupe (Kimberley Clark, NGO's) bij hun analyses en interactie met stakeholders. Deltares wil goed voorbereid zijn op het snel en efficiënt beantwoorden van integrale vragen, zowel in de planningsfase als in de

uitvoeringsfase. In 2019 worden onder meer in het HERMANA en WaterLoupe project integrale instrumenten opgeleverd, die participatief met de klant zijn ontwikkeld en die niet alleen kijken naar de kwetsbaarheden, maar ook naar impact van maatregelen, kosten en maatschappelijke baten.

### Water, Energy, Food Nexus

In dit programma worden de onderlinge relaties tussen aanspraken op schaarse voorraden water, energie en voedsel onderzocht. Dit onderzoek richt zich op de volgende aspecten:

- Het conceptualiseren van de water-energie-voedsel-nexus ter ondersteuning van de besluitvorming door de publieke en private sector: ontwikkelen van kennis van wat echt van belang is voor de voedsel- en energiesectoren en de rol van waterbeheer hierin.
- Vastleggen van deze kennis in een verbeterde set van beslissingsvariabelen op de juiste schaal (bijvoorbeeld aandacht voor voedselzekerheid, energiezekerheid, op landelijke schaal in plaats van op stroomgebiedsniveau)
- Innovatieve oplossingen die concurrentie om water, energie en voedsel helpen verminderen en het implementeren van deze oplossingen met betrokkenheid van publieke en private actoren, inclusief de schaalbaarheid van deze oplossingen.



De voorgaande lijnen zijn de afgelopen jaren ingezet en blijven van kracht. Centraal in de nexus-benadering is een “inclusive-approach”, waarbij projecten worden benaderd vanuit een breder perspectief (voedselzekerheid, energiezekerheid, sociale ongelijkheid). Dit is in aanvulling op gangbare projecten die sterk of volledig water-georiënteerd zijn. Daarnaast werkt het programma op verschillende schalen en zowel nationaal als internationaal

(regionaal stroomgebied, landelijk, mondiaal). Er wordt daarbij gekeken naar trade-offs en synergie die ontstaat tussen water, energie en voedsel resource management, waarbij het (kunnen) kwantificeren van deze synergiën en voor- en nadelen het uiteindelijke doel is. Er is een sterke link met het programma Information Systems for Water Security. In de nexus aanpak wordt namelijk voortgebouwd op het modelinstrumentarium uit dit programma. Het accent van de nexus-projecten in 2017 – 2018 lag op de relatie water en voedsel (vooral op het land) in samenwerking met Wageningen Universiteit. Dit heeft geleid tot diverse projecten en onderzoeken (bijvoorbeeld Crucial en Lumbricus) en concrete producten, zoals modelkoppelingen voor water en voedsel. In 2019 worden de beschikbare middelen wat meer ingezet op de water-energie-nexus, in samenwerking met ECN/TNO. In 2018 is bijvoorbeeld gestart met het verbinden van energiescenario's en waterscenario's. In 2019 zal hierop worden voortgebouwd met modelanalyses op het snijvlak van water en energie. Het project Water, Peace & Security gaat met steun van het ministerie van buitenlandse zaken een nieuwe fase in, waarin verder gewerkt wordt aan een 'global early warning' voor water-gerelateerde human insecurity en aan een rapid assessment tool, gebaseerd op open data, die inzicht biedt in de causale relatie tussen watertekort en maatschappelijke impact en waarmee handelingsperspectieven kunnen worden geanalyseerd.

In 2019 wordt het internationaal profiel van het programma versterkt door een bijdrage aan de voorbereidingen van de wereldtentoonstelling in Dubai (2020-2021), waarbij de Nederlandse inzending gericht is op de water-energy-food nexus.

In 2019 wordt ook een bijdrage voorzien aan missiegedreven onderzoek op het maatschappelijke thema Landbouw, water en voedsel.

### *Sustainable energy transition*

Dit nieuwe programma is nog volop in ontwikkeling. Doel is het ontwikkelen van een interdisciplinair onderzoeksprogramma waarin systeemkennis (van water- en ondergrond) en sociaal – economische kennis in verband wordt gebracht met de ambities (internationaal, nationaal en regionaal) op het gebied van hernieuwbare energie.

Het programma gaat zich daarbij richten op het ontwikkelen van integrale modellen en beslissingsondersteunende instrumenten die de versnelling van de energietransitie ondersteunen.

Een tweede speerpunt betreft onderzoek naar de effecten van grootschalige toepassingen van nieuwe of bestaande technologieën en energiesystemen op water-, en bodem- en ecosystemen.

In 2019 worden de onderzoeklijnen die zijn gestart in 2018 (via de impulsfinanciering) voortgezet. Het betreft hier onderzoek aan warmtenetten in combinatie met thermische energie uit water (Aquathermie of TEO) en/of aardwarmte (TEA) en grootschalige opslag van warmte in de ondergrond (GOWO). Op dit onderwerp wordt samengewerkt met de Unie van Waterschappen en Rijkswaterstaat en met lokale overheden in Living Labs. Daarnaast blijven de effecten van de geplande grootschalige plaatsing van windparken op de Noordzee een belangrijk onderwerp in 2019. In dit project wordt een bijdrage geleverd aan een integraal modelinstrumentarium voor de Noordzee. De samenwerking met het thema Enabling Technologies spitst zich toe op nieuwe meettechnieken voor de afgifte van warmte aan bodem en grondwater rond warmtenetten.

In 2019 wordt een bijdrage voorzien aan missiegedreven onderzoek op het maatschappelijke thema Energietransitie en duurzaamheid.

### Samenwerking

Binnen het thema wordt in 2019 ruimte gemaakt voor de ondersteuning van universitair onderzoek voor ca. 2.5 ton:

- twee leerstoelen (UU en UT),
- (minimaal) 11 PhD's en 1 post doc
- een drietal NWO projecten (Fresh groundwater reserves, SWM-EVAP en SALT1)
- twee NWA proposals

Daarnaast is er ca. 2 ton aan matching en proposalkosten gereserveerd in het kader van Europese onderzoeksconsortia:

- Twee H2020 projecten (IMPRES en Water AfriAlliance).
- Drie proposals in het kader van H2020
- Twee JPI proposals
- Twee EFRO projecten (Achteroevers Wieringenmeer en Zoutwachter)

Er zijn in 2019 bovendien bijdragen voorzien in een vijftal NKWK onderzoeklijnen:

- Slim Watermanagement (RCT tools, optie: verziltingsinstrumentarium).
- Water en voedsel (nader in te vullen)
- Water en energie (warmtetransitie, Wind op Zee)
- Nationaal Watermodel (via NHI grondwater)
- Lumbricus (Wellend Water)

Dit betreft een reservering van ca. 5 ton. Wellicht komt daar nog een bijdrage bij aan de onderzoeklijn Noordzee, afhankelijk van de nieuwe kennisagenda Noordzee 2030.

Er wordt intensief samengewerkt met andere organisaties. In Nederland op het gebied van toegepast onderzoek met collega TO2 instituten (WEnR, WEcR, TNO/ECN), RKI's (KNMI, PBL) en private kennisinstituten (KWR, Clingendael, HCSS). Wat betreft de universitaire instellingen wordt structureel samen gewerkt met de universiteiten van Utrecht (grondwatermodellering, geologie), Wageningen (water & voedsel), Delft (hydrologische modellen), Twente (waterfootprint, collaborative modellering) en Groningen (kwartairgeologie).

In toenemende mate wordt er in brede publiek-private onderzoeksconsortia samengewerkt zoals bij de projecten:

- IMPRES: o.a. KNMI, HKV consultants, Future Water, VU, Rijkswaterstaat
- Lumbricus: o.a. KWR, Future Water, STOWA, Louis Bolk Instituut, WUR
- COASTAR: o.a. KWR, Arcadis, Evides, Dunea, LTO Glaskracht
- HERMANA: Nederlandse Waterschappen, Future Water, Hydrologic, Partners voor Water

Deltares is recent aangesloten bij een groep van Nederlandse droogte experts (WEnR, UU, VU, KWR).

## Thema Delta Infrastructure

### Doel

Het thema 'Delta Infrastructure' heeft als doel een concrete bijdrage te leveren aan het optimaliseren van het (voor)ontwerp, de bouw en het onderhoud van infrastructuur in deltagebieden, zoals havens, vaarwegen, kustuitbreidingen, (natte) kunstwerken als sluizen en stuwen, en bouwactiviteiten op, in of met (slappe) grond, zowel onshore als offshore. Hierbij wordt de focus gelegd op toekomstbestendigheid, veiligheid, duurzaamheid, (kosten)efficiency en energiebesparing.

### Trends en ontwikkelingen

De inhoud van het thema wordt gestuurd vanuit een aantal (maatschappelijke) trends, waar thema-breed op ingezet wordt. Deze trends worden in samenhang met de Sustainable Development Goals (SDG's), die relevant zijn voor dit thema, namelijk Affordable & Clean Energy (7), Industry, Innovation and Infrastructure (9) en Climate Action (13) ingevuld en uitgewerkt.

- Duurzame samenleving: het energie akkoord van 2013 en het klimaatakkoord van 2015 vragen om de ontwikkeling van duurzame energiebronnen en tegelijkertijd het zuiniger omgaan met energie. Ook gaat duurzaamheid over het op een verantwoordelijke wijze benutten van natuurlijk kapitaal in combinatie met infrastructuur.
- Toekomstbestendig en klimaat adaptief ontwerpen: bestaande en toekomstige infrastructuren moeten bestendig gemaakt worden tegen de gevolgen van klimaatverandering, zoals de (versnelde) stijging van de zeespiegel, de doorgaande bodemdaling in veengebieden, de toename aan regenval (intensere buien) en (langdurige) perioden van droogte. Ook natuurlijke of hybride oplossingen kunnen hierin meegenomen worden.
- Duurzaamheid en circulaire economie: de vraag naar infrastructuur met minimale impact op het milieu gedurende de hele levensduur neemt toe. Toenemende schaarste aan grondstoffen leidt tot meer toepassing van hernieuwbare en nieuwe materialen. Ook de toenemende schaarste aan zand (zandhonger) voor bouwactiviteiten begint wereldwijd een steeds groter probleem te worden.
- Asset management: de focus gaat meer naar renovatie, onderhoud en levensduurverlenging van de beschikbare infrastructuur, waardoor de vraag ontstaat naar de meest cruciale locaties die onderhoud behoeven en hoe we daarbij optimaal rekening houden met toekomstscenario's. De vervangingsopgave van natte kunstwerken vormt hierbij een belangrijk onderdeel in de vraagsturing en kennisagenda's vanuit RWS.
- Verstedelijking en bevolkingsgroei: verdichting van stedelijke gebieden in het kader van vervangingsopgaven en de energietransitie leidt tot meer druk op de ondergrondse ruimte en meer interactie tussen bestaande en nieuwe infrastructuren.
- Big data en remote sensing wordt steeds vaker toegepast om enerzijds beter te onderbouwen wat de impact van verstoringen is en anderzijds de kwetsbaarheid van infrastructuur vast te stellen.



De activiteiten in het thema 'Delta Infrastructure' sluiten in hoge mate aan op de Topsector Water, waarbij verreweg het grootste deel invulling geeft aan het innovatiecontract van de TKI Deltatechnologie en in mindere mate ook aansluiting vindt bij de TKI Watertechnologie, de TKI Maritiem en de Topsectoren Energie (TKI Wind op Zee) en Transport en Logistiek. Daarnaast sluit het ook, zij het in beperkte mate, aan op (specifieke onderdelen van) het vraagsturingsthema Duurzame Leefomgeving, met name waar het gaat om infrastructuur in stedelijk gebied.

### Themaindeling

Het thema bestaat uit vier programma's, waarin verschillende typen infrastructuren zijn samengebracht, te weten:

- Future-proof coastal infrastructure and offshore renewable energy: ontwikkelt en implementeert kennis en middelen voor het ontwerp en onderhoud van infrastructuur in kust en offshore gebieden.
- Infrastructure for waterborne transport: ondersteunt en verbetert het vervoer over water door middel van duurzaam en toekomstbestendig gebruik van havens, waterwegen en natte kunstwerken.
- Infrastructure for water and energy: verbetert en optimaliseert de prestatie, veiligheid en duurzaamheid van infrastructuur voor water en energie.
- Robust and reliable urban infrastructure: draagt bij aan het ontwikkelen van een betrouwbare, robuuste en duurzame infrastructuur in stedelijke gebieden.

Vanaf medio 2018 zijn er dankzij de (intensiverings)impuls voor de versterking van de kennisbasis ook een tweetal projecten opgestart, die vanaf 2019 (volgens het zwaartepunt principe) geïntegreerd worden in dit thema, namelijk:

- Resilient infrastructure: ontwikkelt kennis en middelen om infrastructuur meer toekomstbestendig en klimaatrobuust te maken.
- Vervangingsopgave natte kunstwerken: versterkt de kennisbasis voor de vervangingsopgave van natte kunstwerken op een duurzame manier en maakt deze kennis beter beschikbaar voor externe partijen.

Naast deze programma's kent het thema een tweetal themabrede speerpunten, namelijk (1) Software, (2) Meten en monitoren. Via deze speerpunten is het thema Delta Infrastructure verbonden met het thema 'Enabling Technologies'. Het gaat hierbij om de inzet van nieuwe technologie binnen het werkveld van de infrastructuur, bijvoorbeeld op het gebied van software, artificial intelligence, earth observation data en nieuwe meet- en monitoring technieken.

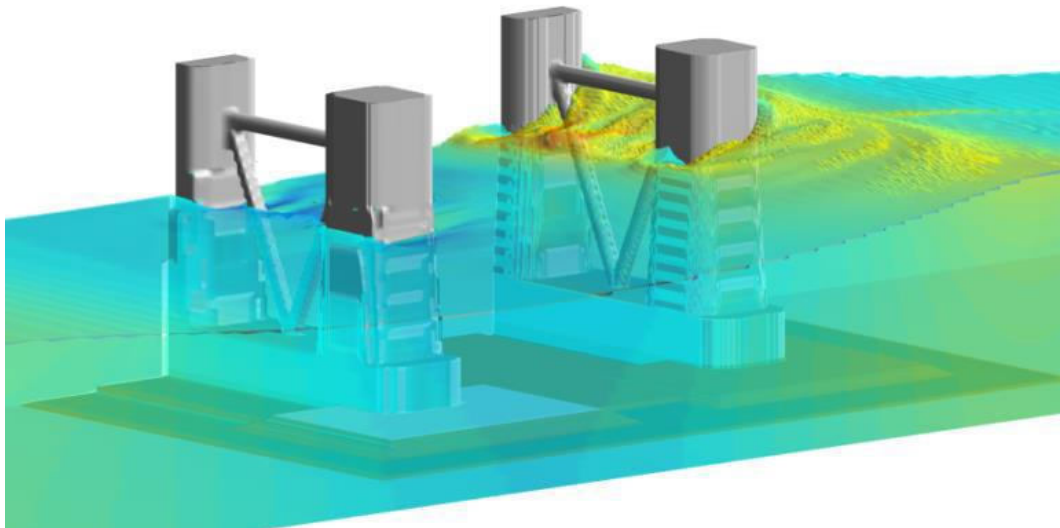
## Programmering 2019

### *Future-proof coastal infrastructure and offshore renewable energy*

In 2018 zijn de programmalijnen vernieuwd naar meer impact-georiënteerde onderzoekslijnen. We zien dat deze onderzoekslijnen alleen maar relevanter zijn geworden

voor de aansluiting op de externe vraagsturing. Daarom wordt er in 2019 vastgehouden aan deze onderzoekslijnen:

- Future proof coastal infrastructure: Voorziet in een behoefte aan waterbouwkundige constructies en zachte ingrepen, zowel langs de kust als offshore, die relatief gemakkelijk aangepast kunnen worden aan veranderende omstandigheden en/of veranderende eisen.
- Offshore Wind: Hoe kan offshore wind worden ingezet voor multifunctioneel gebruik met minimale impact? Onderwerpen die onder andere aan bod komen zijn: hydrodynamische belastingen op en geotechnische respons van constructies, kabelintegriteit, zeebodem-morfodynamica, bedbescherming, microbiologisch beïnvloede corrosie, energieopwekking (golf, getij, zwevende zonne-energie) en energieopslag.
- Energy island(s), energy storage and integration in electricity grid: Voorziet in een behoefte om fluctuaties in duurzame energie winning op te vangen door lokale opslag voorzieningen.
- Community models: Worden als kennisuitwisselingsplatform, onderzoeksinitiator en netwerkstimulator gebruikt om kennis te verspreiden.



In het kader van de toekomstbestendigheid van kustinfrastructuur wordt gewerkt aan rekentools die de lange termijn effecten van zeespiegelstijging op kustontwikkeling in kaart kunnen brengen (niet alleen in Nederland, maar wereldwijd) om zo de stap te kunnen maken naar adaptatiemaatregelen. Dit wordt in samenwerking met het thema Adaptive Delta Planning en Flood Risk gedaan. Daarnaast wordt er ook gekeken naar nature based solutions, waarbij er een stap gemaakt wordt van uitsluitend pilots voor Nature Base Solutions naar kennisregels en –modellen die helpen bij ontwerp en toetsing van deze oplossingen.

Op het gebied van offshore wind wordt met het oog op circulaire economie meer gefocust op het hergebruik van bodembeschermingen rondom offshore wind monopiles, multifunctioneel ruimtegebruik van kustinfrastructuur/eilanden en hergebruik van gebaggerd sediment.

Voor de energietransitie wordt er onderzoek gedaan naar het inbedden van duurzame energie in het elektriciteitsgrid door de toepassing van lokale opslag van energie op bijvoorbeeld energie eilanden en de conversie van energie, bijvoorbeeld power2gas, van elektronen naar moleculen.

Hierbij wordt er aangesloten op onder andere de KIC Waterveiligheid, Natte Infrastructuur en Kunstwerken, Water en Energie en Eco-Engineering & Nature Based Solutions.

De volgende concrete resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- Initiatie van/deelname aan een multi-party project (JIP) met een agenda-zettende rol rondom de haalbaarheid van een energie-eiland. Hierbij dient kennis op het gebied van offshore wind, energieopslag, geologie, kustwaterbouw/morfologie, ecologie, legal en governance samen gebracht te worden.
- In 2018 is een database gemaakt van de historische kustlijntrends van zandige kusten wereldwijd (resultierend in een publicatie in Nature en <http://shorelinemonitor.deltares.nl>). In 2019 wordt hiermee verder gegaan met verkenningen voor erosie monitoring vanuit satellietbeelden, doorvertaling van hazards naar impacts en toekomstige voorspellingen onder veranderende omstandigheden (zoals klimaatverandering).
- In 2018 is een inventarisatie gemaakt van beschikbare numerieke modellen/rekentools voor lange termijn kustlijnvoorspellingen. Dit heeft onder andere geresulteerd in een samenwerking met IHE Delft. In 2019 wordt samen met IHE Delft en MSc studenten een aantal van deze reketools verder ontwikkeld om ze geschikt te maken voor climate impact en adaptation assessments. Dit moet resulteren in MSc rapporten, papers en (markt)projecten. Daarnaast zal samenwerking worden gezocht met het thema Adaptive Delta Planning (impuls extreme zeespiegelstijging).

### *Infrastructure for Waterborne Transport*

In 2019 wordt meer ingezet op resilience van de natte transportketen, inclusief de effecten van langere perioden van hoge afvoeren of juist van droogte. Om de verbinding met havens via rivieren naar het achterland aantrekkelijk te houden zal nagegaan moeten worden hoe, bijvoorbeeld via fysieke aanpassingen aan het riviersysteem (stuwen) of door inzet van ICT (data en modellen), de natte transportketen goed bestand gemaakt kan worden tegen de verwachte impacts van klimaatverandering. Dit zal een link hebben met het nieuwe thema-brede programma 'Resilience' en met de nieuwe thema-overstijgende opgave op het gebied van 'Resilient Rivers', over integraal rivierbeheer.

De volgende onderzoekslijnen worden voorzien:

- Interactions between ship and infrastructure: Hoe beïnvloeden omgevingscondities de transportfunctie en hoe beïnvloedt het gebruik de (te stellen eisen aan) infrastructuur?

- Sustainability of ports and waterways: Hoe kunnen we natte infrastructuur voor transport over water realiseren met een zo klein mogelijke negatieve impact op de omgeving, onder andere door duurzaamheid integraal mee te nemen in de ontwikkeling van natte infrastructuur?
- Resilience of ports and waterways: Hoe kunnen we het gebruik van natte infrastructuur optimaliseren en de optimale beschikbaarheid garanderen, nu en in de toekomst?
- Knowledge networks: Voor het delen en vergroten van kennis, en voor het opstarten van brede samenwerkingsprojecten is het van belang om, juist ook in dit internationale werkveld, samen te werken met (inter)nationale kennisnetwerken en samenwerkingsverbanden (PIANC, SmartPort, Smart Shipping).

In de Kennis- en Innovatieagenda van de Topsector Water – TKI Deltatechnologie (2018—2021) is natte infrastructuur een focusonderwerp met het doel om op systeemniveau de functionaliteit van een klimaatbestendig netwerk te realiseren. Daarnaast is corridormanagement (gekoppeld aan IenW thema Intelligent, Schoon en Toegankelijk Vervoerssysteem voor iedereen) één van de speerpunten uit de kennis- en innovatieagenda van RWS (versie november 2017).

Door, onder andere in het kader van SmartPort en Smart Shipping, in te zetten op resilience als speerpunt sluit het programma goed aan op de thema-brede (Deltares-brede) aandacht voor dat onderwerp. Binnen diezelfde onderzoeksinitiatieven zal worden verkend hoe (grootschalige) inzet van autonoom varen in de toekomst een effect kan hebben op ontwerp, beheer en onderhoud van natte vaarinfrastructuur.

Ook wordt in het programma ingezet op de lange-termijn kennisbasis. De komende tijd wordt verder gewerkt aan het NWO-project 'Sustainable ports in an African context'. Daarin zijn 2 van de 5 postdocs collega's vanuit Deltares die een part-time aanstelling voor het project hebben aan de TUD. Daarnaast heeft Deltares een actieve rol in de begeleiding van onderzoek naar de invloed van klimaatverandering op het natte transportsysteem in Nederland. Ook is Deltares vanuit dit programma betrokken in meerdere meerjarige projecten onder Horizon 2020.

De volgende resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- Het onderzoek naar het innovatief afmeren van schepen in complexe golfcondities in ondiep water, wat samen met Shoretension, Royal HaskoningDHV en MARIN wordt uitgevoerd, wordt in 2019 afgerond. Mogelijk dat met innovatief afmeren in de toekomst havens meer open aangelegd zouden kunnen worden, met minder impact op de kust als gevolg (duurzaamheid).
- Het NWO-project COVADEM+ (12 partners, waar onder MARIN, BTB en schippers) zal in 2019 worden afgerond. Er zal onder andere een app worden opgeleverd waarmee schippers hun lading en reis kunnen optimaliseren voor wat betreft planning en brandstofverbruik.
- Er wordt verder gewerkt aan het project Corealis onder Horizon 2020 (circa 25 Europese partners, waar onder universiteiten en meerdere havenbeheerders). Deltares draagt onder andere bij met het verder ontwikkelen en inzetten van de

Serious Game 'Port of the Future', die bedoeld is om discussie te faciliteren tussen verschillende stakeholders.

- Voor het onderwerp resilience wordt in opdracht van Rijkswaterstaat een instrument ontwikkeld om waterdieptes en doorvaarthoogtes in beeld te brengen onder verschillende toekomstscenario's. Op die manier wordt door Deltares voor RWS in kaart gebracht hoe het vaarwegennet nu en in de toekomst inzetbaar zal zijn en welke eventuele ingrepen er nodig zullen zijn om de transportcapaciteit van de vaarwegen te behouden en uit te breiden.

### *Infrastructure for Water and Energy*

De grote verandering ten opzichte van 2018 is dat een aantal langlopende projecten (IJKnet/STOOP, DMEC, NWO tidal energy) wordt afgerond. Hierdoor ontstaat er meer ruimte voor nieuwe initiatieven. Een groot deel van de vragen zal zich bevinden op het gebied van duurzame energie. Hierbij raakt het programma sterk aan het nieuwe programma Sustainable energy transition. De programma's kunnen elkaar hierin versterken.

De volgende onderzoekslijnen worden voorzien:

- Duurzame samenleving: De ontwikkeling van duurzame energiebronnen levert veel vragen op die direct in dit programma passen. Bijvoorbeeld: zowel het ontwerp als het gebruik van infrastructuur wordt veel complexer gegeven het feit dat het aanbod aan energie minder continu wordt.
- Asset management: Hoe stellen we de locaties vast waar onderhoud het hardst nodig is? Hoe voeren we onderhoud zo efficiënt mogelijk uit?

In het kader van een duurzame samenleving wordt er gewerkt aan duurzame energiebronnen zoals WKO systeem en de opwekking van golf en getijde energie. Het programma draagt hierbij vooral bij aan 'resource efficiency' binnen de TKI Watertechnologie en 'duurzaam functioneren watersystemen binnen de TKI Deltatechnologie en de NKWK onderzoekslijnen 'water en energie' en 'slim watermanagement'. Daarnaast wordt in het kader van duurzaamheid onderzoek gedaan naar manieren om bestaande drinkwater- en rioleringsnetwerken bestendig te maken voor toenemende regenval en stijgende temperaturen.

Op het gebied van Asset management wordt er ingezet op het ontwikkelen van online-monitoring en kwantificatiemethodieken om vroegtijdig het disfunctioneren van de verouderende ondergrondse infrastructuur op te sporen. Dit programma beoogt om meer samen te werken met TNO waar het gaat om risicogestuurd asset management. Voor 2018-2020 staat een belangrijk initiatief ten aanzien van asset management van persleidingen op het programma, dat kan worden gezien als een vervolg op het STOOP/IJKnet project.

Naast deze onderzoekslijnen wordt er ook gewerkt aan de validatie van geotechnische en hydraulische (CFD) software. Hier raakt het programma aan het speerpunt meettechnieken.

De volgende concrete resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- Afronding van het MobaMobes project. Dit levert beter gekoppelde informatie en regelsystemen voor de ondergrondse opslag aan regelsystemen van de daaraan gekoppelde gebouwen. Beheerders kunnen vroegtijdig geïnformeerd worden over verminderd functioneren en anderzijds uitgedaagd worden om een BES (Bodem energie systeem) optimaal te laten functioneren. Bovendien vormt deze geavanceerde monitoring een degelijke basis voor verbeterde regelingen in geïntegreerde intelligente energiesystemen.
- Afronding van het Slim Malen project. Dit levert richtlijnen op voor het operationeel beheer van pompstations en netwerken, waardoor op een veilige maar ook energiezuinige manier (afval)water verpompt kan worden. Dit draagt direct bij aan de doelstellingen van diverse klimaatakkoorden.
- De eerste resultaten van het Leaky Pipes project worden verwacht. Hierbij wordt Geoelektrische monitoring ontwikkeld waarmee leiding lekkage in een vroeg stadium gedetecteerd kan worden.

### *Robust and reliable urban infrastructure*

In 2018 zijn de programmalijnen geherdefinieerd om beter aan te sluiten bij de thema brede trends. Deze onderzoekslijnen worden in 2019 gecontinueerd.

- Robust infrastructure: Verbeteren van robuustheid van infrastructuur tegen extreem weer, aardbevingen, bodemdalingen, aardverschuivingen, en combinaties daarvan. Kwantificeren van de impact van bedreigingen en haalbaarheid van mitigerende maatregelen.
- Sustainable engineering: Veilige en betrouwbare infrastructuur ontwerpen en aanleggen, met minimale impact op omgeving, milieu en natuurlijke hulpbronnen.
- Software & Testing facilities: Langs deze meer generieke lijn worden software en testfaciliteiten ontwikkeld en toegepast, voor zover deze voedend zijn of kunnen worden aan de twee hoofdprogrammalijnen.

Bij de onderzoekslijn Robuuste Infrastructuur wordt er onderzoek gedaan naar multi-hazard assessments, bodemdaling en liquefactierisico's (zowel relevant bij aardbevingen als offshore windenergie) rondom infrastructuur. Hierbij wordt samengewerkt met de thema's Adaptive Delta Planning en Flood Risk, en is er ook een raakvlak met het Impulsprogramma Resilient infrastructure. Daarnaast wordt er verder gewerkt aan het STW project Rapid Degradation of Railway Tracks en de projecten Hermes2 en CYPHER in het kader van de H2020.

Op het gebied van Sustainable Engineering wordt gewerkt aan het STW project Energy Piles in het kader van de KIC Duurzame Funderingstechnieken. Ook wordt er verder gewerkt aan het PLAID-ijzeroer project, voor de toepassing zowel in waterbouw als grond- en wegebouw.

In samenwerking met het nieuwe thema Enabling Technologies wordt er onderzoek gedaan naar analyse en waarschuwing van aardverschuivingen met machine-learning en probabilistisch (geo)modelleren. Momenteel wordt een Deltares-brede contactgroep rond dit onderwerp gestart.



De volgende concrete resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- Het project MWELL A27 over toepassing van neurofysisch modelleren, dat in 2018 gestart is wordt in 2019 vervolgd met meer en concretere inzet voor probabilistisch modelleren bij het ontwerp en de aanleg van 'droge' infra. De speerpunten hierbij zijn efficiënt bijsturen van het ontwerp tijdens de uitvoering, minder over-dimensionering en beter inzicht in de uitvoeringsrisico's.
- Fragility curves voor schade aan constructies door aardverschuivingen. Dit geeft beter inzicht in het gedrag van gelaagde grond in relatie tot verweking.
- Rekenmodel voor relatie schade en bodemdaling, inclusief kosten (fragility curves). Hierbij geschiedt de bepaling van schade op basis van satellietmetingen. Dit model helpt bij een lange termijn inschatting voor het gedrag van huizen met zakkende funderingen en het opzetten van een business case voor maatregelen.

### *Resilient infrastructure*

Dit programma is onderdeel van het kennis impulsprogramma, dat dankzij de (financierings)impuls voor de versterking van de kennisbasis vanaf medio 2018 is toegevoegd aan het thema. Binnen dit (impuls)programma wordt er onderzoek gedaan naar de toekomstbestendigheid van onze infrastructuur tegen extreme weersomstandigheden. Hierbij wordt verbinding gezocht met andere programma's. De programma's Climate Adaptation en Resilient Cities zijn relevant, evenals de andere programma's uit het thema Delta Infrastructure.

De onderzoeklijnen waar dit jaar aandacht aan geschonken wordt zijn:

- Risico's door klimaatverandering: cruciaal voor het vaststellen van de impact van extreem weer gebeurtenissen op de infrastructuur zijn schadefuncties.
- Resilience vergroten: maatregelen in kaart brengen om de toekomstbestendigheid van infrastructuur te vergroten.

In het kader van de risico's door klimaatverandering worden economische analyses en kwetsbaarheidsanalyses uitgevoerd. Door gebruik te maken van remote sensing data, barometrische metingen en/of informatie uit activiteiten-apps als Garmin of Strava is de verwachting dat hier een grote stap kan worden gemaakt. Naast deze analyses worden tools zoals RI2DE (Risk Indicators for Infrastructure in Data scarce Environments) en RA2CE (Risk Assessment and Adaptation for Critical Infrastructure) ontwikkeld waar de kennis in wordt verwerkt.

Om de toekomstbestendigheid te vergroten wordt er onderzoek gedaan naar adaptief bouwen. Hiermee wordt het mogelijk om een constructie zo te ontwerpen dat in de toekomst flexibel overstappen naar een ander ontwerp of onderhoudsregime eenvoudig mogelijk blijft als meer inzicht wordt verkregen in klimaatverandering. Daarnaast worden principes van Decision Making under Deep Uncertainty (DMDU) in combinatie met kosten baten afwegingen (CBA) gehanteerd om het handelingsperspectief te bepalen.

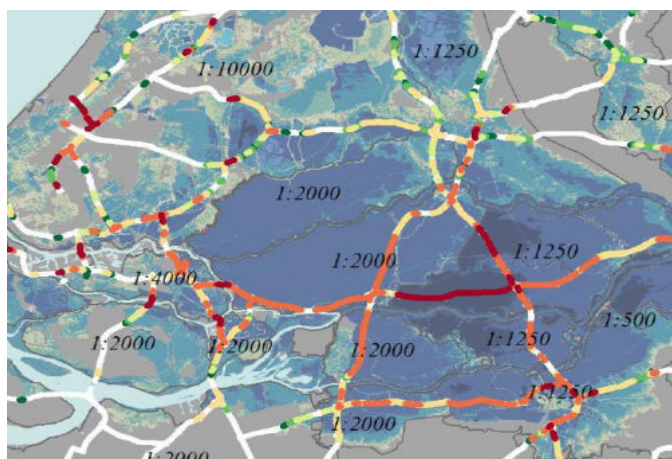
De volgende resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- RA2CE is een volwaardige tool die gebruikt kan worden voor/door beheerders van infrastructuurnetwerken. Op die manier kunnen deze beheerders de stap maken van stresstest resultaten naar een onderbouwde vaststelling van level of acceptable risk en handelingsperspectief.
- Het is mogelijk om op een hoge resolutie hoogte-informatie te verkrijgen van infrastructuur in gebieden waar geen gedetailleerde hoogte-informatie beschikbaar is.
- Een white paper waarin principes en methode van adaptief bouwen worden gepresenteerd.

Resultaten van het programma Resilient Infrastructure zijn direct bruikbaar om te worden geïmplementeerd in het Rijkswaterstaat programma 'klimaatbestendige netwerken' waarin de koers van Rijkswaterstaat wordt vast gesteld om in 2050 drie klimaatrobuuste netwerken (hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en watersysteem) te hebben.

### Vervangingsopgave Natte Kunstwerken

In 2018 zijn we in het kader van de intensiveringsimpuls gestart met het programma Vervangingsopgave. In 2019 zetten we dit voort en combineren het impulsprogramma Vervangingsopgave met het Kennisprogramma Natte Kunstwerken in het nieuwe programma "Vervangingsopgave Natte kunstwerken". Dit nieuwe programma zal nauw samenwerken met het Impulsprogramma Resilient infrastructure en diverse andere in- en externe ontwikkelingen.



Vanwege de diverse functies van natte kunstwerken hangt het programma samen met andere thema's. Onder andere op het gebied van Hoogwaterbescherming (Floodrisk), waterverdeling (Water and subsoil resources), vismigratie en beperking van zoutindringing (Ecosystems and environmental quality), en lange termijn ontwikkelingen (Adaptive Delta Planning). Daarnaast zal er ook worden samengewerkt met het nieuwe thema Enabling Technologies voor moderne technieken die rond kunstwerken worden toegepast.

De volgende onderzoekslijnen worden voorzien:

- Kritische netwerkobjecten en interventietiming: er wordt onderzoek gedaan om de veroudering en restlevensduur van natte kunstwerken in kaart te brengen.
- Integrale systeembenadering: er wordt gewerkt aan een integrale systeembenadering waarbij het verband tussen hoogwaterbescherming, waterverdeling, vismigratie, zoutindringing, lange termijn ontwikkelingen en restlevensduur overzichtelijk wordt gemaakt.

Het doel van deze onderzoekslijnen is om tot een integrale handzame tool te komen die externe partijen kunnen gebruiken voor de opkomende vervangingsopgave van natte kunstwerken. Hierbij wordt er invulling gegeven aan de NKWK onderzoekslijn 'toekomstbestendige natte kunstwerken' en de bestuursagenda van RWS. In een gezamenlijk kennisprogramma wordt samengewerkt met Rijkswaterstaat, TNO, MARIN en diverse publieke en private partijen.

Om dit te bereiken wordt er in 2019 gewerkt aan een samenwerking met universiteiten (TUD, Universiteit Gent, Universiteit Aachen en Dresden), vooral op het gebied van nivelleren, krachten op schepen, standaardiseren van sluisontwerpen, en toepassing van CFD naast fysieke schaalmodellen. Het streven is om te komen tot een gezamenlijk (fundamenteel) onderzoeksprogramma met cofinanciering van NWO/TTW.

De volgende resultaten en producten worden in 2019 verwacht:

- Het onderzoek naar de Restlevensduur van stormvloedkeringen en stuwen dat in 2018 gestart is, wordt in 2019 vervolgd. Hierbij worden naast overloop ook de effecten van overslag (golven) in beschouwing genomen.
- In 2018 is een formulering opgesteld voor de kwantificering van de zoutbelasting vanuit zeesluizen. Deze activiteit wordt vervolgd in 2019 met als doel een module/onderdeel voor SOBEK en Delft3D te ontwikkelen voor de berekening van deze zoutbelasting.
- In aanvulling op onderzoek naar de prioritering van de vervanging van de individuele bestaande kunstwerken, wordt in 2019 een pilot naar de vervanging van de kunstwerken vanuit een meer integrale systeembenadering opgestart.
- Er wordt een opzet gemaakt van een tool voor integrale beschouwing van alle functies bij een nat kunstwerk (zoutindringing, vismigratie, scheepvaart, et cetera).

### Samenwerking

Binnen dit thema wordt relatief veel samengewerkt met de private sector in binnen- en buitenland. In toenemende mate gebeurt dit in de vorm van Joint Industry Projects (JIP's) waarbij een consortium wordt gevormd van verschillende stakeholders en gezamenlijk aan een probleem of ontwikkeling wordt gewerkt, al dan niet gedeeltelijk gefinancierd door TKI/PPS toeslag. Deze toeslag stimuleert de samenwerking tussen onderzoeksorganisaties en het bedrijfsleven.

Nationaal wordt binnen dit thema intensief samengewerkt met onze collega-instituten TNO en MARIN. In Europees verband vindt samenwerking plaats via diverse EU consortia en netwerken, zoals HydraLab+ en ELGIP.

Kennisontsluiting vindt plaats via journals, congressen, software, guidelines en websites van Deltares en kennispartners. Belangrijk hierbij is ook de (breed samengestelde) klankbordgroep, die rondom dit thema is samengesteld en enkele keren per jaar bij elkaar komt om een bepaalde ontwikkeling te bespreken. Onderzoeksonderwerpen worden voor een deel in detail ingevuld via deelnemers aan gezamenlijke projecten.

Vanuit de programma's zijn er intensieve relaties met relevante vakgroepen aan universiteiten (TU Delft, Universiteit Utrecht, TU Twente, WUR). Zo worden (deeltijd) detacheringen ondersteund, worden er (gast)colleges gegeven bij verschillende universiteiten en worden promovendi inhoudelijk en financieel ondersteund. Daarnaast vindt er samenwerking met onder andere TNO, TUE en TUD plaats bij de diverse NWO/TTW-projecten op onder andere het gebied van asset management en onzekerheidsvermindering in offshore wind.

Om de relatie met de TUD verder uit te bouwen zijn nieuwe afspraken gemaakt met de vakgroep 'Havens & Vaarwegen' van de TUD, in het kader van uitwisseling en detachering. Deltares zal bijdragen aan de vakgroep (colleges geven, MSc/PhD studenten begeleiden) en aan het gezamenlijk initiëren van onderzoeksprojecten. Daarnaast is er vanuit Deltares een UHD-deeltijdpositie gecreëerd bij de faculteit 3mE van TU-Delft om het wetenschappelijk onderzoek te versterken op het gebied van open duurzame warmtenetten. Deze positie wordt mede gefinancierd vanuit NUON, Eneco en ENGIE. Deze positie is tevens gekoppeld aan het TU-brede Thermo-X platform waarin het onderzoek gebundeld is voor toekomstige duurzame thermische energiesystemen voor de gebouwde omgeving, glastuinbouw en industrie.

## Thema Adaptive Delta Planning

### *Doel*

Het thema Adaptive Delta Planning richt zich op het integreren en toepassen van kennis over water, ondergrond en infrastructuur om duurzame ontwikkeling en inrichting van deltagebieden te ondersteunen. Het zwaartepunt ligt hierbij op 'ruimtelijke adaptatie' en daarbij de implementatie van (klimaatadaptatieve) maatregelen in verstedelijkende delta's.

### *Trends en ontwikkelingen*

Wereldwijd is groeiende aandacht voor het ontwikkelen van beleid en beheer dat gestoeld is op het concept 'ruimtelijke adaptatie'. Een adaptieve aanpak voorziet in een inrichting van onze omgeving die rekening houdt met de toekomst en daarbij helpt bij het leren omgaan met onzekerheden (ook 'deep uncertainty') en verandering. Klimaatbestendig en waterrobuust inrichten maakt (stedelijke) deltagebieden beter bestand tegen hevige regenbuien, periodes van droogte en hitte en de gevolgen van een mogelijke overstroming. Instanties als de Wereldbank en OECD volgen en propageren ook deze aanpak. In Nederland moet volgens de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie het klimaatbestendig en waterrobuust inrichten van gebieden in 2020 onderdeel zijn van zowel beleid als praktijk. In het stedelijke domein wordt vanuit deze context de stap gezet naar 'resilience' (veerkracht). Invloedrijke programma's als

100 Resilient Cities (Rockefeller Foundation) richten zich nadrukkelijk op het ondersteunen van steden in het vergroten van hun veerkracht.



Diverse recente wetenschappelijke publicaties onderzoeken de mogelijkheid van een versnelde zeespiegelstijging. In studies voor het Deltaprogramma is aangetoond dat naast de omvang, ook het tempo van de stijging van belang is voor het inschatten van de effecten en het nemen van toepasselijke adaptatiemaatregelen. Rondom bodemdaling wordt nu een duidelijke koppeling gelegd tussen bodemdaling in de veengebieden en CO<sub>2</sub> uitstoot, dit naar aanleiding van de discussie aan de klimaatafels. Met het zwaartepunt op de implementatie van (klimaatadaptatie) maatregelen in verstedelijkende delta's, wordt ook aansluiting gezocht bij de Sustainable Development Goals (UNDP), vooral de doelen 11 (Sustainable cities and communities) en 13 (Climate action). De onderscheiden trends zijn ook terug te vinden in de, voor dit thema relevante, vraagarticulatie vanuit de Topsector Water en het ministerie van IenW:

- Klimaatadaptatie zet de stap van studie, naar ontwerp en implementatie van maatregelen, met veel aandacht voor businessmodellen en financieringsconstructies.
- Snel verstedelijkende delta's (sustainable cities, klimaatbestendige steden, et cetera) en de aandacht voor ruimtelijke planning en integrale oplossingen.
- Groeiende aandacht voor het onderwerp Water-Energy-Food nexus in relatie tot circulaire economie en hernieuwbare grondstoffen.
- Aandacht voor Governance en het creëren van de juiste condities om op regionaal en lokaal niveau tot implementatie te komen.



- Gevolgen van versnelde zeelspiegelstijging en mogelijkheden voor adaptatie.
- Meer aandacht voor bodemdaling, onder andere aan de klimaattafels en met de komst van het Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling, waar nu een duidelijke koppeling wordt gelegd tussen bodemdaling in de veengebieden en CO<sub>2</sub> uitstoot.

Het thema Adaptive Delta Planning werkt aan vraagstukken die geagendeerd zijn in de Kennis- en Innovatieagenda's van TKI Deltatechnologie en TKI Watertechnologie.

Dit thema richt zich op het integreren en toepassen van kennis over water, ondergrond en infrastructuur en heeft als vanzelf een sterke verbinding met de andere thema's. Vanwege het integrerende karakter van dit thema, worden er een bijdrage geleverd aan diverse kennis- en innovatieclusters (KIC's) van TKI Deltatechnologie: Waterveiligheid, Duurzame Deltasteden, Watermanagement, Water en Energie en Eco-engineering en Nature based solutions. Hierin wordt o.a. gewerkt aan vragen rond klimaatbestendigheid van steden, assetmanagement, bodemdaling, slim waterbeheer en 'nature-based solutions' voor de stedelijke omgeving.

Ook worden bijdragen geleverd aan de Innovatiethema's van TKI Watertechnologie: Resource Efficiency en Sustainable Cities. Hierin wordt onder andere gewerkt aan vragen rond de rol van water en bodem in stedelijke energievoorziening en de circulaire waterketen in de stad.

De vraagsturing onder het thema Leefomgeving wordt vooral opgepakt in het programma 'Resilient Cities'. Hierin wordt onder andere gewerkt aan vragen rond stedelijke energie- en (grond)watervoorziening en (ondergrondse) ruimtelijke inrichting en beheer.

Er zal ook dit jaar een bijdrage worden geleverd aan diverse onderzoekslijnen in NKWK. Deltares heeft een trekkende rol gespeeld in het opzetten van het meerjarige onderzoeksprogramma NKWK Klimaatbestendige Stad, dat is gestart in 2017. Het accent ligt op vraagstukken op het gebied van duurzame en klimaatbestendige inrichting. Er wordt vooral aandacht besteed aan specifieke vragen rond het inventariseren en selecteren van effectieve klimaatbestendige maatregelen, inclusief een beoordeling van kosten en baten. Ook zal vanuit het thema Adaptive Delta Planning worden bijgedragen aan de prioritaire NKWK onderzoekslijnen Slim watermanagement en Markerwadden.

Vanuit de thema's van Deltares voortdurend gewerkt aan het vergroten van de maatschappelijke impact van onze kennisontwikkeling. Vanuit het thema Adaptive Delta Planning zullen we in 2019 een impuls geven aan het begrijpen van de maatschappelijke impact van kennis en innovatie. Naast begrip zullen we ons richten op het ontwikkelen van methoden en tools om de impact gericht te vergroten. Dit werk is sterk gerelateerd aan de uitwerking van de Sustainable Development Goals (SDG's) en het ontwikkelen van de Impact Node voor de Europese Onderzoeksinfrastructuur Danubius-RI.

### *Thema indeling*

In het thema Adaptive Delta Planning komen vanaf 2019 een aantal lijnen samen, namelijk drie bestaande programma's en twee nieuwe kennisimpuls programma's. Deze 5 'lijnen' worden hieronder inhoudelijk uiteengezet. In de aanloop naar 1 januari 2019 zal de themastructuur verder worden vormgegeven. Op dit moment zijn de programma's"

- Climate adaptation
- Delta governance



- Resilient cities
- Bodemdaling en adaptatie
- Grenzen en kansen voor adaptatie.

## Programmering 2019

### Climate Adaptation

Het ontwikkelen en toepassen van handelingsperspectieven voor adaptatie aan onzekere toekomstige gevolgen van klimaatverandering. Deze lijn richt zich op:

- Bankable projects  
Deze onderzoekslijn onderzoekt hoe de huidige praktijk van project financiering van het Green Climate Fund en andere IFI's verbeterd kan worden op een aantal punten:
  - Hoe kan de toegevoegde waarde voor klimaat robuustheid, adaptiviteit en veerkracht worden gekwantificeerd en helder worden gepresenteerd binnen de huidige context.
  - Hoe kan worden aangetoond dat investeringen daadwerkelijk bijdragen aan meer veerkrachtige sectoren op de lange termijn? Wordt met de huidige mechanismen koppelverkoop voorkomen?
  - Welke institutionele setting biedt de beste waarborgen? Hoe kunnen nationale adaptatie programma's (NAP's) een sterkere rol krijgen in het sturen van investeringen?
- Tools for Climate Change Risk and Adaptation assessment (CCRA)  
Deze onderzoekslijn gaat verder door op de toolontwikkeling van de afgelopen jaren. Het blijkt in de praktijk complex om de ontwikkelde tools toe te passen in projecten vanwege niet matchende capaciteiten bij de opdrachtgever, budgetten en beschikbare informatie. Verdergaande versimpeling maar ook aansluiting bij globaal beschikbare modellen en data is daarbij essentieel. We willen daarom het idee van een stress test (zoals in DP RA, WB DTF, CRIDA) verder ontwikkelen ten behoeve van CCRA toepassingen en als basis voor adaptatie plannen. Aansluiting bij de Deltares brede software ontwikkeling is daarbij gewenst. Daarnaast wordt ook de kunde op gebied van (collaborative) meta-modellering en exploratory modellering versterkt.
- Pilots  
In samenwerking met andere programma's willen we de bovenstaande tools toepassen in pilots die ook de Deltares markt focus kunnen versterken. Denk daarbij aan:
  - Toepassing in hydropower – o.a. in Afrika en Azië en de ontwikkeling van de Wereld Bank hydropower guidelines
  - Toepassing water energy voedsel – onder andere met FAO
  - Toepassing stedelijke context – ruimtelijke adaptatie paden, stress test voor extreme neerslag en springtij in stedelijk gebied, o.a. Guayaquil
  - Toepassing op infrastructuur en transport.



### Delta Governance

Het programma gaat over het ontwikkelen en toepassen van (natuur- en sociaalwetenschappelijke) kennis voor ontwerp en implementatie van maatregelen voor duurzame ontwikkeling van deltagebieden. Deze lijn richt zich op:

- Implementatie  
Het ontwikkelen van implementatietools en methoden in samenhang met technische en systeemkennis. Hoe kan de stap van plan/strategie naar realisatie worden gemaakt? Voorbeelden van projecten waarin we onze methoden verder ontwikkelen zijn het Marker Wadden Governance spoor in NKWK en het LIFE-IP project ten behoeve van het versnellen van de implementatie van de Nationale Klimaatadaptatie Strategie.
- Kennis in besluitvorming  
Het ontwikkelen van methoden die de doorwerking en absorptie van kennis vergroten om vervolgens te leiden tot een grotere maatschappelijke impact. Hoe kan kennisdoorwerking en -impact worden geoptimaliseerd? Voorbeeldprojecten zijn de Impact Node van Danubius-RI en het EU project EVOKED dat zich richt op het verbeteren van de effectiviteit van klimaatdiensten (climate services).
- Evaluatie en diagnose  
Hoe krijgen we inzicht in het governance systeem voor een specifieke schaal om inzet en gebruik van technische en systeemkennis te optimaliseren. Voorbeeldproject is de ontwikkeling van een methodiek om te komen tot powerful pilots gericht op optimalisatie van effecten van pilots. Daarnaast wordt gewerkt aan een methodiek – op basis van promotie onderzoek – die inzicht geeft in de overdraagbaarheid (transferability) van de Dutch Delta Approach naar andere landen.

### Resilient Cities

Dit programma gaat over het ontwikkelen en toepassen van kennis en instrumenten voor duurzame stedelijke ontwikkeling. Een primair doel van het programma is het leveren van inzicht in het totaalsysteem van de stad, de samenhang tussen verschillende deelsystemen (onder andere (grond)water, riolering, bodem, groen, infrastructuur, ICT en ruimtelijke inrichting) en de relaties tussen verschillende ecologische, technische en sociale subsystemen. Dit inzicht vormt de basis voor ontwikkeling van en keuze voor verstandige ingrepen in het fysieke stedelijk systeem om de resilience te vergroten. Ook in 2019 zal er nadruk liggen op ontwikkelingen in lijn met NKWK Klimaatbestendige Stad en zal er verder worden gewerkt aan het bepalen van de effectiviteit en ondersteunen van de selectie van klimaatadaptatie maatregelen in de praktijk. Deze lijn richt zich op:

- Toolkit for integrating water and subsurface in resilient urban development  
Development and use of a quantitative modelling toolbox for integral assessment of urban water and subsurface related challenges and opportunities, their connection to other themes (e.g. energy, health, urbanization), and communicate about findings with other disciplines using visualization and clear metrics (data).
- Water and subsurface sensitive urban development  
Questions are increasingly about the opposite: urban development sensitive water and subsurface management. We will do both. Construct an extensive portfolio of innovative technical concepts that enhances urban sustainability, resilience and health.



Er is een sterke relatie tussen dit programma en de werkpakketten in het uitvoeringsplan NKWK Klimaatbestendige Stad: de werkpakketten zijn vanuit dit programma gedefinieerd en voor een deel uit dit programma gefinancierd. Het programma Resilient Cities richt zich in het bijzonder op kennisvragen met een kwantitatieve component:

- Een efficiëntere stedelijke (grond)waterbalans
- Gezonde stedelijke waterkwaliteit
- Verhogen van water-resource efficiency van groeiende steden

- Opzet van database van effectieve, rendabele, multifunctionele groen-blauwe concepten
- Iteratieve koppeling tussen ontwerpsoftware en hydrologisch model
- Integrale monitoring van effectiviteit maatregelen en voortschrijden klimaatverandering
- Tegengaan van cascade effecten na falen van vitale objecten/infrastructuur.

### *Bodemdaling en adaptatie*

Dit programma gaat over het ontwikkelen en toepassen van kennis, instrumenten en handelingsperspectieven voor adaptatie (en mitigatie) van bodemdaling. Dit jaar wordt binnen het programma bodemdaling en adaptatie gewerkt binnen aan een raamwerk van 6 M's:

**M**eten/**m**onitoring van bodemdaling, **B**odemdaling**m**echanismes begrijpen, **B**odemdalings**m**odellen, **S**chadeschattingen en **MKBA's** en **H**andelingsperspectief, **G**overnance en **m**aatregelen. Dit is een uitbreiding op voorgaande jaren toen de onderzoekslijnen smaller gedefinieerd waren:

- **Meten/monitoring van bodemdaling**  
Hoofdproject binnen deze lijn is het inrichten en operationeel maken van de meetsite Rouveen, die een van de 4 landelijke veenbodemdaling meetsites wordt. In 2019 verwachten we ook de eerste resultaten te kunnen opleveren van de monitoring van bodemdaling in dit gebied.
- **Bodemdalingmechanismes begrijpen**  
Onder andere wordt er binnen deze onderzoekslijn gewerkt aan het implementeren van een netwerk van extensimeters, bijvoorbeeld binnen de regiodeal Groene Hart. In 2019 willen we ook radarsatellietmetingen gaan gebruiken om ruimtelijke patronen te herkennen in de bodemdaling in steden, mogelijk Rotterdam en New Orleans. Op basis hiervan begrijpen we de onderliggende processen van bodemdaling beter.
- **Bodemdalingsmodellen**  
In 2018 hebben we twee nieuwe versies van bodemdalingsmodellen gepubliceerd. In 2019 willen we deze modellen verder verbeteren door twee nieuwe cases uit te gaan werken. Uiteindelijk willen we in 2019 onder andere een nieuwe bodemdalingskaart van Nederland opleveren.
- **Schadeschattingen en MKBA's**  
In 2019 gaan we de MKBA van Gouda verder verbeteren, door specifiekere schadeschattingen te maken voor Gouda bij verschillende bodemdalingsscenario's. Hiervoor hebben we radarsatellietmetingen nodig (zie eerste 2 onderzoekslijnen) en informatie over de assets (de toestand van de fundering bijvoorbeeld).
- **Handelingsperspectief, Governance en maatregelen**  
In 2019 gaan we de adaptatiepadenstrategie verder uitwerken, bijvoorbeeld voor de testcase Groene Hart (op basis van de ervaringen in de MT polder). Ook willen we na het succes van de paper van Seijger et al 2018 twee papers over governance publiceren, waaronder een overzichtspaper voor Nederland.

### *Grenzen en kansen voor adaptatie*

In dit nieuwe kennisimpulsprogramma wordt een geïntegreerde en dynamische onderzoekslijn opgezet waarin de hele keten van klimaatverandering bestudeerd wordt van



impacts tot adaptatiemaatregelen. Onderzoek richt zich op het bestuderen van de gevolgen van klimaatverandering, het ontwikkelen van haalbare adaptatiestrategieën en het identificeren van signalen van klimaatverandering. Ook worden methoden en tools ontwikkeld die bijdragen aan adaptieve planning. Dit programma richt zich op:

- Adaptiepaden (adaptive pathways) in het licht van versnelde zeespiegelstijging  
Specifiek is hier ook aandacht voor het identificeren onder welke condities bepaalde adaptatiemaatregelen niet meer afdoende zijn. En, als er van adaptatiestrategie gewijzigd moet worden, hoever van te voren je hiermee moet beginnen gegeven de realisatietijd van maatregelen.
- Signaaldetectie voor tijdige aanpassing, als onderdeel van klimaatdiensten  
Bij signaaldetectie worden de veranderingen in het klimaat gemonitord. Condities die in de toekomst problematisch gaan worden, kunnen dan voortijdig geïdentificeerd worden. Bij een tijdige signalering kunnen adaptatiemaatregelen genomen kunnen worden, zodat condities niet problematisch worden.
- Dynamische adaptatieopties op Delta- en stadsschaal  
Het is de verwachting dat in de toekomst het klimaat blijft veranderen. Het is daarom waarschijnlijk dat maatregelen om met dit veranderende klimaat op de langere termijn niet afdoende zijn en dat er bovenop eerdere adaptatiemaatregelen nieuwe maatregelen nodig zijn. Het is daarom wenselijk om aanvullende adaptatieopties te ontwikkelen, ook voor infrastructuur, steden, nature based oplossingen, die aangepast en opgeschaald kunnen worden om toekomstige ontwikkelingen te faciliteren.

### Samenwerking

Het thema Adaptive Delta Planning werkt aan vraagstukken die geagendeerd zijn in de Kennis- en Innovatieagenda's van TKI Deltatechnologie en TKI Watertechnologie. Dit thema richt zich op het integreren en toepassen van kennis over water, ondergrond en infrastructuur en heeft als vanzelf een sterke verbinding met de andere thema's. Vanwege het integrerende karakter van dit thema, wordt een bijdrage geleverd aan diverse kennis- en innovatieclusters (KIC's) van TKI Deltatechnologie: Waterveiligheid, Duurzame Deltasteden, Watermanagement, Water en Energie en Eco-engineering en Nature based solutions. Hierin wordt onder andere gewerkt aan vragen rond klimaatbestendigheid van steden, assetmanagement, bodemdaling, slim waterbeheer en 'nature-based solutions' voor de stedelijke omgeving.

Ook worden bijdragen geleverd aan de Innovatiethema's van TKI Watertechnologie: Resource Efficiency en Sustainable Cities. Hierin wordt onder andere gewerkt aan vragen rond de rol van water en bodem in stedelijke energievoorziening en de circulaire waterketen in de stad.

De vraagsturing onder het thema Leefomgeving wordt vooral opgepakt in het programma 'Resilient Cities'. Hierin wordt onder andere gewerkt aan vragen rond stedelijke energie- en (grond)watervoorziening en (ondergrondse) ruimtelijke inrichting en beheer.

Er zal ook dit jaar een bijdrage worden geleverd aan diverse onderzoekslijnen in NKWK. Deltares heeft een trekkende rol gespeeld in het opzetten van het meerjarige onderzoeksprogramma NKWK Klimaatbestendige Stad, dat is gestart in 2017. Het accent ligt op vraagstukken op het gebied van duurzame en klimaatbestendige inrichting. Er wordt met

name ingezet op specifieke vragen rond het inventariseren en selecteren van effectieve klimaatbestendige maatregelen, inclusief een beoordeling van kosten en baten. Ook zal vanuit het thema Adaptive Delta Planning worden bijgedragen aan de prioritaire NKWK onderzoeklijnen Slim watermanagement en Markerwadden.

Vanuit de thema's van Deltares voortdurend gewerkt aan het vergroten van de maatschappelijke impact van onze kennisontwikkeling. Vanuit het thema Adaptive Delta Planning zullen we in 2019 een impuls geven aan het begrijpen van de maatschappelijke impact van kennis en innovatie. Naast begrip zullen we ons richten op het ontwikkelen van methoden en tools om de impact gericht te vergroten. Dit werk is sterk gerelateerd aan de uitwerking van de Sustainable Development Goals (SDG's) en het ontwikkelen van de Impact Node voor de Europese Onderzoeksinfrastructuur Danubius-RI.

Er wordt intensief samengewerkt met de TO2 instituten.

Er is via leerstoelen, PhD en Postdoc trajecten een intensieve samenwerking met de Nederlandse universiteiten: TUD, UT, UU, WUR, VU en EUR. Er wordt ook samengewerkt met een groot aantal kennisinstituten in Europa. Wereldwijd groeit de samenwerking op het gebied van 'adaptive planning' zowel met kennisinstituten als financieringsinstituten (zoals de Wereldbank).

Voorbeelden van samenwerkingsprojecten zijn:

- EU H2020 EUCP; European Climate Prediction system
- EU H2020 CCOACH; CO-designing the Assessment of Climate CHange costs
- ERA-NET EVOKED; User's knowledge needs as the driver for specification of climate data
- EU H2020 Graceful; Global systems Rapid Assessment tools through Constraint FUunctional Languages
- EU H2020 GreenWin; Financing mechanism for green growth
- EU H2020 Inspiration; Integrated spatial planning, land use and soil management
- H2020 project DANUBIUS-RI; Preparation of Research Infrastructure for Advanced Studies on River-Sea Systems
- NWO Governance for smartening public private partnership
- Samenwerking met TO2 instituten (waaronder TNO, WEnR) in NKWK Klimaatbestendige Stad
- NWO UDW (Urbanizing Delta's of the World) projects for Adaptive Delta Management and Land subsidence
- Handelingsperspectieven Bodemdaling (o.a. Gouda, Almere)

Het thema is actief in diverse kennisnetwerken, waaronder:

- 100 Resilient Cities network (platform partner)
- Rotterdam Center for Resilient Delta Cities
- C40 network (bijdragen aan lesprogramma Climate Adaptation Academy Rotterdam)
- UNESCO commissie bodemdaling (secretariaat en lid)
- Global Centre on Climate Adaptation (GCA)
- SeCURE: instituut voor Urban Resilience in South East Asia



## Thema Enabling Technologies

### Doel

Technologische ontwikkelingen gaan heel snel. Cloud computing, data-driven modelling, artificial intelligence, machine learning, smart sensing, robotica, Internet of Things, citizen science zijn voorbeelden van opkomende sleuteltechnologieën. Deze ontwikkelingen maken nieuwe baanbrekende oplossingen mogelijk voor de maatschappelijke vraagstukken waar we als instituut met onze kennis aan bijdragen.

Dit thema heeft als doel om opkomende technologieën te verkennen en de toepassing en integratie ervan binnen de vijf hoofdthema's van Deltares te stimuleren en te versnellen. Deze nieuwe technologieën hebben de potentie om *game changers* te zijn voor de watersector. We kunnen ze inzetten voor baanbrekende innovaties in data gedreven modellering op het gebied van water en ondergrond – passend bij wat we willen zijn, een kennisinstituut dat adviseert en maatschappelijke vraagstukken onderzoekt met behulp van de nieuwste methoden.

Het thema richt de aandacht op technologieën op het terrein van monitoren, data en software én de interactie daartussen. Ons doel is ons deze technologieën eigen te maken, op bruikbaarheid te toetsen (valideren), te combineren en te integreren in onze werkwijzen en numerieke data en modelsystemen op het gebied van water, bodem en ondergrond.

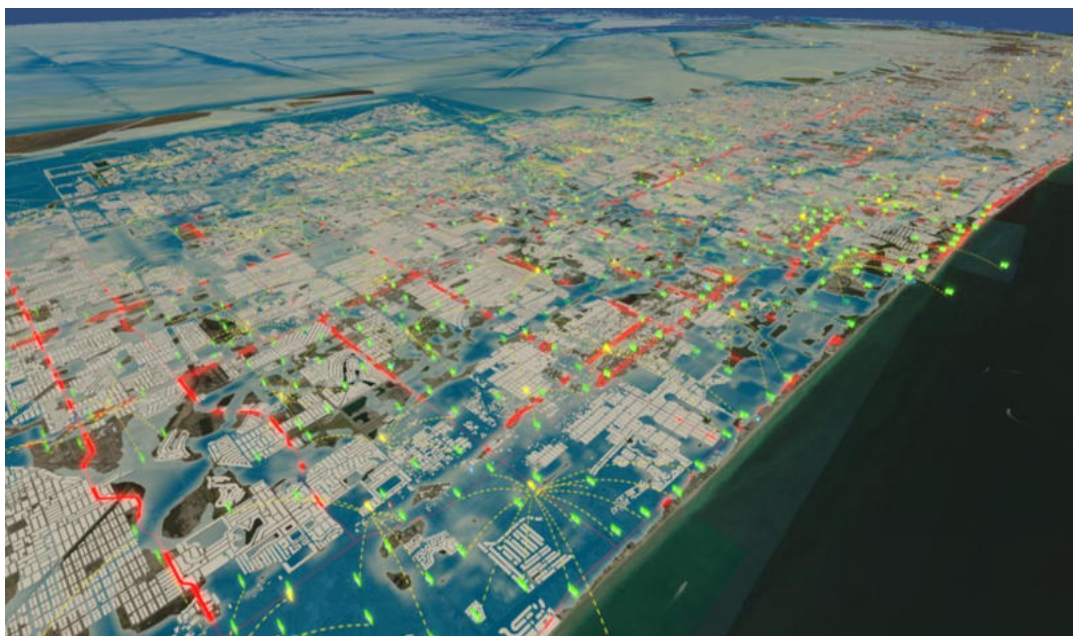
### Trends en ontwikkelingen

We zien de volgende trends:

- De ontwikkeling van Artificial Intelligence is een nieuwe fase ingegaan, door een combinatie van big data, krachtiger computers en nieuwe algoritmen voor image processing en deep learning.
- Overheden en publieke organisaties geven steeds meer toegang tot hun data.
- Earth Observation Data (satellite, remote sensing, drones) zijn in steeds hogere mate van detail beschikbaar.
- Nieuwe meet- en monitoringstechnieken, waaronder ook citizen science, maken het mogelijk om real time data-analyses met modelstudies te combineren.
- Supercomputers en clusters (High Performance Computing, Cloud Computing, Edge Computing, Quantum Computing) bieden de rekenkracht voor complexe en uitgebreide simulaties.

Veel stakeholders in de watersector zoeken naar toepassingsmogelijkheden van de opkomende technieken, naar kansen om mét deze technieken en technologieën maatschappelijke vraagstukken efficiënter en effectiever op te pakken. Daarbij is behoefte aan samenwerking, juist ook tussen markt en TO2-instituten. De snelheid in de ontwikkelingen is zo groot dat geen partij het in haar eentje kan. Dat geldt zowel nationaal, als internationaal. Juist in het opbouwen van kennis en creativiteit, en in het vinden van oplossingen voor water- en bodemvraagstukken die eerder niet mogelijk waren is (internationale) samenwerking een vereiste.

Deltares ambieert daarom, om in Nederland en internationaal, een erkende en gewaardeerde speler te zijn in het toepassen van *enabling technologies* in vraagstukken over water en ondergrond.



### Themaindeling

Het thema heeft gekozen voor een werkwijze die recht doet aan de flexibiliteit en de snelheid die nodig is om de ontwikkelingen in big data, software en monitoring te benutten. Het thema is een proeftuin voor het scannen, kennismaken, testen en valideren van nieuwe technologieën en technieken die nog niet of slechts beperkt in onze sector worden toegepast. Het combineert daarbij bestaande Deltares expertise op verschillende velden, maar tevens op velden als bijvoorbeeld innovatiemanagement. Het thema is daarom niet opgedeeld in programma's. Het wordt aangestuurd door één, divers team dat overzicht houdt over het geheel en richting geeft.

De programmaloze structuur neemt niet weg dat het thema een aantal hoofdonderwerpen kent:

- Big data en data science
- Meten en monitoren
- Software innovatie

In elk van deze hoofdonderwerpen én in de onderlinge samenhang maken we onder andere gebruik van de volgende werkvormen, waarin kan worden geëxperimenteerd:

- Technologie scans  
We verkennen nieuwe technologieën, door de organisatie van *challenges* en *hackatons* binnen de organisatie. In 2018 werden scans over Blockchain, Virtual Reality en Quantum Computing uitgevoerd. De *challenges* en *hackatons* dragen ook bij aan het vergroten van de kennis en vaardigheden in de organisatie. Het versterken

van een goede antenne van Deltares en haar medewerkers is cruciaal voor het succes.

- Open uitvragen voor onderzoeksvorstellen en pilots  
Door ruimte te geven aan kleine, kortlopende projecten die vanuit de breedte van de organisatie worden aangedragen, gebruiken we de antennes in de organisatie voor nieuwe technieken en toepassingen daarvan. Vanuit het thema maken we een eerste test of proof of concept mogelijk, zodat een deel daarna via anders gefinancierde projecten verder uitgewerkt kunnen worden.
- Brainstormsessies of challenges voor specifieke vraagstukken  
Aan de hand van een concrete maatschappelijke vraag, een specifieke dataset of bijvoorbeeld een meettechniek zoekt een divers team, eventueel in samenwerking met stakeholders, in een vrije setting naar oplossingen of manieren van denken die tot nu toe niet mogelijk was.
- Uitbouw van pilots en scans in concrete producten en diensten, in samenwerking met de maatschappelijke thema's

## Programmering 2019

### Big Data en Data Science

De kernactiviteit van Deltares is het ontwikkelen van kennis op het gebied van water en ondergrond. De kracht van big data en data science geeft hier een extra impuls aan. Artificial Intelligence heeft de potentie om een heel nieuwe generatie analyse- en modelleringstools op te leveren, door optimaal gebruik te maken van big data, zelflerende algoritmen en krachtige computers.

Om het gebruik van data science en de creativiteit in het vinden van nieuwe oplossingen te vergroten, wordt ingezet op het verder vergroten van de kennis en capaciteit op dit vlak binnen Deltares. Dit gebeurt door middel van gestructureerde opleiding aan elkaar en met docenten van universiteiten, het eigen maken van data science technieken en het ontdekken van het toepassingsgebied. Daarbij worden ook MSc-studenten betrokken om hun afstudeeronderzoek te doen op dit vlak en de vraagstukken waar Deltares zich mee bezighoudt. De activiteiten geven de mogelijkheid om actieve samenwerking op te zetten met TO2-partners en marktpartijen.

Via een open uitnodiging binnen Deltares zal aan het indienen van onderzoeksvorstellen of pilots voor het toepassen van big data en data science worden gewerkt. Samen met de maatschappelijke thema's geeft dit nieuwe concrete lijnen om te kiezen waar vervolgens verder op wordt ingezet.

Naast ruimte te geven aan ideeën vanuit de organisatie, zetten we in op data science voor thema-overstijgende onderwerpen, zoals het opzetten van een samenwerking tussen de datalabs van de verschillende kennisinstituten met een focus op de Noordzee.

Aangaande maatschappelijke thema's zetten we onder meer in op toepassingen voor 'smart cities' en het gebruik van real time data om nood- en hulpacties te ondersteunen.



### Meten en Monitoren

Binnen Meten en monitoren zijn de volgende trends zichtbaar: de ontwikkeling van instrumenten die meer en nauwkeuriger kunnen meten (denk aan fibre optics and sampling technieken), de opslag en het beschikbaar maken van meetgegevens wordt geavanceerder (denk aan the Internet of Things, of data driven modelling), en de meetinfrastructuur faciliteert meer en nauwkeuriger meten en monitoren (robotica, dronetechnologie).

Voor Meten en Monitoren maken we een onderscheid naar (data gedreven) modelverbetering, naar implementatie of ontwikkeling van meettechnologie, naar Implementatie van meetinfrastructuur en naar datakwaliteit en –bewerkingsmethoden.

Voor 2019 zetten we in op de volgende activiteiten:

- Het versnellen van de keten model, meetmethode en data-processing. Gedacht moet worden aan zoet/zout watermodellen, aan dynamische slibmodellering, het grootschalig kustfundament en het consolidatiegedrag van slib.
- Een meet- en monitoring challenge rondom maatschappelijke thema's als energie transitie en de vervangingsopgave.
- Het verkennen van de mogelijkheden van datafusie en dataomzetting naar parameters.
- Het verkennen van de mogelijkheden van robotica en het professionaliseren van gebruik van drone platforms.
- De verbreding van toepassing van fibre optics, remote sensing en beeldherkenningstechnieken.

### Software innovatie

De volgende trends in software-ontwikkeling geven richting aan ons onderzoekplan:

- De ontwikkeling van geïntegreerde modellen voor de simulatie van processen in water en ondergrond, op basis van onregelmatige rekenroosters, in samenwerking met de open source community.
- De ontwikkeling van mondiale simulatiemodellen voor oppervlaktewater, grondwater en hydrologie, als basis voor regionale modeltoepassingen.
- Multi-resolutie technieken maken het mogelijk om op- en neer te schalen tussen mondiale, regionale en lokale modellen.
- Cloud Computing: grote modelsimulaties (op basis van big data) worden bij externe rekencentra gemaakt.
- De samenvloeiing van numerieke simulatie, serious gaming en beslissingsondersteunende systemen maakt het mogelijk om stakeholders te betrekken bij de modellering.

We continueren de onderzoeklijnen 'Next Generation Geo Software' en 'Next Generation Hydro Software'. We dragen vanuit het thema bij aan de roadmaps van de grote softwarelijnen van Deltares. In 2019 zal de meeste aandacht uitgaan naar de volgende onderwerpen:

- Verdere ontwikkeling van Delft3D Flexible Mesh 3D  
Gewerkt wordt aan de ontwikkeling van de 3D software voor hydrodynamica op basis van flexibele roosters. Dit is een voortzetting van het werk in 2018 en voorgaande jaren.
- Verdere ontwikkeling van Delft3D Flexible Mesh 1D  
We dragen bij aan de transitie van SOBEK software naar Delft3D Flexible Mesh, waarmee geïntegreerd hydrodynamisch rekenen op flexibele roosters mogelijk wordt.
- Next Generation Geo Software  
De focus vanuit Enabling Technologies ligt op de software om bodemzettingen te modelleren. De huidige software, D-Settlement, is verouderd. De rekenmethode staat onder discussie en de code is niet meer up-to-date. Vanuit dit thema wordt de basis gelegd voor een nieuwe generatie D-settlement-software.

### Samenwerking

Voor ons doel met *enabling technologies* is het verder uitbreiden en versterken van Deltares' externe netwerk belangrijk. We willen zelf een speler zijn die de slagkracht van de Nederlandse watersector vergroot door inzet van opkomende technologieën. En tegelijkertijd vergroot een intensieve samenwerking met early adopters en excellente kennispartijen onze kennis en slagkracht in het veld. We zoeken vanuit dit proces inspirerende contacten in binnen- en buitenland, waarmee we buiten de begaande paden kunnen stappen, anders denken, om te komen tot nieuwe oplossingen voor de maatschappelijke vraagstukken waar Deltares zich voor inzet.

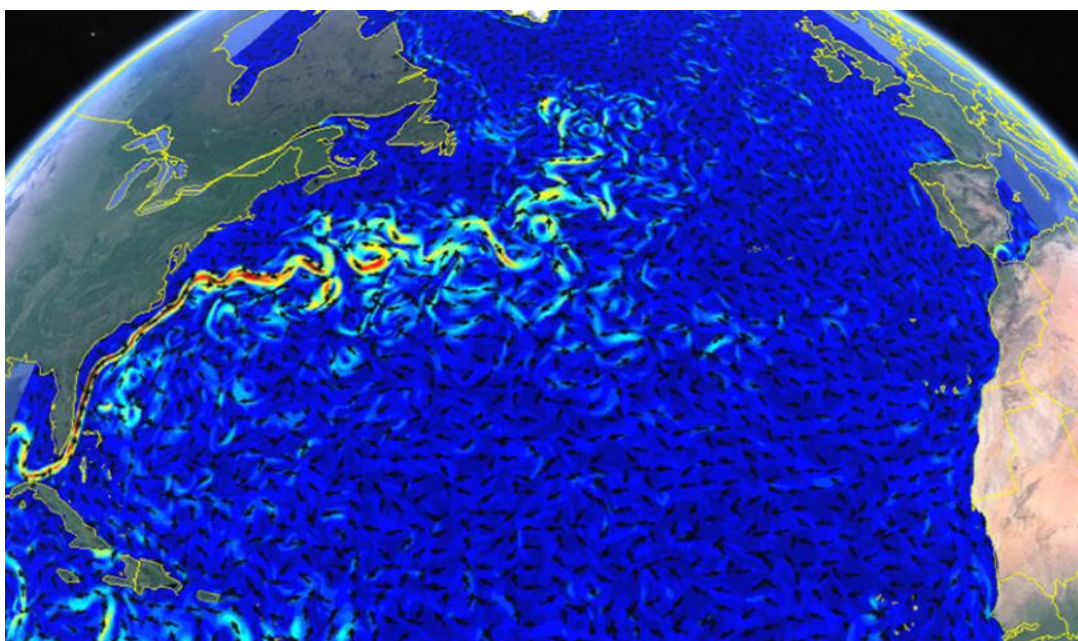
Om de nieuwste technieken en kennis te verwerven onderhouden en bouwen we een netwerk met excellente partijen. Dat zijn universiteiten als de Technische Universiteit Delft en de Technische Universiteit Eindhoven met excellente kennis in de opkomende technologieën



(computational science, data-sciences, geophysical and remote sensing). Ook wordt de samenwerking verbreed naar Leiden en Amsterdam. Daarnaast, met kennisinstellingen zoals NSO, ESA, Imec en innovatieve bedrijven die de opkomende technologieën en producten op de markt brengen (frontrunners zoals Google en Amazon en flexibele start-ups).

Om nieuwe kennis toe te kunnen passen is het belangrijk dat Deltares strategische banden onderhoudt met *early adapters* in onze klantenkringen, de partijen die mee willen werken aan het testen en inzetten van nieuwe oplossingen.

Om nieuwe kennis te vertalen naar toepassingen, om de maatschappelijke vraagstukken van onze opdrachtgevers te doorgronden, is onze samenwerking met collega instellingen en marktpartijen belangrijk. Deltares initieert hier graag samenwerkingsverbanden in, en gaat in op uitnodigingen van anderen.



Een belangrijk opkomend netwerk waarvan Deltares een van de initiatiefnemers is, is DigiShape. Met DigiShape beogen we een actief netwerk op te bouwen in de gouden driehoek van overheid, markt en kennisinstellingen. Het doel van het netwerk is het versnellen van data-innovatie en digitalisering voor de Nederlandse watersector. Dit willen we invullen door concrete projecten in onderlinge samenwerking op te zetten vanuit een aantal concrete use cases. Bij de initiatiefnemers zijn ook het Ministerie van IenW en RWS, waarmee de use cases onder andere aan zullen sluiten bij NKWK.



### 3 Inhoudelijke en financiële kaders

#### 3.1 Introductie en toelichting financiën

De instituutssubsidie voor de uitvoering van het Strategisch Onderzoek (SO) door Deltares is vastgesteld met een subsidieplafond voor boekjaar 2019 van € 16.305.000. Het Activiteitenplan 2019 is in overleg met de relevante departementen en topsectoren opgesteld, waarbij de bijdrage aan maatschappelijke thema's – zoals die zijn vastgelegd in nationale (en internationale) agenda's - verder is toegelicht. In dit hoofdstuk wordt nader aangegeven hoe de subsidie (budgettair) verdeeld wordt over de verschillende onderwerpen en categorieën, daarbij ook anticiperend op het nieuwe missiegedreven beleid.

#### 3.2 Economische en niet-economische activiteiten

Met ingang van 1 januari 2019 is de nieuwe 'subsidieregeling instituten voor toegepast onderzoek' van kracht. Dit betreft de Regeling van de Minister van Economische Zaken en Klimaat van 1 februari 2018, nr. WJZ/17203973.

In de nieuwe regeling wordt alle bestaande regelgeving samengebracht. Belangrijk daarbij is (in het kader van de regelgeving op het gebied van staatsteun) het onderscheid tussen economische en niet-economische activiteiten die een instituut voor toegepast onderzoek uitvoert.

De werkzaamheden binnen Deltares worden uitgevoerd in projecten. Aan projecten worden kenmerken meegegeven zoals klant en type werkzaamheid. Op basis van deze kenmerken kan onderscheid worden gemaakt in economische en niet-economische activiteiten. Vanaf 2019 zal worden bijgehouden welke projecten als economische en welke projecten als niet-economische activiteiten kunnen worden beschouwd.

Voor 2019 wordt een inschatting gemaakt van de verhouding tussen economische en niet-economische activiteiten op basis van de realisatie van afgelopen jaren en rekening houdend met de verhoging van de subsidie van het ministerie van EZK in 2019. Dit wordt berekend aan de hand van de omzetcijfers. De verwachting voor 2019 is dat er voor (minimaal) 60% aan niet-economische activiteiten worden uitgevoerd binnen Deltares.

De instituutssubsidie zal niet worden ingezet voor economische activiteiten.

Evenals voorgaande jaren zullen in december 2018 de tarieven, die gehanteerd zullen worden voor het uitvoeren van activiteiten, die vallen onder de 'instituutssubsidie' en zoals beschreven in het Activiteitenplan 2019, aan het ministerie van EZK worden verstrekt, voorzien van een goedkeuring door de accountant.

#### 3.3 Toelichting inzet in Topsectoren en maatschappelijke thema's

Deltares besteedt het grootste deel van de subsidie aan kennisvragen van de Topsector Water & Maritiem, vooral van de TKI Deltatechnologie (zie tabel 1). Aan alle tien Kennis- en Innovatieclusters (KIC's) zal een bijdrage worden geleverd. Daarnaast zal er ook budget worden ingezet op de Innovatiethema's van de TKI Watertechnologie (zie tabel 2). Cross-sectorale activiteiten vinden ook plaats met de TKI Maritiem evenals met andere topsectoren,

met name Topsector Energie (Wind op Zee) maar ook met Topsectoren Agri & Food en Logistiek.

Bedragen in 1000€	Topsectoren (Topsector Water & Maritiem en Topsector Energie)					Duurzame Leefomgeving
	Totaal SO	Lange termijn <sup>2</sup>	TKI Delta-technologie	TKI Water-technologie	TKI Wind op Zee	
Deltares thema's						
Flood Risk	2900	600	2300			
Ecosystems and Environmental Quality	3000	350	2375	115		160
Water and Subsurface Resources	2700	250	1700	250		500
Delta Infrastructure	3200	300	2200	200	300	200
Adaptive Delta Planning	2600	500	1600	180		320
Enabling Technologies	1400	125	1000	200		75
Totaal (thema's)	15800	2125	11175	945	300	1255
Programma management	505					
<b>Totaal</b>	16305					

Tabel 1: Indicatieve verdeling van het SO budget over de programmacategorieën

In het NKWK wordt gewerkt binnen 14 onderzoekslijnen. Deltares speelt vanaf het begin een actieve rol in het programma. De in de tabel genoemde Deltares bijdrage is programmeerbaar in de onderzoekslijnen, mits er een akkoord is of wordt bereikt over een gemeenschappelijke agenda en financiering van andere NKWK partners (zie tabel 3). Ook daar waar in de tabel op dit moment geen expliciet bedrag is opgenomen, geldt eveneens dat bij het bereiken van een gemeenschappelijke agenda en inzet van andere NKWK partners er altijd bereidheid en ruimte is om de Deltares bijdrage nader te bespreken.

<sup>2</sup> Totaal van bijdragen aan NWO/STW projecten, leerstoelen en AIO's

Bedragen in 1000€	Kennis- en Innovatiecluster (KIC's) Deltatechnologie										Innovatiethema's Watertechnologie		
	Waterveiligheid	Duurzame Deltasteden	Natte infra en kunstwerken	Watermanagement	Water en Voedsel	Water en Energie	Water en ICT	Eco- engineering en Nature based solutions	Duurzaam functioneren van watersystemen	Duurzaam gebruik Estuaria, zeeën en oceanen	Resource Efficiency	Smart Water Services	Sustainable Cities
Deltares thema's													
Flood Risk	1900						400						
Ecosystems and environmental quality	100						300	470	1280	225	75	40	
Water and Subsurface Resources				800	250	400	100		100	50	150		100
Delta Infrastructure	400	400	600			400			200	200			200
Adaptive Delta Planning	190	900	80	180		80		90	80		40		140
Enabling Technologies		50		50			850		50			200	
Totaal <sup>3</sup>	2590	1350	680	1030	250	880	1650	560	1710	475	265	240	440

Tabel 2: Indicatieve verdeling van het SO budget over de inhoudelijke thema's van TKI DT en TKI WT

<sup>3</sup> Dit bedrag is in werkelijkheid hoger, omdat bedragen die in tabel 1 onder 'lange termijn' zijn genoemd (maar hier niet zijn meegenomen) ook bijdragen aan de doelen van de KIC's. Dit geldt met name voor de KIC's 'Eco-engineering en nature based solutions' en 'Duurzaam functioneren watersystemen'.

Bedragen in 1000€	TKI Deltatechnologie (KIC's)														
	TKI Deltatechnologie (KIC's)		Waterveiligheid	Duurzame Deltasteden	Natte infra en kunstwerken	Watermanagement	Water en Voedsel	Water en Energie	Water en ICT	Eco- engineering en Nature based solutions	Duurzaam functioneren van watersystemen				
	NKWK Onderzoekslijnen <sup>4</sup>	Waterkeringen	Klimaatbestendige stad	Toekomstbestendige natte kunstwerken	Slim Watermanagement	Water en Voedsel	Water en Energie	Nationaal Water Model	Markerwadden	Kustgenese II	Rivieren	Duurzaam beheer grote wateren	Nationaal Kennisprogramma Bodemdaling	Lumbricus	IDON Noordzee programma
<b>Deltares thema's</b>															
Flood Risk		460													
Ecosystems and environmental quality		50						50	200	70	75	75	10	35	75
Water and Subsurface Resources					100	100	200	50						50	50
Delta Infrastructure				400			200				100				
Adaptive Delta Planning			150		50				50				80		
Enabling Technologies								75 <sup>5</sup>			25				25
<b>Totaal</b>		510	150	400	150	100	400	175	250	70	200	75	90	85	150

Tabel 3. Relatie NKWK onderzoekslijnen met inhoudelijke onderwerpen van de TKI Deltatechnologie, en indicatieve inzet van SO-budget over de onderzoekslijnen.

<sup>4</sup> NKWK onderzoekslijnen zijn onderdeel van de activiteiten die binnen de KIC's lopen.

<sup>5</sup> Dit bestaat voor 50k uit bijdrage aan Digishape.

### 3.4 Toelichting inzet in lange termijn onderzoek

Deltares zet circa 2.2 M€ in om lange termijn activiteiten te (co-)financieren via het SO. Het gaat hier om het op de lange termijn (in samenwerking met de universiteiten) in stand houden van een relevante kennisbasis. Met het doorzetten van de impuls voor de versterking van de kennisbasis van Deltares (en andere TO2 instituten), kan ook de inzet in lange termijn onderzoek met universiteiten toenemen. Het gaat hierbij om medewerkers die ook een functie hebben als hoogleraar, universitair (hoofd)docent of lector, promovendi en post docs die financieel en inhoudelijk door Deltares gesteund worden. Voor 2019 gaat het in totaal om circa 20 (deeltijd) hoogleraren en ongeveer 20 U(H)D's en circa 80 promovendi. Deze posities, al dan niet via NWO/TTW trajecten, worden ingevuld bij verschillende Nederlandse universiteiten (TUD, UU, RU, UvA, VU, UT, TU/e, WUR).

De samenwerking met universiteiten en doorstroming van kennis naar Deltares wordt verder gestimuleerd door deel te nemen aan nationale calls voor onderzoek. Voorbeelden zijn de call voor onderzoek in de het kader van de nationale wetenschapsagenda (NWA), de 'Living labs in the Dutch Delta', de topsectoren cross-over call en de aanstaande NWA blauwe-route call. Deelname van Deltares wordt in dergelijke calls nooit volledig vergoed. SO wordt ingezet om deel te kunnen nemen. Uitgangspunt blijft dat Deltares alleen aan projecten deelneemt die aansluiten op de lange termijn kennisvragen.

### 3.5 Toelichting inzet op EU/internationaal

Voor Europese activiteiten is matching een middel om deel te kunnen nemen in onderzoeks- en innovatieprogramma's en kennisnetwerken. Deze projecten dienen als multiplier op de SO middelen waardoor meer kennis beschikbaar komt tegen gedeelde kosten. In het geval van Horizon 2020 draagt de Europese Commissie ongeveer de helft van de kosten. Deltares is betrokken ca. 30 Europese onderzoeksprojecten, voor het merendeel H2020. Zo is Deltares onder meer betrokken bij projecten als HYDRALAB IV, EcoPotentials, EOMORES, IMPAQT, IMPREX, Corealis, EUCP, CCOACH, Danubius RI. Voor deze EU matching wordt ongeveer 1.5 M€ gereserveerd via het SO, waarbij de passendheid in het onderzoeksprogramma bepalend is: Deltares zet in op projecten die antwoord geven op de vragen uit het onderzoeksplan. Waar mogelijk worden andere middelen voor matching ingezet.

### 3.6 Toelichting inzet op samenwerkingen met private partijen

Private partijen spelen een belangrijke rol bij de vraagarticulatie, als financier en als co-creator. De belangrijkste private partijen komen uit de (water)bouw of zijn advies- en ingenieursbureaus, uit binnen- en buitenland. Toch blijft de overheid de grootste afnemer van kennis en innovaties op het gebied van de Deltatechnologie. Van de private sector wordt een bijdrage voorzien van circa 15 M€ per jaar aan het toegepaste onderzoek van Deltares. Deze bijdrage wordt onder meer geleverd in JIP's (joint industry projects), PPS-en (met en zonder TKI subsidie) en in H2020 projecten. In veel van deze activiteiten zet Deltares ook een eigen bijdrage van ongeveer 1.5 M€ in via het SO.

### 3.7 Kennisdisseminatie en communicatie

Onderdeel van de missie van Deltares als TO2 instituut is dat ontwikkelde kennis toepasbaar en toegankelijk wordt gemaakt. Kennisdisseminatie en communicatie vormen onderdeel van de activiteiten.

Kennisoverdracht vindt op velerlei wijze plaats, in binnen- en buitenland. De meest effectieve vorm van kennisverspreiding blijft via projecten met overheden en bedrijfsleven (onder andere via JIP's en TKI projecten), en met collega instituten (EU, NWO/TTW, TO2) in de vorm van rapporten en producten. Dit geeft een directe interactie met betrokkenen, geïnteresseerden en stakeholders. In projecten wordt ook veel software en toepassingen ontwikkeld. Dit zijn eveneens veelgebruikte kennisdragers. Zo wordt onze software wereldwijd breed verspreid en gebruikt.

In het jaarlijkse R&D Highlights worden tientallen kennisontwikkelingsprojecten beschreven, een mooie dwarsnede van onderwerpen waar Deltares aan werkt. Via wetenschappelijke artikelen (ruim 200 publicaties ieder jaar, 303 in 2017), congressen, workshops (zoals de jaarlijkse Deltares Software Days), klankbordgroepen en andere bijeenkomsten bereiken we een breed publiek. Ook zijn er open source communities en vindt overdracht plaats via mensen: cursussen, uitwisselingen, en jaarlijkse begeleiding van meer dan honderd afstudeerders en circa 80 PhD studenten. De cursussen worden georganiseerd door de Deltares Academy (ruim 100 ieder jaar), waarvan een deel samen met andere partijen worden gegeven (PAO, Wateropleidingen, TU Delft, Deltares USA Inc en andere).

Daarnaast maken we blijvend gebruik van traditionele en in toenemende mate ook van sociale media, waaronder webinars en apps. We hebben de Deltares website zodanig ingericht dat onze thema's de centrale ingang zijn voor informatie over onze kennisbasis, problematiek en oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken. Via de Deltares Kennisbank zijn artikelen en rapporten toegankelijk voor iedereen.



Bedragen in 1000€		
		<b>Totaal</b>
<b>Flood Risk</b>		2900
Flood Risk Strategies	460	
Enabling Early Warning	460	
Quantifying Flood Hazards and Impacts	460	
Future-proof Dikes	460	
<i>Impuls programma: Impact of Extreme Weather</i>	460	
<i>Disruptive Technologies</i>	200	
<i>Missiegedreven onderzoek *</i>	400	
<b>Ecosystems and Environmental Quality</b>		3000
System Dynamics	525	
Ecosystem Monitoring and Modelling	425	
Solutions for Impacted Environments	425	
Nature Based Flood Defences	500	
<i>Impuls programma: Gezonde Watersystemen</i>	725	
<i>Missiegedreven onderzoek *</i>	400	
<b>Water and Subsurface Resources</b>		2700
Information Systems for Water Security	650	
Subsurface Resources in a Circular Economy	600	
Water Energy Food Nexus	700	
<i>Sustainable energy transition</i>	350	
<i>Missiegedreven onderzoek *</i>	400	
<b>Delta Infrastructure</b>		3200
Future-proof Coastal Infrastructure and Offshore Renewable Energy	700	
Infrastructure for Waterborne Transport	350	
Infrastructure for Water and Energy	400	
Robust and Reliable Urban Infrastructure	350	
<i>Impuls programma: Resilient Infrastructure</i>	500	
<i>Impuls programma: Vervangingsopgave Natte Kunstwerken</i>	500	
<i>Missiegedreven onderzoek *</i>	400	
<b>Adaptive Delta Planning</b>		2600
Climate Adaptation	236	
Delta Governance	476	
Resilient Cities	566	
<i>Impuls programma: Bodemdaling en adaptatie</i>	396	
<i>Impuls programma: Grenzen en kansen voor adaptatie</i>	526	
<i>Missiegedreven onderzoek *</i>	400	
<b>Enabling Technologies</b>		1400
<i>Missiegedreven onderzoek*</i>	400	
<b>Totaal (incl. programma management 505)</b>		16305

Tabel 4. Indicatieve verdeling van het SO-budget over de Deltares thema's en programma's

\*betreft voorlopige reservering voor missiegedreven onderzoek, waarvoor voorjaar 2019 de missies uitgewerkt zullen zijn.