

**MEERJAREN SPEURWERKPROGRAMMA 2015-2018
VOORTGANGSRAPPORTAGE 2016 THEMA WATER**

Princetonlaan 6
3584 CB Utrecht
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T +31 88 866 42 56
F +31 88 866 44 75

TNO-rapport

TNO 2017-R10066

**Meerjaren Speurwerkprogramma 2015-2018
Voortgangsrapportage 2016 Thema Water.
P 504 VP Watertechnologie
P 508 VP Deltatechnologie-Infrastructuur
P 311 VP Maritiem en Offshore
P 310 VP Karakterisering Grondwater**

Datum	16 januari 2017
Auteur(s)	Dr. Ing. J.M. Jetten, Dr. Ir. A.H.J.M. Vervuurt, Ir. J.H. Hoegge, Dr. Ir. W.J. Zaadnoordijk
Autorisatie	Ir. L.J.J. Kusters
Aantal pagina's	21 (incl. bijlagen)
Regievoerend departement	Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2017 TNO

Inhoudsopgave

1	P310 Karakterisering en Dynamiek Samenstelling Grondwater (KarDySaG) ...	3
1.1	Samenvatting	3
1.2	Korte omschrijving	3
1.3	Highlights	4
1.4	Actualisatie/dynamiek	5
2	P508 VP Deltatechnologie Infrastructuur	6
2.1	Samenvatting	6
2.2	Korte omschrijving	7
2.3	Highlights	7
2.4	Actualisatie/dynamiek	8
3	P 504 VP Watertechnologie	9
3.1	Samenvatting	9
3.2	Korte omschrijving	10
3.3	Highlights	10
3.4	Actualisatie en dynamiek	11
3.5	Publiciteit.....	12
4	P311 VP Maritiem en Offshore.....	15
4.1	Samenvatting	15
4.2	Korte Omschrijving.....	16
4.3	Highlights	17
4.4	Actualisatie/dynamiek	19
5	Ondertekening.....	21

1 P310 Karakterisering en Dynamiek Samenstelling Grondwater (KarDySaG)

1.1 Samenvatting

De beschikbaarheid van voldoende water van de juiste kwaliteit is een belangrijke randvoorwaarde voor de samenleving. Een groot deel van het water wordt uit de ondergrond gewonnen. Dit VP richt zich op de processen in de ondergrond die bepalend zijn voor de kwantiteit en kwaliteit van het grondwater. Bedreigingen voor het grondwater zijn o.a. verzilting, dalende grondwaterstand en conflicterende gebruiksbelangen, bijv. in relatie tot opslag van warmte (WKO). Ook spelen de risico's voor het grondwater vanaf het oppervlak een rol (uitspoeling gekoppeld aan landbouw en stedelijk gebied) en activiteiten in de ondergrond (traditioneel olie- en gaswinning, potentieel geothermie, schaliegas en opslag radioactief afval en ook perforaties voor Warmte-Koude Opslag (WKO). Dit vereist informatie en kennis ten aanzien van de dynamiek en de samenstelling van het grondwater als ook de geohydrologische opbouw van de ondergrond.

In 2016 zijn bruikbare producten ontwikkeld voor de karakterisering van grondwater in ruimte en tijd, die klaar staan om via de GDN-website beschikbaar gesteld te worden voor stakeholders. Verder is onderzoek gedaan op het gebied van grondwatersamenstelling en –datering en de dynamiek van zoet en zout grondwater. Verder zijn ideeën ontwikkeld voor onderzoeksprojecten binnen GeoERA, het ERANET-programma dat de EC heeft goedgekeurd en dat uitgevoerd wordt door de Europese geologische diensten met TNO-GDN als penvoerder.

1.2 Korte omschrijving

Overeenkomstig de roadmap 'Geological Survey of the Netherlands' (Van der Meulen e.a., 2013) richt dit vraaggestuurde programma zich op het ontwikkelen van methoden om dynamische processen in de grondwaterkwantiteit en -kwaliteit te karakteriseren en het bijbehorend ontwikkelen van kennis en informatieproducten die zich richten op bescherming en benutting van grondwater. De doelstelling van dit VP is het onderzoeken op welke wijze de eigenschappen en het gedrag van het grondwater inzichtelijk gemaakt kunnen worden en het ontwikkelen van bijbehorende data-analyse en informatieproducten. Hierbij komen ook aan de orde het geavanceerd meten en monitoren, de interactie tussen grondwater en sediment /oppervlaktewater en de geohydrologische opbouw van de ondergrond. Er wordt een bijdrage geleverd aan nationale ontwikkelingen, zoals het innovatiecontract Watertechnologie, en Europese ontwikkelingen, onder andere via deelname aan werkgroepen van de Europese Kaderrichtlijn Water. Het programma kent vier focuspunten, te weten 1) grondwaterkwaliteit en -herkomst, 2) zoet/zout grondwater, 3) grondwaterdynamiek en 4) grondwater en energie. Het programma levert informatieproducten op die via <http://www.DINOloket.nl>, de TNO-GDN-website met Digitale Informatie van de Nederlandse Ondergrond) beschikbaar gesteld worden. De ontwikkelde kennis en methoden worden ingezet voor specialistisch advies in marktprojecten. De wetenschappelijke resultaten (onder meer uit de diverse AIO-projecten) worden gepresenteerd op congressen en gepubliceerd in peer-reviewed tijdschriften om de internationale, wetenschappelijke validiteit van de ontwikkelde methoden te bewijzen. Verder is een bijdrage geleverd

aan het ontwikkelen van projectvoorstellen binnen het Europese GeoERANet programma.

1.3 Highlights

1.3.1 *Focuspunt Grondwaterkwaliteit en –herkomst*

Binnen dit focuspunt is in 2016 een database opgeleverd met geharmoniseerde data van de grondwaterkwaliteit in het Nederlandse rivierengebied en bijbehorende analyse- en interpretatietools voor het maken van digitaal kaartmateriaal en presentatie van grondwaterkwaliteitsgegevens in dwarsdoorsneden. In dit kaartmateriaal en de doorsneden zijn grondwaterkwaliteitsgegevens direct interpreteerbaar naar leeftijd van het grondwater en de herkomst. De bedoeling is om deze tools in 2017 interactief te maken en gereed voor opname op de GDN-website. De workshop met stakeholders staat nu gepland voor voorjaar 2017. Daarnaast is de isotopendatabase verder uitgewerkt en nu grotendeels digitaal beschikbaar. Voor de isotopendatabase is verdere uitwerking nog nodig wat betreft metagegevens en wordt in 2017 aandacht besteed aan ruimtelijke interpretaties naar leeftijd en herkomst van het grondwater. In het verlengde van het SMO werk zijn daarbij relevante projectacquisities gedaan op het gebied van het dateren van grondwater, waarvoor bij landelijke als regionale overheden de belangstelling aantoonbaar toeneemt (RIVM, Minl&M, provincies Brabant en Limburg). Verdere inhoudelijke ontwikkeling van het vakgebied heeft plaatsgevonden op het gebied van de karakterisatie van gassen in het grondwater, zowel qua ontgassing als qua karakterisatie van uittredend grondwater via radonmetingen. Daarbij zijn toepassingen gedemonstreerd in stedelijk gebied en in ecologisch belangrijke beekdalen waar grondwater een rol speelt in de nutriëntenhuishouding. In 2016 is nieuw onderzoek opgestart naar de resten van antibiotica in het Nederlandse grondwater, waarbij een relatie kon worden gelegd tussen de historische leeftijd van toediening en het voorkomen in dieper grondwater. Een klein aantal activiteiten is doorgeschoven naar 2017; het gaat dan vooral om de voorbereiding van AIO-werk voor de landelijke isotopendatabase en om de veldexperimenten met nieuwe dateringsmethoden (Ar, Kr). Resultaten van bijna al het bovenstaande onderzoek zijn gepresenteerd op belangrijke aardwetenschappelijke congressen zoals AGU en EGU, in landelijke workshops en gepubliceerd in peer-reviewed internationale tijdschriften (o.a. 3 x HESS 2016, diverse publicaties in voorbereiding). Voorstellen voor geharmoniseerde informatieproducten en productontwikkelingen zijn ingebracht in het in ontwikkeling zijnde GeoERA proposal, waarbij vanuit Nederlandse stakeholders in het zuiden en oosten van het land wordt aangestuurd op externe cofinanciering om zodoende grotere inhoudelijke en strategische meerwaarde te verkrijgen.

1.3.2 *Focuspunt zoet/zout grondwater*

Deelname aan het NWO-project 'Rise and fall' is voortgezet. Dit project richt zich op de ruimtelijke verdeling en dynamiek van zoet en zout grondwater, middels grootschalige hydrologische modellering en in situ monitoring, aangevuld met Electro-Magnetische (EM-)metingen. Vanwege logistieke problemen in Vietnam was het niet mogelijk om de EM-metingen vanuit de lucht uit te voeren (airborne-EM, AEM zoals voorzien), maar wordt een campagne voor EM-metingen vanaf maaiveld opgezet.

Het STW-project Water NEXUS is daadwerkelijk in gang gezet met de start van een AIO die zich bezig gaat houden met de toegevoegde waarde van AEM-metingen in

relatie tot de monitoringskosten in de voorspelling van het dynamisch gedrag van zout grondwater. Water NEXUS richt zich op het efficiënt gebruik en beheer van zout grondwater.

1.3.3 *Focuspunt Grondwaterdynamiek*

De in 2015 ontwikkelde grondwatertools, METRAN en Isohypsentool, zijn verder getest en praktisch toepasbaar gemaakt. De Isohypsentool maakt ruimtelijke verbanden inzichtelijk tussen gemeten grondwaterstijghoogten (zoals opgenomen in de DINO-database). METRAN is een programma voor meervoudige tijdreeksanalyse en is erop gericht de variatie in de tijd van grondwaterstanden inzichtelijk te maken en verschillende invloeden op de grondwaterstand te identificeren. De grondwatertools zijn gepresenteerd aan een groep stakeholders. De respons bij deze bijeenkomsten liet zien dat de tools in een behoefte zullen voorzien. Ook zijn verzoeken te verwachten om aanvullende functionaliteiten. Er is een start gemaakt met het onderzoeken van de relatie tussen enerzijds de tijdreekskarakteristieken en anderzijds de geologische schematisatie (met name de hydrogeologische informatiesystemen REGIS en GeoTOP) en hydrologische modellen (zoals bijvoorbeeld NHI).

Van de grondwatertools, METRAN en Isohypsentool, die de dynamiek in tijd- en ruimte van grondwaterstanden (uit de DINO-database) inzichtelijk maken, zijn 'web-based' toepassingen gerealiseerd die deze informatie in een GDN-webomgeving voor stakeholders beschikbaar kunnen maken. De acceptatietesten konden niet voltooid worden in 2016 (en acceptatie wordt nu verwacht begin 2017).

1.3.4 *Overige activiteiten*

In 2016 is bijgedragen aan het MSc-programma aan de Universiteit Utrecht met betrekking tot grondwaterkwaliteit, onzekerheid en monitoring, onder meer via het ondersteunen van twee bijzonder hoogleraren. Ook is inhoudelijke coördinatie verzorgd voor de grondwateraspecten in het GeoERA-programma. De in gezamenlijkheid met de andere Geologische Diensten in Europa en stakeholders binnen Nederland ontwikkelde Projectideeën zullen in april 2017 worden ingediend in de eerste call van het programma.

1.4 **Actualisatie/dynamiek**

De veranderingen ten opzichte van het oorspronkelijke plan zijn beperkt voor de focuspunten 1) Grondwaterkwaliteit en –herkomst 2) Zoet/zout grondwater en 3) Grondwaterdynamiek. Zoals verwacht mag worden verschuiven de activiteiten van inventarisatie van behoeften in de richting van implementatie van de inzichten en uitbouwen van prototypen van informatieproducten. In dit licht zal in 2017 'Visualisatie en presentatie' niet langer als separaat focuspunt worden opgevoerd. Voor 2017 is een nieuw focuspunt toegevoegd: 'Grondwater en energie'. Dit focuspunt komt mede voort uit de maatschappelijke behoefte aan verduurzaming van de energievoorziening (ministerie EZ, Energierapport Transitie naar duurzaam) en de rol van grondwater hierbij ten aanzien van zowel benutting (voor m.n. warmte/koude-opslag) als bescherming (in relatie tot drinkwaterwinning, etc.). Het nieuwe focuspunt komt herkenbaar terug in de kennisagenda Bodem en Ondergrond 2016 zoals die in het voorjaar is verschenen. De voorgestelde invulling richt zich op informatieproducten met betrekking tot de beide aspecten van het grondwaterbeheer: benutten en beschermen.

2 P508 VP Deltatechnologie Infrastructuur

2.1 Samenvatting

Voor het waarborgen van de waterveiligheid en waterzekerheid zijn goed functionerende waterbouwkundige constructies (natte kunstwerken) van essentieel belang. Een groot deel van deze constructies is medio vorige eeuw aangelegd en komt langzaam maar zeker aan het einde van technische ontwerplevensduur. Voor veel Natte Kunstwerken geldt dat de rekenkundige veiligheid onvoldoende is op basis van de huidige beoordelingskaders. Hierdoor ontstaat een toenemende vervangings- en renovatieopgave voor dergelijke constructies wat voor de komende decennia kan leiden tot grote investeringen om de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid in stand te houden. Het is van belang om deze opgave te reduceren en in de tijd te spreiden.

Deze potentiële vervangingsopgave voor natte kunstwerken leidt bij beheerders en eigenaren van natte kunstwerken tot acute kennisvragen aangaande het beheer van bestaande kunstwerken (i.c. onderhoud, renovatie en vervanging). Hierin spelen onder andere technische vraagstukken een rol, zoals de geschiktheid van beoordelingsmethoden om zo goed mogelijk het actuele en toekomstige veiligheidsniveau van de kunstwerken te kwantificeren, de implementatie van innovatieve oplossingen die levensduur effectief verlengen (bijvoorbeeld reparatie- en vervangingstechnieken) of doeltreffend gebruik maken van informatie over het daadwerkelijke gebruik van de infrastructuur.

De kennisontwikkelingen binnen het Vraaggestuurde Programma Deltatechnologie richt zich in het bijzonder op de technische vraagstukken aangaande de constructieve beoordeling van natte kunstwerken. Het in 2016 uitgevoerde onderzoek is hierbij langs de volgende drie ontwikkelingslijnen uitgevoerd: 1) Grond-constructie-interactie, 2) Monitoring en 3) Innovaties en heeft geleid tot een vergroot inzicht op deze gebieden. De modellen voor de voorspelling van ASR en corrosiepropagatie zijn binnen een probabilistische doorontwikkeld en gevalideerd aan de hand van bestaande cases. De ontwikkelingen worden in 2017 voortgezet binnen het beoogde TKI-project 'Kennisprogramma Natte Kunstwerken' waarin onder andere een testtuin voor de doorontwikkeling van gevalideerde modellen is gepland.



Figuur: Haukessluis

2.2 Korte omschrijving

Nederland is rijk aan Natte Kunstwerken zoals sluizen en stuwen. Deze belangrijke schakels in de infrastructuur zijn doorgaans constructies van beton en staal die meerdere functies vervullen, van het beschermen tegen hoogwater en afvoeren van water tot het mogelijk maken van scheepvaart en het beschikbaar houden van zoet water in droge periodes. Door klimaatverandering treden steeds vaker extreme belastingen door vaker hoogwater, hoger hoogwater of juist perioden met extreme droogte op. Om ook in de toekomst de functies betrouwbaar te kunnen blijven vervullen, zullen op deze kunstwerken maatregelen moeten worden genomen om het veiligheidsniveau te garanderen.

Rijkswaterstaat en de waterschappen hebben een enorme vervangingsopgave van deze multifunctionele natte kunstwerken op de rol staan wat leidt tot een acute kennisbehoefte. TNO, Deltares en MARIN werken nauw met Rijkswaterstaat en de andere beheerders samen om in deze behoefte te voorzien. TNO participeert onder andere middels het vraaggestuurde programma. De belangrijkste technische vraagstukken hierin hebben betrekking op:

- Data (conditiedata, data-analyse en datastructuur, datagebruik en data-inwinning middels fieldlabs)
- Technische & Functionele restlevensduur (constructieve veiligheid, modelvorming (grond-constructie-interactie) en inspectie- en meettechnieken)
- Eisen aan duurzaamheid en de invloed van veranderende belastingen
- Ontwerpen met innovatieve materialen

Uiteindelijk moet dit leiden tot geïmplementeerde kennis die mogelijkheden geeft voor prioritering van, kostenbesparing bij en spreiding van investeringen in de vervangingsopgave en levenscycluskosten gericht op het functioneren van natte kunstwerken onder veranderende maatschappelijke en klimatologische omstandigheden. Het motto hierbij is: Verstandig Behouden, Slim Vervangen.

2.3 Highlights

Het onderzoek is in 2016 uitgevoerd aan de hand van de drie ontwikkelingslijnen die aansluitend zijn toegelicht

2.3.1 *Grond-constructie-interactie*

Voor de modellering van de interactie tussen de grond en de constructie zijn modellen doorontwikkeld waarmee de veiligheid van dergelijke specifieke onderdelen nauwkeuriger kan worden bepaald. Hiermee kunnen meer realistische faalmechanismen voor complexere constructies worden gesimuleerd en wordt het mogelijk om in vervolgonderzoek ook verborgen reserves mee te nemen in de beschouwing als ook het effect van andere stochasten die van invloed zijn op de veiligheid (waaronder het effect van ruimtelijke spreiding van corrosie en grondeigenschappen). Het ontwikkelde model is gevalideerd aan de hand van de praktijkcase (Haukessluis).

2.3.2 *Monitoring*

Informatie over de werkelijke staat van kunstwerken kan beter inzicht geven in technische restlevensduur van natte kunstwerken, vooropgesteld dat betrouwbare modellen voor het constructie- en systeemgedrag beschikbaar zijn. Uit een uitgevoerde analyse van de oorzaken en de gevolgen van veroudering is geconcludeerd dat de aantoonbaarheid van de technische (rest)levensduur van

natte kunstwerken op (middellange) termijn mogelijk een probleem wordt door (progressief) toenemende schade zoals ASR en wapeningscorrosie. In dit kader is een ARS-model voor met water verzadigd beton ontwikkeld. Validatie van het model is gepland voor 2017. Het ontwikkelen van een monitoringmethodieken voor natte kunstwerken is uitgesteld in de tijd omdat dit sterk afhankelijk is van de resultaten van het hiervoor genoemde onderzoek.

Daarnaast is een deelonderzoek uitgevoerd voor de verbreding van de inzetbaarheid van monitortechnieken op basis van akoestische emissie (AE). Hiertoe is inzicht verworven in het gebruik van draadloze datatransfer en automatisering van de dataverwerking. Tevens is nagegaan in hoeverre de modellen beschikbaar voor orthotrope rijdekken ook toepasbaar is voor andere constructies waarbij scheurvorming in de hoofdconstructie bepalend is voor de veiligheid.

2.3.3 *Innovaties*

Om te verkennen wat de kansen zijn voor composieten in de waterbouw en welke ontwikkelingen nodig zijn om daar grip op te krijgen is een analyse uitgevoerd van de huidige staat van de kennis, ontwikkelingen en praktijkervaringen met toepassingen van VVK in natte kunstwerken. Dit heeft onder andere geresulteerd in een position paper waarin de behoeftes met betrekking tot de kennisontwikkeling om de constructieve veiligheid en (vermoeding)levensduur van composiet constructies te bepalen en verbeteren. Deze position paper is getoetst bij de verschillende belanghebbenden in het domein en vormt de basis voor bepalen van de R&D strategie op dit gebied.

Zoals eerder aangegeven is het onderzoek uitgevoerd is samenwerking met andere partijen zoals Deltares, MARIN en Rijkswaterstaat. TNO heeft hierbij tevens geparticipeerd in het Deltares-project Robamci waarin onder andere de casus *Delfzijl* beschouwd. TNO is hierin nagegaan op welke wijze de vervangingsmomenten van kunstwerken beter kunnen worden geprioriteerd in relatie tot hun functioneren in de diverse systemen (waterkwaliteit, waterveiligheid, scheepvaart, natuur). Hiermee wordt zichtbaar gemaakt met welke nauwkeurigheid informatie over de restlevensduur nodig is om de beslissingen robuust te kunnen nemen

2.4 **Actualisatie/dynamiek**

Het programma Deltatechnologie kent een hoge prioriteit bij alle beheerders van natte kunstwerken. Daarnaast heeft de problematiek een noodzaak tot samenwerking, vooral met Deltares en de beheerders. In het afgelopen jaar zijn enkele bijstellingen in de prioriteiten van het programma gemaakt, maar deze zijn inmiddels redelijk uitgekristalliseerd. Voor 2007 wordt gewerkt aan een intensievere samenwerking in de driehoek, onderzoeksinstellingen, overheden en bedrijven waarbij de TKI Deltatechnologie nog intensiever is betrokken in de vorm van het TKI-project Kennisprogramma Natte Kunstwerken. Dit kennisprogramma omvat Field Experiments van waterbouwkundige constructies waarin relevante technische vraagstukken worden beantwoord aan de hand van full-scale validatieproeven in een praktijkomgeving. Een bijzonder aspect van deze validatietuin is het 'meten, monitoren en inspectie' en het benutten van object-specifieke data voor generieke doeleinden, bijvoorbeeld voor het verbeteren van modellen, monitoringsystemen of data-assimilatiemethoden.

3 P 504 VP Watertechnologie

3.1 Samenvatting

In dit project is nagegaan hoe de expertise van de voormalige expertisegroep Water Treatment verder ontwikkeld en ingezet kan worden in de valorisatie van reststromen uit o.a. de agrofood sector (onderwerp 1). Het plan voor Valorisatie van waterige stromen is gerealiseerd en intern en extern gepresenteerd in de vorm van een PowerPoint (deliverable). Daarnaast is er een plan gemaakt voor de Toolontwikkeling voor de identificatie van waardevolle reststromen gebaseerd op de ERIS tool en dit is vertaald in een projectvoorstel voor de ontwikkeling van een Value Identification Tool. Tenslotte is voor een specifieke case (mest) nagegaan hoe valorisatie van de componenten in mest kan plaatsvinden en welke technologische uitdagingen er liggen. Tevens heeft beperkt experimenteel onderzoek plaatsgevonden met de concentrering van dunne mest d.m.v. membraandestillatie.

Als tweede onderwerp is voor het project WE4CC-II gekeken naar nieuwe technische en economische toepassingsmogelijkheden van Membraandestillatie (DCMD) met gebruik van restwarmte bij het concentreren van sappen en het terugwinnen van waardevolle componenten uit waterige stromen (onderwerp 2). Voor één van de potentieel kansrijke toepassingen – het concentreren van pekelbad uit de kaasbereiding – is een pilot onderzoek op locatie uitgevoerd. Vermeldenswaard is bovendien dat het team van het WE4CC project, de prestigieuze EIT 2016 Innovation Award heeft gewonnen, op basis van uniciteit, innovatie en de marktperspectieven. Deze prijs is uitgereikt aan Norbert Kuipers tijdens de INNOVITEIT 2016 in Budapest.



Figuur: De drie winnaars van de EIT Award 2016 (Budapest, 25 april 2016) geflankeerd door 2 EU-commissarissen. De Innovation Award ging naar het project WE4CC en werd uitgereikt aan Norbert Kuipers van TNO (2^e van rechts).

3.2 Korte omschrijving

Valorisatie van waterige stromen (onderwerp 1)

De afdeling Water Treatment (WT) is per 1 januari 2016 opgeheven en opgegaan in de afdeling Functional Ingredients. Dit heeft ten gevolg dat ook het werkveld (de markt) meer verschoven is naar de Food en Biobased Industrie. Om deze overgang te faciliteren is meer gefocust op de winning van waardevolle stoffen uit waterige stromen. Behalve toepassing in de Food en Biobased Industrie liggen er ook nieuwe toepassingen voor de Circulaire Economie. Het onderzoek heeft zich geconcentreerd op drie onderwerpen:

1. Identificatie van mogelijkheden voor Valorisatie van waterige stromen uitgaande van de bestaande en te ontwikkelen technologie vanuit WT. Dit plan is gerealiseerd en intern/extern gepresenteerd in de vorm van een PowerPoint (deliverable).
2. Er is een plan gemaakt voor de Toolontwikkeling voor de identificatie van waardevolle reststromen gebaseerd op de ERIS (Emergency Risk Inventarisation tool). Dit is vertaald in een projectvoorstel voor de ontwikkeling van een Value Identification Tool (deliverable)
3. Ontwikkeling van een specifieke case voor valorisatie-onderzoek. Aan de hand van mest is nagegaan hoe valorisatie van de componenten in mest kan plaatsvinden en welke technologische uitdagingen er liggen. Tevens heeft beperkt experimenteel onderzoek plaatsgevonden met de concentrering van dunne mest d.m.v. membraandestillatie (deliverable).

Water and Energy for Climate Change (WE4CC-II, onderwerp 2)

Binnen het Climate KIC-project WE4CC-II is in 2015 een start gemaakt met het op laboratoriumschaal verkennen van nieuwe toepassingsmogelijkheden van Membraandestillatie (MD) met gebruik van restwarmte bij het concentreren van sappen (liquid foods) en het terugwinnen van waardevolle componenten uit waterige stromen. Deze lab experimenten zijn in 2016 vervolgd onder andere condities en tevens toegepast op een aantal nieuwe stromen. Voor één van de potentieel kansrijke toepassingen – het concentreren van pekelbad uit de kaasbereiding – is een pilot onderzoek op locatie uitgevoerd.

Laboratoriumexperimenten zijn uitgevoerd met o.a. sinaasappelsap, appelsap, tomatensap, aardappelvruchtwater, suikerwater, melk, mestvloeistof en pekelwater van de kaasbereiding. Het is gebleken dat het technisch goed mogelijk is sappen en andere geconcentreerde waterstromen uit de voedingsmiddelenindustrie vergaand te concentreren. Voor enkele sappen, zoals appelsap bleek het mogelijk in één stap tot een commercieel product (> 60 °Brix) te concentreren. Omdat de viscositeit sterk toeneemt lijkt het wenselijk in de praktijk spacer-vrije membraanmodules toe te gaan passen om de drukval binnen de perken te houden. Naast de moduulvorm is ook het membraantype van essentieel belang. Enkele nieuwe type membranen bleken aanzienlijk betere resultaten te geven met betrekking tot flux en geleidbaarheid van het destillaat.

3.3 Highlights

3.3.1 *Valorisatie van waterige stromen (onderwerp 1)*

Er is samengewerkt binnen TNO met de expertisegroep RAPID (toolontwikkeling Value Identification Tool) en binnen de expertise Functional Ingredients (ontsluitingstechnologie voor cellulose). Extern is aansluiting gezocht bij marktpartijen waar reststromen met waardevolle componenten voorkomen (mestverwerking, zuivel, aardappelverwerking). De toekomstige plaats van deze

discipline binnen de WUR/FBR biedt een netwerk om de technologie voor valorisatie van waterige reststromen verder te implementeren.

3.3.2 *Water and Energy for Climate Change (WE4CC-II)*

Voor het concentreren van (via ultrafiltratie voorgezuiverd) pekkel uit een bad gebruikt bij de kaasbereiding van DOC Kaas zijn verschillende membranen en modules op laboratoriumschaal getest. Twee nieuwe membraantypen, bleken het meest geschikt, vanwege het beperkte vervuiligingsgedrag en productverlies, en de daarmee samenhangende flux en destillaatkwaliteit.

Het onderzoek met pekkelwater is vervolgd op pilotschaal op locatie bij DOC kaas in Hoogeveen. Gedurende een periode van 6 weken is het voorgezuiverde pekkelbad succesvol behandeld op een schaal van 10-20 l/h. Omdat er voor de gebruikte membranen nog geen modules op commerciële schaal beschikbaar zijn, is gewerkt met een experimentele module van 7 m² met een speciaal aangepast PE-membraan. Voor het Pall-membraan kon (nog) geen grotere module gerealiseerd worden a.g.v. zijn specifieke materiaaleigenschappen; daarom is met dit membraan een aanvullende duurproef op labschaal uitgevoerd.

Er is een eerste berekening gemaakt van de kosten van toepassing van MD bij de behandeling van pekkelbadwater, waaruit blijkt dat een terugverdientijd van minder dan 2 jaar mogelijk is. Aanvullende lange duur experimenten zijn noodzakelijk om de technische haalbaarheid beter te kunnen vaststellen.

Bij het nader uitwerken van verschillende business cases is steeds weer gebleken dat de beschikbaarheid van gratis restwarmte essentieel is. Dit geldt zowel voor de bereiding van ketelvoedingwater, de bereiding van drinkwater in combinatie met PVT-panelen bij een hotel in Malta, als in de combinatie met koeling met Dessicants (Tricascade). Wanneer de randvoorwaarden wijzigen, zoals bijv. de bereiding van drinkwater in remote areas, zijn er commerciële mogelijkheden. Als follow-up is een pilot project uitgevoerd in Tanzania, voor de bereiding van drinkwater uit bronwater met een hoog Fluor gehalte

Bij het verkennen van de business cases bij het concentreren van sappen bleek het van groot belang, om bij de sapconcentratie de huidige eindstap van verdamping volledig weg te kunnen laten. Daarmee wordt er geen extra processtap ingevoerd, maar alleen een stap vervangen.

Ook de beschikbaarheid van restwarmte speelt hier een belangrijke rol in relatie tot de economische haalbaarheid.

Het team van het WE4CC project, heeft de EIT 2016 Innovation Award gewonnen, op basis van uniciteit, innovatie en de marktperspectieven. De prijs is uitgereikt aan Norbert Kuipers van projectleider TNO tijdens de INNOVITEIT 2016 in Budapest.

3.4 Actualisatie en dynamiek

De vraag naar technologie voor waterbehandeling verschuift van technologie voor waterzuivering naar technologie voor waterzuivering in combinatie met de valorisatie van de componenten die uit water teruggewonnen worden. Dit zijn o.a. waardevolle metalen en nutriënten, maar ook andere waardevolle componenten uit de agro/food sector, zoals eiwitten. Van belang daarbij is de selectiviteit van de technologie. Waar het bij de waterzuivering vooral gaat om de scheiding van water en overige componenten, is het bij isolatie van componenten voor hergebruik ook van belang om deze componenten zuiver terug te winnen. Dit stelt andere eisen

aan de scheidingstechnologie t.a.v. selectiviteit. Bij de toekomstige ontwikkeling van watertechnologie zullen selectiviteit en energieverbruik belangrijke randvoorwaarden zijn om zowel hergebruik van water als de daarin aanwezige componenten te realiseren.

3.5 Publiciteit

Valorisatie van waterige stromen

- Kuipers, dr. Ir. N.J.M., Value from aqueous streams, PowerPoint TNO, 2016
- Kuipers, dr. Ir. N.J.M., Extracting value from your process streams, flyer, TNO, 2016
- Kuipers, dr. Ir. N.J.M., and Creusen, ir. R., Identification of potential high-value products in side streams: development of value identification tool (vit), project proposal, TNO, 2016

Water and Energy for Climate Change (WE4CC-II)

Wetenschappelijke artikelen:

- Journal of Membrane Science 524, 15 February 2017, Pages 151–162: Membrane Distillation against a pressure difference, L. Keulen, L.V. van der Ham, N.J.M. Kuipers, J.H. Hanemaaijer, T.J.H. Vlugt, S. Kjelstrup (<https://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2016.10.054>)
- Membrane distillation in food industry (draft), N.J.M. Kuipers, J.W. Assink, W.G.J.M. van Tongeren, J.G.H. Brouwer.

Inleidingen/ workshops/congres:

- INNOVEIT 2016 Conference in Budapest on 24-26 April 2016
- Climate Innovation Experience – Klimaat Innovatie in Nederland: Succesvolle start-ups en innovatieprojecten in de spotlight, (29 november 2016, Utrecht)
- Innovators factsheets - Norbert Kuipers - WE4CC-II:

<https://eit.europa.eu/interact/bookshelf/innovators-factsheets-norbert-kuipers-we4cc-ii>

Media aandacht winnen Innovation Award (een kleine selectie!):

1. <http://drimble.nl/dossiers/onderneming-zzp/35408305/nederlandse-innovaties-winnen-eit-awards.html>
2. <http://www.watervisie.com/watervisie/nieuws/nieuws/nederlandse-innovaties-winnen-eit-awards.166029.lynkx>
3. <http://www.utilities.nl/nederlandse-innovaties-winnen-eit-awards.166029.lynkx>
4. http://www.telegraaf.nl/dft/ondernemen/25690807/Internationale_erkenning_voor_Hollandse_innovatie_.html
5. <https://www.tno.nl/en/about-tno/news/2016/4/tno-project-wins-eit-innovation-award-2016/>

Ook het internationale persbericht is hier en daar opgepikt:

1. <https://era.gv.at/object/news/2583>
2. <http://www.internationalinnovation.com/changing-the-world-one-invention-at-a-time/>

3. <http://businessinnovation.media/2016/04/26/european-entrepreneurs-recognised-at-eit-awards-innoveit-2016/>

TV interview naar aanleiding van het winnen van de Innovation Award:
<http://webtv.ert.gr/ert3/22mai2016-allert3/>

Video: <https://www.youtube.com/watch?v=BvLO79s8F9k>

Photos from the event:
<https://www.flickr.com/photos/eiteu/albums/72157665252218704>

Rapporten

Onderstaand een lijst van rapporten die zijn opgeleverd voor het totale project. Van de rapporten waarachter staat 'Finalisation' was in 2015 al een draft beschikbaar. Deze zijn in 2016 afgerond.

PROPOSAL PROJECT PLAN WE4CC-II	FINALISATION IN 2016 / DELIVERABLES IN 2016
<i>WP1: Preparation & selection of demo cases for membrane distillation and desiccants recovery</i>	
D 1.8.1: Performance report Memstill®/MD-HEX (TNO)	Finalisation
D 1.8.2: Performance report desiccant unit (TU-Berlin)	Finalisation
D 1.8.3 Performance report Memstill®/MD-HEX for Food Applications (TNO)	Final Report WP1: Preparation and selection of MD demo plant (cases) food processing (D1.8.3)
<i>WP2: Demonstration of demo plants for selected potential business cases</i>	
D 2.10.1 Final Report Demonstrator 1: Memstill® for Production of High Pressure Boiler Feed at Power Plants (Amercoeur)	Finalisation
D 2.10.2.Final report Demonstrator 2: Memstill® for Production of Drinking Water by Seawater Desalination	Finalisation
D 2.10.3 Report Demonstrator 3: Desiccant recovery for Climate Control at Botanic Garden Berlin	Finalisation
D 2.10.4 Report Demonstrator 4: Desiccant recovery for Climate Control at Building, Campus TU Berlin	Finalisation
D 2.10.5 Report Demonstrator 5: Memstill® for Food Application	

<i>WP3: Business development and market entry implementation</i>	
D 3.1 Business development and market plan: demi-water production in power plants	D 3.1 Business development and market plan for demi-water production in power plants
D 3.2 Business development and market plan: drinking water by desalination of seawater for solar PVT	D.3.2 Business development and market plan for drinking water production from seawater combined with PVT systems
D 3.3 Business development and market plan for desiccant systems	D.3.3 Business development and market plan for desiccant systems
D 3.4 Business development and market plan for new value chains for waste heat-water-air networks	D.3.4.1 Demo and business development and market plan for Memstill® in food applications
	D.3.4.2 Business development and market plan for Memstill® - desiccant recovery - PVT(tri)-cascade

4 P311 VP Maritiem en Offshore

4.1 Samenvatting

Nederland is een knooppunt voor ontwerp, aanleg, beheer en onderhoud van maritieme en offshore systemen. Hierbij speelt de Noordzee een uiterst belangrijke rol. Jarenlang is zij al een bron van fossiele brandstoffen, maar deze maken steeds meer plaats voor duurzame hernieuwbare energiebronnen zoals getijdenenergie en offshore windenergie. TNO draagt bij aan de transitie naar een flexibele en robuuste offshore energievoorziening door het ontwikkelen van kennis en technologie voor de Nederlandse en internationale maritieme en offshore industrie waarmee hun technologische toepositie en hun concurrentiepositie wordt versterkt. Ook bevordert TNO de inbreng van duurzame en veilige oplossingen waarmee het belang van de samenleving als geheel wordt gediend. In dit kader adviseert TNO de overheid met onafhankelijk onderzoek en nieuwe regelgeving.

Het Vraaggestuurde Programma (VP) Maritiem & Offshore voor de periode 2015 - 2018 voert toegepast onderzoek uit binnen de Topsectoren Water en Energie. Dit toegepast onderzoek richt zich bij de Topsector Water op de Innovatiethema's Winnen op Zee, Schone Schepen, Slim en veilig varen en Effectieve Infrastructuur. Bij de Topsector Energie richt het toegepast onderzoek zich op Offshore Wind en systemen die gericht zijn op het verkrijgen van energie uit water.

De focus van TNO is in dit VP gericht op het realiseren van maritieme technologische innovaties ten behoeve van de sector, waarbij het doel is om het ontwerp, de ontwikkeling en de operatie van maritieme systemen op zee, veiliger, duurzamer en meer kostenefficiënt te realiseren.

In het afgelopen jaar 2016 heeft TNO een bijdrage geleverd door middel van het vraaggestuurde programma aan de maritieme en offshore industrie in en buiten Nederland door het realiseren van vraaggestuurd onderzoek op diverse fronten. Dit onderzoek komt voort uit de programmaliijnen, Asset Integrity en Asset Operations, die gericht zijn op respectievelijk: duurzaamheid, efficiency en veiligheid. Er bestaat ook een sterke binding met de Early Research Programma's binnen TNO.

In 2016 is verder ingezet op het topsectorenbeleid. Ofschoon de contractuele juridische kanten veelal complexer worden bij samenwerking met meerdere partijen in een "Joint Industry setting (JIP)" zijn met succes diverse grotere projecten in JIP verband geacquireerd. Samenwerking in de keten (Universiteiten, Toegepaste onderzoeksinstellingen en Industrie) alsook de samenwerking op multidisciplinair gebied met andere TO2 instellingen als ECN, MARIN, DELTARES en ook IMARES en NLR leveren steeds meer rendement op output en multidisciplinaire resultaten.

Aan de hand van de aandachtsgebieden, veilige betrouwbare assets, slimme monitoring en sensor systemen en veilige manier van samenwerken op basis van optimale inzet van mens en materieel, is in 2016 ingezet vanuit kennisinvesteringsmiddelen. Op basis van Joint Industry Programma's en passende Europese H2020-initiatieven is naar behoefte passende contra-financiering ingezet.

De samenwerking in de sector is ook in het afgelopen jaar positief ondersteund door verdere invulling van het topsector beleid en middels diverse fora, zoals het Maritiem Kennis Centrum (MKC) en de Nederland Maritiem Land Innovation Council (TKI Maritiem). In de thema's van het Innovatiecontract Maritiem van de

topsector Water / Maritiem t.w. *schone schepen, slim en veilig varen, winnen op zee, efficiënte infrastructuur*, zijn diverse aansprekende projecten in nationaal en Europees verband tot stand gebracht. In het afgelopen jaar is binnen de projecten meer en meer aandacht voor een veilige, efficiënte en duurzame exploratie en exploitatie van de oceanen. In de European Council for Maritime Applied R&D (ECMAR) en de contractual Public Private Partnership in oprichting, "Vessels for the Future", wordt op een belangrijke manier bijdrage gegeven aan de kennisvraagsturing vanuit de markt in Europees verband.

4.2 Korte Omschrijving

Binnen de Innovatiecontracten TKI Water en TKI WoZ zijn een aantal kennisvragen benoemd. Een wezenlijke bijdrage aan de benodigde kennisontwikkeling is op hoofdlijnen vastgelegd in de TNO Energievisie 2030. Voor de Maritieme & Offshore sector zijn de speerpunten "*Zuinig en schoon onderweg*" en "*De Noordzee als kraamkamer voor duurzame offshore energie*" het meest van toepassing.

Om dit mogelijk te maken werkt TNO langs diverse lijnen aan de benodigde kennisontwikkeling:

- (Inter)nationale samenwerkingsprogramma's: H2020 / EFRO / Interreg / STW / JIP
- Grootschalige samenwerkingsverbanden op basis van vraagsturing: MUST, DOTC, I-BOTICS en GROW
- Multidisciplinaire TNO Early Research Programma's (ERP): o.a. Structural Integrity, Human Enhancement
- Specifieke Kennis Innovatieprogramma's die aansluiten bij de Research en Onderwijsagenda van de Maritieme Cluster (zie figuur 1)



Figuur 1 Innovatie Agenda van de Maritieme Cluster

In de roadmap van Maritiem & Offshore: Blue Growth+ is het programmatisch onderzoek verder omschreven. Het doel is om in het komende jaar verder bij te dragen aan een *nuttige invulling van het ruimtelijk gebruik van de Noordzee* door verlaging van emissies en verduurzaming van maritiem transport door het ontwikkelen van een modelinstrumentarium waarmee enerzijds energiezuinig kan worden gevaren en anderzijds via technische maatregelen de CO₂ emissies kunnen worden geminimaliseerd.

Bij het *milieuvriendelijk resilient ontwerpen en installeren* zal voor het verbeteren van de levensduur van offshore energie-infrastructuur en installaties worden gezocht naar alternatieve materialen die bestand zijn tegen maritieme condities (bijvoorbeeld bio- corrosie-vermoeiing), gebruik van hoge-sterkte staal, alternatieve verbindingen en het gebruik van composieten en “*self healing materials*”.

Om *efficiënte en veilige operaties* te realiseren zal het onderzoek ingezet worden om onderhoudskosten significant te reduceren. Hierbij wordt het onderzoek specifiek ingezet op “*condition-based maintenance*” en “*monitoring*” technologie waarbij gericht onderhoud wordt uitgevoerd op basis van informatie uit nieuwe optische en akoestische sensortechnieken die met multiscale-modellen vertaald worden naar verwachte ontwikkeling van defecten en risico's.

Tot slot zal het onderzoek worden ingezet op verdere analyse van de kansen voor het verder *integreren van diverse energievormen* bij combinatievormen tussen offshore wind met gaswinning op zee en de aanwezige infrastructuren. TNO M&O investeert in de meerjarige kennisontwikkeling met de Early Research Programs (ERP's) Structural Integrity en Human Enhancement om een sterke vraaggestuurde technologiebasis te leggen voor de samenwerking in bovengenoemde JIC's en consortia.

4.3 Highlights

De belangrijkste innovatie doorbraken en resultaten zijn bereikt op projecten met een focus op de onderstaande onderwerpen, die geleid hebben tot een versterking van de kennisportfolio:

- Oplossingen voor vraagstukken om emissie-loos gasuitstoot en geluid te bereiken;
- Het beschikken van informatie over onderwateromstandigheden aan de hand van sensoren (netwerken) en monitoringssystemen en het communiceren onderwater;
- De interactie tussen ecosystemen en constructies op zee bijv. t.b.v. aqua-farming;
- Betrouwbaar, veilig en voorspelbaar gedrag van constructies en materialen.
- Voorspelbare oplossingen van ontwerp tot realisatie. Het ontwikkelen van innovatieve, holistische scheepsontwerp optimalisatie methoden, waarbij alle belangrijke ontwerp functionele eisen, beperkingen en prestatie-indicatoren worden beschouwd wordt samen met 40 Europese partners opgepakt (www.holiship.eu);
- Ook is gekeken naar kansen vanuit innovatieve oplossingen bij nieuwe wet- en regelgeving.

Steeds extremere omstandigheden (afmetingen, koude, druk/diepte en ontwerpoptimalisaties) dagen uit op:

- Het verkennen van toepassingen met nieuwe materialen zoals composieten in het licht van “Smart Industries” en voorspelbare inzet van hoge sterkte stalen onder extreme omstandigheden;
- Het veilig implementeren van MEGA constructies die t.g.v. hun grootte buiten de normen vallen;
- Kostenverlagende oplossingen voor Offshore Renewable Energy (wind, getijde en golfenergie).

Hierbij richten wij ons op de constructieve aspecten en de mens-machine interactie bij (onderwater) robotica ten behoeve van onderhoudswerkzaamheden op zee;

- Het versterken van de betrouwbaarheid van mens-machine/robotica systemen (resilient engineering en design) teneinde ongewenste situaties voor schip en bemanning te voorkomen en catastrofale effecten zoveel als mogelijk te vermijden;
- Het ontwikkelen van oplossingen op autonoom varen en het gebruik maken van de datageneratie van steeds meer componenten en systemen aan boord.

Een overzicht van de projecten zijn onderverdeeld in:

Asset Integrity

TKI-projecten: WoZ SLOWIND; HTSM- composite joint; WoZ MONITOR; WoZ MIMIC; Top Chain Localised Mooring; WoZ fatigue life prediction

EUropees: H2020 Real Time Mining; EUROS STW program uncertainties in offshore; JOULES; FP7 SAFEPEC; WALID

Divers: NDE-fracture; AFSuM-2; Material Transitions Program; Blue Mining Project; RAMAN- LIBS

Asset Operations

TKI-projecten: GAS- CEMS; WoZ Offshore Maintenance

EUropees: MESA/ECMAR Societal trends ; Transport MG9.6 2014 Strengthening the research and innovation strategies of the transport industries in Europe

Divers: MIIP Tidal monitoring DIDSON; MIIP Wireless Autonomous Underwater Robots; Smart and Networking Underwater Robots

Een aantal partijen die bij deze projecten zijn betrokken zijn:

Industrieel: IHC, RH Marine, Wärtsilä, Voith, SIRENHA, STX Europe, Gdansk Shipyard, Fincantieri, Meyer Werft, Pon Power, Vacon Benelux, Corrosion & Water Control, Heerema, Allseas, Huisman, Gusto MSC, Bluewater.

Universiteit/Kennisinstelling ed.: Technical University of Delft, University of Newcastle, Technical University of Denmark, Chalmers University of Technology, University of Strathclyde & Southampton, Fraunhofer, Marin, Imares, CNTI, CMT, Bureau Veritas, ABS, RWS, ECN.

Om een wereldwijde technologische toppositie te realiseren en te behouden zijn er ten behoeve van het onderzoek en ontwikkelingsactiviteiten adequate faciliteiten nodig. Hiermee kan TNO samen met relevante partners een belangrijke bijdrage leveren aan de benodigde innovaties in de maritieme cluster.

Om de bestaande kennisbasis in Nederland verder te versterken is het samenwerkingspotentieel met kennisinstellingen en bedrijven in 2016 verder uitgebouwd om de komende jaren te renderen in grootschalige samenwerkingsverbanden.

Waaronder:

- **GROW**. Maritieme en Offshore betrokkenheid bij duurzame energiewinning op zee is onmiskenbaar. GROW, "Growth through Research, development & demonstration in Offshore Wind", zet in op verdere samenwerking en onderzoek op duurzame energie. TNO M&O heeft in 2016 actief bijgedragen aan de totstandkoming van en de programmatische invulling van het GROW programma.
- **iBotics**, dit is een open innovatiecentrum voor onderzoek en ontwikkeling op interactie en robotica. Het onafhankelijke onderzoekscentrum is opgericht door TNO en de Universiteit van Twente en is gericht op het ontwikkelen van kennis en technologie voor maintenance, service en repair

systemen met een toegevoegde waarde vanuit Robotica oplossingen, waaronder exoskeletons en tele-robotica.

- **DOTC**, het Dutch Ocean Technology Center waarbij de TUD en TNO het initiatief nemen om samen te werken op constructies en materialen onder extreme omstandigheden. Deze publiek private samenwerking met de TU-Delft, kennisinstellingen en de Industrie beoogt het benutten van bestaande en nieuwe unieke faciliteiten en het versterken van de kennisinfrastructuur om materialen en constructies veilig en kostenefficiënt in te zetten.
- Het **MUST / Maritime consortiUm** for environmental Science & Technology, een samenwerkingsinitiatief met NIOZ, Imares en Deltares;

Daarnaast participeert TNO M&O in de meerjaren Early Research Programs. In deze ERP-programma's wordt naast kennisontwikkeling de industriële participatie in "use-cases" voorzien. De ERP's waarin actief wordt geparticipeerd zijn: Structural Integrity, Making Sense of Big Data, Human Enhancement. In deze kennisontwikkelingsprogramma's zijn doorsnijdingen met andere domeinen en technologieën voorzien. De synergie wordt gezocht met Defensie (betrouwbaarheid en voorspelbaarheid en operaties op zee), Infrastructuur (voorspelbare en veilige constructies), Mobiliteit (autonome systemen en emissie) en het Offshore olie en gasdomein t.b.v. materialen en constructies onder extreme omstandigheden. Kennisontwikkeling en vernieuwing vraagt ook om vernieuwing op (experimentele) validatie. Vanuit TNO M&O is daarvoor een bijdrage geleverd aan de Nationale Roadmap Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur.

Door deze initiatieven zijn wij in staat om met onderzoek en ontwikkeling te anticiperen op belangrijke trends in de sector zoals: Autonoom varen, Smart Maintenance en Smart Industry en in te spelen op de kennisbehoefte zoals opgenomen in de in 2016 gepresenteerde Blauwe Route van de Nationale Wetenschapsagenda (NWA)

4.4 Actualisatie/dynamiek

De belangrijkste ontwikkelingen die een wijziging geven ten opzichte van het oorspronkelijke plan 2015 – 2018 zijn in het kort de volgende:

Meer en versneld ingezet op langdurige samenwerking met ketenpartners via grotere initiatieven zoals: MUST, DOTC, iBOTICS en GROW.

Meer koppeling met de fundamentele onderzoekkant in programma's gecreëerd: STW, bijv. EUROS programma (OW) en BONDING (Composieten).

De huidige ERP's binnen TNO zijn specifiek gericht om vraaggestuurde technologie ontwikkelingen uit de markt te accommoderen. De ERP's Structural Integrity en Human Enhancement zijn door hun opzet en inhoud en koppeling met de use-cases met de industrie een springplank geworden voor deelname in diverse consortia.

Meer focus op Offshore Wind / hernieuwbare energievormen.

Minder focus op Diepzee en Arctische ontwikkelingen.

De Nationale Wetenschapsagenda heeft ons meer richting gegeven in de samenwerking op de Blauwe Route (partners TO2- NWO), waarin we ons richten op

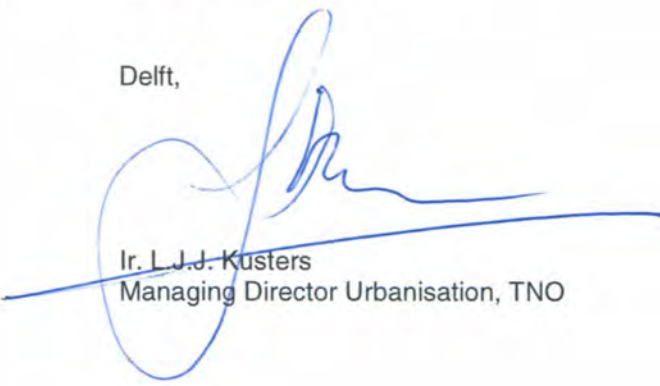
het beter Begrijpen, Benutten en Beschermen van oceanen, zeeën, delta's en rivieren.

Vanuit de TNO Energievisie is meer specifieke aandacht ontstaan voor systeemintegratie op zee. Hierbij vindt er een koppeling plaats op infrastructureel gebied tussen het Gas en Offshore Wind domein.

Topsector overschrijdende initiatieven op het gebied van composieten en lichtgewicht materialen en constructies hebben de focus verder verlegd richting Materials for Extreme Conditions (MEC) en de behoefte versterkt voor nieuwe experimentele faciliteiten.

5 Ondertekening

Delft,



Ir. L.J.J. Kusters
Managing Director Urbanisation, TNO