

# TO<sub>2</sub>MORROW

Magazine over resultaten uit het Open Innovatie Netwerk

2023

**TO<sub>2</sub>** federatie

De samenwerkende organisaties  
in toegepast onderzoek

**TNO** innovation  
for life



**MARIN**  
BETTER SHIPS, BLUE OCEANS



**nlr** Dedicated to innovation in aerospace



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH



**Deltares**



# Inhoud

- 3 **Voorwoord**
- 4 **Overzicht van de instituten**

## Thema Energietransitie en duurzaamheid

- 6 Stikstofoplossingen dankzij preciezer meten
- 9 Minder stikstofuitstoot door emissieloos bouwen
- 11 Op zoek naar de klimaat-optimale vlucht

## Thema Landbouw water en voedsel

- 14 Veilig over weg, water en spoor
- 16 Wat kan waar wel bij de inrichting van Nederland?
- 19 Goed zaaizaad geeft betere oogst
- 21 Minder veenafbraak door boeren bij hoog water

## 23 **Korte berichten**

## Thema Gezondheid en zorg

- 27 Verfijnd medicijnonderzoek dankzij hart-longmachine en varkensorganen

## Thema Veiligheid

- 29 IEDs bestrijden met Augmented Reality
- 32 Containerverlies op zee aanpakken
- 35 Explosieve groei voor munitie met 3D-printers
- 38 Noors-Nederlandse nanosatellieten brengen veiligheid op hoger plan
- 41 TO2 Digilab: bundelen van gezamenlijke denkkracht

## Thema Sleuteltechnologieën

- 44 F-serie scheepsschroeven draaien om efficiëntie
- 46 DNS Analysis speurt naar wereldwijde cyberaanvallen

## InnovatieExpo

- 48 Van vervuilende naar duurzame elektronica
- 50 Lichtere vliegtuigen met 'romp' van thermoplast
- 53 Met meer informatie biobased bouwen stimuleren
- 55 Drijvende steden om Nederland leefbaar te houden
- 57 Grip op het baggerslib

Beste lezer,

**W**elke innovatieve oplossingen dragen bij aan een duurzame, schone en veilige toekomst voor Nederland? En hoe kunnen bedrijven blijven groeien en innoveren, zodat Nederland welvarend blijft? Antwoorden op deze en andere vragen kunt u lezen in alweer de achtste editie van TO2MORROW, de jaarlijks impactrapportage van organisaties voor toegepast onderzoek, de zogenoemde TO2-instellingen.

U kunt u laten inspireren door mooie voorbeelden, zoals het versnellen van emissievrij bouwen om de CO<sub>2</sub>-uitstoot te verminderen. Of het ontwikkelen van kwaliteitszaden van gewassen om wereldwijd de voedselproductie te verhogen.

Ik ben enorm trots op al het werk dat onze TO2-instellingen doen. Mede dankzij hen behoort Nederland tot de top van de Europese innovatielanden – door dag in dag uit te werken aan baanbrekende ideeën en concrete vernieuwingen.

We blijven als land investeren in onderzoek en innovatie, zowel door de overheid als door het bedrijfsleven. We willen onze kennis nog meer benutten en gebruiken voor allerlei toepassingen, in de zorg, in de energie, in de landbouw. Dat is goed voor Nederland, en voor onze planeet. En we werken daarmee ook aan de banen van

de toekomst. De TO2-instellingen hebben hierin een cruciale rol. Samen bouwen we zo aan een toekomst waarin Nederland blijft schitteren als een innovatieleider.

Ik wens u veel leesplezier,

*Micky Adriaansens,  
Minister van Economische Zaken  
en Klimaat*



In het onderstaande overzicht geven elk van de instituten, die deel uitmaken van de T02-federatie, een samenvatting van hun belangrijkste werkterreinen en de sleuteltechnologieën die ze ontwikkelen en toepassen.

## De T02-federatie bestaat uit:

### Deltares

#### Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we vanuit een systeembenadering aan slimme innovaties en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij. Deltares kent een unieke combinatie van hoogopgeleide medewerkers, innovatieve sleuteltechnologieën, unieke experimentele faciliteiten en specialistische open source software. Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze 'diepe' kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. Samen met onze partners. We gaan aan de slag met de maatschappelijke uitdagingen van nu én de toekomst. Vanuit het perspectief van water en ondergrond, inclusief infrastructuur, werken we vanuit vier perspectieven: Toekomstige, Duurzame en Veilige delta's, en Veerkrachtige infrastructuur.

Deltares | Enabling Delta Life



BETTER SHIPS, BLUE OCEANS

#### MARIN

Het Maritime Research Institute Netherlands (MARIN) doet onderzoek in hydrodynamica, maritieme (zero-emissie) technologie en operaties met simulaties, modeltesten, ware-groottemetingen en training. MARIN richt zich hierbij op de scheepsbouw, scheepvaart, offshore-industrie en overheden. Hierbinnen besteedt MARIN aandacht aan de volgende maatschappelijke thema's van het missiegedreven innovatiebeleid: energietransitie en duurzaamheid; landbouw, water en voedsel; en veiligheid. Sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie en autonomie & decision support.



Dedicated to innovation in aerospace

#### NLR

Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR) verbindt wetenschap, bedrijfsleven en overheid in Nederland en internationaal. De kennisorganisatie verricht toegepast onderzoek binnen de marktsegmenten: industrie, civiele luchtvaart, ruimtevaart en defensie. De werkzaamheden van NLR beslaan daarbij het volledige spectrum van 'Research Development Test & Evaluation' (RDT&E). Binnen het missiegedreven innovatiebeleid richt het onderzoek van NLR zich op de maatschappelijke thema's energietransitie en duurzaamheid en veiligheid. Voorbeelden van sleuteltechnologieën die bijzondere aandacht krijgen zijn kunstmatige intelligentie, augmented/virtual reality, digital twin en geavanceerde materialen (bijv. composieten en 3D metaal printen).



## Vervolg ►

## De TQ2-federatie bestaat uit:



## TNO

De Nederlandse organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) heeft als missie het verbinden van mensen en kennis om innovaties te creëren die het welzijn van de samenleving en de concurrentiekracht van bedrijven duurzaam versterken. TNO gelooft in gezamenlijke creatie van waarde in economische én maatschappelijke termen en richt zich, samen met partners, op innovaties voor zes domeinen: Mobiliteit en de Bebouwde Omgeving, Energie- en Materialentransitie, Defensie en Veiligheid, Gezond Leven en Werk, Hightechindustrie; ICT, Strategie en Beleid.

Het ontwikkelen en toepasbaar maken van sleuteltechnologieën is een van de kernactiviteiten van TNO binnen deze domeinen. Denk hierbij aan fotonica, nano- en kwantumtechnologie. Maar ook aan nieuwe vormen van productie-, materiaal- en chemische technologie. Sleuteltechnologieën worden gekenmerkt door een breed

toepassingsgebied of bereik in innovaties en sectoren. Ze zullen de manier waarop we leven, leren, innoveren, werken en produceren ingrijpend veranderen. Sleuteltechnologieën zijn essentieel bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen, zoals veiligheid, energie en zorg. Ook maken sleuteltechnologieën baanbrekende proces-, product- en diensteninnovaties mogelijk en leveren daarmee een grote bijdrage aan de economie, het ontstaan van nieuwe bedrijvigheid en nieuwe markten, het vergroten van de concurrentiekracht en het versterken van de banengroei.



## WUR

Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research. Onze ruim 7.600 medewerkers en 13.100 studenten uit meer dan honderd landen werken in ons domein van gezonde voeding en leefomgeving overal ter wereld, zowel voor overheden als voor het bedrijfsleven. De missie van Wageningen University & Research is "To explore the potential of nature to improve the quality of life". De kracht van Wageningen University & Research ligt in de bundeling van gespecialiseerde onderzoeksinstituten en de universiteit én in de samenwerking vanuit verschillende natuur-, technologische- en maatschappijwetenschappelijke disciplines. Daardoor kunnen wetenschappelijke doorbraken snel naar de praktijk en in het onderwijs worden vertaald. Wageningen Research is onderdeel van de TQ2-federatie en bestaat uit meerdere onderzoeksinstituten, die actief zijn op de thema's

Food & Biobased Research, Bioveterinary Research, Livestock Research, Marine Research, Economic Research, Environmental Research, Plant Research en Food Safety Research. ■

# Stikstofoplossingen dankzij preciezer meten

In het oog van de stikstofstorm onderzoeken wetenschappers, natuurbeheerders, boeren en omwonenden samen het kwetsbare natuurgebied Liefstingsbroek. Nergens in Nederland wordt zó intensief gemeten waar stikstof vandaan komt, hoe het zich verspreidt en waar het neerkomt. Een leerproject in techniek en vertrouwen. ►

*Peter Laloli  
van TNO.*



## TNO, WUR

**?! Probleem:** boeren die hun bedrijf moeten aanpassen of stoppen, natuur die achteruit holt. Stikstof houdt Nederland in zijn greep. Om tot goede oplossingen te komen moeten we precies weten waar stikstof vandaan komt en neerkomt en in welke hoeveelheden.

**💡 T02-oplossing:** in een pilot worden meetmethoden, meteorologische data én informatie over agrarische activiteit gecombineerd. Daardoor ontstaat een veel completer beeld van stikstof in een omgeving dan met bestaande modellen. De onderzoekers, boerenbedrijven en natuurbeheerders leveren data, die alleen kunnen worden gebruikt voor de afgesproken doelen. TNO ontwikkelde hiervoor het systeem Data Spaces.

**📄 Impact:** deze pilot 'Maatwerk met Meetwerk' in natuurgebied Liefstinghsbroek moet meetresultaten opleveren op basis waarvan een commissie de provincie Groningen adviseert over oplossingen voor betere natuurbescherming in combinatie met agrarische activiteit. Dit kan een standaard meetnet worden voor stikstof-hotspots in Nederland en is een voorbeeld van een goede samenwerking tussen kennisorganisaties en overheden.



Het Liefstinghsbroek is een oeroud, drassig natuurgebied met loofbomen en graslanden, deels gelegen langs het riviertje de Ruiten Aa. Dit twintig hectare tellende Groningse Natura2000-gebied is gevoelig voor stikstof. Maar de stikstofproblematiek raakt ook bedrijven in de omgeving. Zij verkeren in grote onzekerheid over de toekomst, omdat de vergunningverlening stil ligt. Als de natuur herstelt, kan ook de vergunningverlening weer op gang komen. Daarom heeft de provincie Groningen de Adviescommissie Gebiedsgerichte Aanpak (GGA) Stikstof Liefstinghsbroek ingesteld. Deze commissie laat extra stikstofonderzoek doen en spreekt met gebiedspartners, boeren en omwonenden voor advies aan de provincie over lokale oplossingen. Onderdeel is de pilot 'Maatwerk met meetwerk', waarin onder leiding van TNO onderzoekinstellingen, zoals Wageningen University & Research (WUR), natuurbeheerders, bedrijven en omwonenden samenwerken.

### Leerproject

Op geen enkele andere plek in Nederland wordt momenteel zo fijnmazig gemeten, zowel in tijd als in oppervlakte, waar stikstof vandaan komt (emissie), hoe het zich verspreidt (concentratie), waar het neerkomt (depositie) en in welke hoeveelheden. Het project meet ook andere factoren die stikstofdata beïnvloeden, zoals agrarische activiteiten, het weer en het type begroeiing. Verspreid over

*'Hoe preciezer we dit weten, hoe meer we tot effectieve oplossingen kunnen komen.'*

het gebied staan en hangen zo'n twintig meetinstallaties met verschillende meetmethoden: bijvoorbeeld in en om stallen en op tal van plekken in en rond het natuurgebied. Voor het meten worden naast gevalideerde methodes ook nieuwe technieken gebruikt, zoals ammoniaksensoren.

### Emoties

Peter Laloli van TNO is projectleider van deze pilot. Hij is de schakel tussen de partners in het project en de adviescommissie. Maandelijks presenteert hij meetresultaten in de meetwerkgroep. 'Ik werk graag aan projecten met maatschappelijke impact en op het randje van wat technisch en financieel kan.' Maar hij werkt ook graag in de luwte en dat is bij dit stikstofproject wel anders. 'Overall zit spanning op. Het gaat ook over mensen die misschien niet kunnen doorgaan met hun huis of bedrijf. Emoties bleven ook in dit project niet achterwege. Laloli heeft daar begrip voor. Toch werkt iedereen goed samen, wat dit project extra bijzonder maakt. 'Dit gebied kent een lange traditie van samenwerken.' ▶

## TNO, WUR

► **Vertrouwen**

Laloli kiest zijn woorden zorgvuldig. Dit doet hij bewust, want meer nog dan om techniek en wetenschap, draait deze pilot om vertrouwen. 'Op boerenerven staat meetapparatuur. Boeren registreren ook hun activiteiten. Zo kunnen we verbanden leggen.' Neem het tijdstip waarop agrariërs hun mest uitrijden op het land. Dit is van invloed op de verspreiding en depositie van stikstof. Soms vertellen de data iets over agrarische activiteit. Laloli kan dan een deelnemer aan het project extra informatie vragen. 'Dit kan alleen als die erop kan vertrouwen dat ik die informatie niet gebruik voor andere doeleinden.' Laloli investeert veel tijd in de vertrouwensband tussen de partners. Hij bezocht met een collega elke deelnemer thuis, en elke twee maanden praten ze iedereen bij over wat de onderzoekers uit de metingen halen. 'Iedereen mag alles aan mij vragen. Maar ik ga niet vertellen welke waardes de buurman heeft en wat hij doet.' De kracht van dit pilotproject schuilt ook in de waarde van de data zelf. Laloli: 'Boeren willen zelf weten hoe het zit, omdat de meetdata inzicht geven in hoe ze zelf hun bedrijfsvoering kunnen verbeteren.'

**Onafhankelijke positie**

Ook het door TNO ontwikkelde databeheersysteem, Data Spaces geheten, is gericht op vertrouwen tussen de partners in het project. Zij kunnen dankzij een door TNO ontwikkeld dashboard de data gebruiken, maar alleen voor de afgesproken doelen. Data Spaces is gebaseerd op de International Data Spaces (IDS) standaarden in combinatie met open source componenten. Dit systeem van afspraken waarborgt ook dat de data kloppen en veilig worden gedeeld. Laloli benadrukt de onafhankelijke positie van de onderzoekers in dit project. Het draait om het ontwikkelen van een goede meetmethode en een betrouwbaar databeheersysteem. 'Maar we adviseren niet over de maatregelen die nodig zijn in Liefstingsbroek. Dit doet de Adviescommissie die op basis van kennis uit het project de provincie Groningen adviseert.' Het project is nu een jaar bezig. Veel mag Laloli niet kwijt over de eerste meetinzichten. Wel kan hij zeggen dat je nu al kan zien hoe stikstof zich verspreidt bij specifieke agrarische activiteiten, zoals het openen van een mestsilos, het mixen van mest en het werk op het land. 'Hoe preciezer we dit weten, hoe meer we tot effectieve oplossingen kunnen komen.' ■



Peter Laloli geeft in het radioprogramma *Vroege Vogels* van 4 juni 2023 uitleg bij het meetproject in en rond natuurgebied Het Liefstingsbroek.



**Wie:** TNO en OnePlanet Research Center, de Universiteit van Amsterdam, Wageningen University & Research en het RIVM in samenwerking met onder meer agrarische bedrijven, LTO, Prolander, natuurbeheerders (Natuurmonumenten), omwonenden, de gemeenten Westerwolde en

Stadskanaal, het waterschap Hunze en Aa's en de provincie Groningen.

**Looptijd:** 2022 tot eind 2024.

**Budget:** 1,2 miljoen euro, gefinancierd door het ministerie van LNV en de provincie Groningen.

**Vervolg:** TNO werkt ook aan een meetpilot in de provincie Gelderland rond stikstofhotspot Food Valley. Het wil uiteindelijk de aanpak overdragen aan marktpartijen om nieuwe meetnetwerken op te zetten. TNO en partners ontwikkelen de technologie verder.

Meer lezen over dit project:





A modern, two-story wooden house is under construction in an industrial setting. The house features a prominent wooden frame and is labeled with 'WATER' on the upper level and 'EARTH' on the lower level. The background shows a large, multi-story industrial building with many windows. The sky is blue with some clouds. In the foreground, there is a wooden bench and some construction materials.

# Minder stikstofuitstoot door emissieloos bouwen

Een complete woning kant-en-klaar uit de fabriek. Het is een van de manieren waarop de bouwsector de stikstofcrisis het hoofd kan bieden, met dank aan de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen. TNO is kennispartner in een aantal projecten en levert de regisseur die samen met alle partijen vormgeeft aan de verschillende manieren van innoveren. ►



## TNO

**?! Probleem:** in Nederland is een groot gebrek aan woningen, in 2024 loopt dat tekort op naar 317.000 huizen. Hoe kunnen we zo snel mogelijk veel extra woningen realiseren, zonder daarbij de CO<sub>2</sub>- en stikstofnormen te overschrijden? Dat is de grote uitdaging waar de Nederlandse bouwsector voor staat.

**💡 TO2-oplossing:** versnellen en emissieloos bouwen onder leiding van een programma van BZK, aangestuurd door TNO. Binnen dit programma wordt de uitstootlocatie verplaatst door meer prefab te gaan bouwen. Daarmee kunnen sneller en efficiënter woningen worden neergezet op de eindlocatie (vroeger bouwplaats).

**📄 Impact:** het consortium Schoon en Emissieloos Bouwen groeide in 2022 fors, van rond vijftig naar ruim honderd bedrijven uit de bouwsector en kennisinstellingen. Dit leverde in 2022 de eerste concrete resultaten op, zoals het modulair gebouwde Natural Pavilion dat op de Floriade veel aandacht heeft getrokken. Dit project won ook de Innovatie Award 2022 van vakblad Cobouw.

In Nederland komt er te veel stikstof in het water en de bodem terecht, met alle schadelijke gevolgen van dien.

De bouwsector heeft weliswaar een klein aandeel in het veroorzaken van stikstofuitstoot - landelijk minder dan 0,6 procent - maar moet voor elk van de tienduizenden projecten die ze jaarlijks uitvoert, aantonen dat hun activiteiten geen verslechterende werking hebben op de natuur. Tot eind 2023 trekt de overheid daarom vijftig miljoen euro uit binnen de routekaart Schoon en Emissieloos Bouwen, een kennis- en innovatieprogramma dat zich richt op het bouwen zonder uitstoot van schadelijke stoffen.

### Prefab bouw

Van het totale budget is twintig miljoen euro beschikbaar gemaakt voor prefab bouw. Voor dit onderdeel is TNO 'dirigent', of wel verantwoordelijk voor de programmaleiding. Die is in handen van Mario de Rooij, Principal Projectmanager TNO. Samen met partners zet hij in op kennis- en innovatieprojecten voor slimme bouwlogistiek en industriële prefab bouw om de emissiedoelen van het programma - 60 procent stikstofreductie (2018 – 2030) en 0,4 Mton CO<sub>2</sub>-reductie (1990 - 2030) - te halen. 'We zijn bezig met allerlei initiatieven en het gros daarvan gaat over hoe we slimmer kunnen bouwen', vertelt De Rooij. 'Praktische voorbeelden daarvan zijn: betonwoningen en modulebouw, hergebruik van afvalhout, zoals pallets. Bij een moderne prefab betonwoning worden de vloerplaten, gevels en wanden zo in de fabriek vervaardigd dat het bouw personeel het zo op de bouwplaats in elkaar kan zetten. Bij modulebouw wordt de volledige module in de fabriek gebouwd en in zijn geheel verplaatst naar de bouwplaats.' TNO brengt partijen bij elkaar, bewaakt de financiële voortgang en brengt eigen kennis en ervaring in. Bijvoorbeeld over nieuwe mengselsamenstellingen of nieuwe toepassingen. Een voorbeeld van een nieuw mengsel is een innovatief betonmengsel, waarbij het beton



Mario de Rooij van TNO.

*'De uitstoot van CO<sub>2</sub> is met deze aanpak enorm veel lager dan bij de traditionele bouwwijze.'*

niet langer ter plekke wordt gestort, maar vooraf als duurzaam prefab casco wordt geproduceerd. Een voorbeeld van een nieuwe toepassing is pallethout als basis voor kruislaaghout (CLT). Veel vernieuwing zit in het optimaliseren van het proces, waardoor er minder transport van en naar de bouwplaats is en in productinnovatie, zoals kant-en-klare woningen.

### Lagere uitstoot

Inmiddels is er al een emissieloze woning van vijftig vierkante meter in de bouwsector in productie genomen door Startblock die in zijn geheel in de fabriek is gebouwd, vertelt De Rooij. 'Dan is het een kwestie van leidingen aansluiten en is deze woning voor één of twee personen klaar voor gebruik. Het feit dat ze deze woning in de fabriek maken en er nauwelijks bouwwerkzaamheden op de bouwplaats zijn, maakt dat de uitstoot enorm veel lager is dan bij de traditionele bouwwijze.' Architecten moeten nog wennen aan het werken met seriematige producten, maar zien wel steeds meer mogelijkheden. 'Zeker wanneer ze zien dat mooie ontwerpen nog steeds mogelijk zijn.' Een volgende stap is het maken van gezinswoningen, waaraan het consortium momenteel werkt. ■

**Wie:** TNO, Universiteiten, ROC's en Hogescholen, bouwbedrijven.

**Looptijd:** 2021-2023, met mogelijk daarna een vervolg.

**Budget:** 25 miljoen euro waarvan 17 miljoen subsidie.

**Vervolg:** er wordt momenteel hard gewerkt aan een vervolg waarbij TNO hoopt

toestemming te krijgen om het programma voor nog eens een periode voort te zetten.



Bekijk hier de video



# Op zoek naar de klimaat- optimale vlucht

NLR heeft in een Europees onderzoeksproject naar niet- CO<sub>2</sub> klimaateffecten onderzocht hoe je operationele verbeteringen in de luchtvaart kunt doorvoeren om de klimaatimpact van de luchtvaart te verminderen. Twintig aanbevelingen moeten daar verbetering in brengen. ►



## NLR

**?! Probleem:** met de huidige aanpak en tempo zal het een uitdaging worden om een klimaatneutrale luchtvaart in 2050 mogelijk te maken. Nieuwe technieken en innovaties zijn hard nodig om dit klimaatdoel te halen.

**💡 TO2-oplossing:** NLR heeft in het Europese ClimOP-project samen met andere partijen onderzoek gedaan naar operationele verbeteringen bij niet-CO<sub>2</sub>-klimaat effecten van de luchtvaart, waarover nog veel onduidelijk is. Het onderzoek leverde twintig aanbevelingen op waarmee universiteiten, kennisinstututen en marktpartijen aan de slag kunnen.

**📊 Impact:** uit de berekeningen blijkt dat niet-CO<sub>2</sub>-klimaat effecten verantwoordelijk zijn voor tweederde van de totale luchtvaartbijdrage aan de opwarming van de aarde. Het onderzoek is een belangrijke stap om de ambitie van een klimaatneutrale luchtvaart in 2050 te realiseren.

**B**ij de verbranding van luchtvaartbrandstof in een vliegtuigmotor komen er naast CO<sub>2</sub> andere gassen en deeltjes vrij, zoals stikstofoxiden, roetdeeltjes en waterdamp. Op kruishoogte hebben deze emissies zowel chemische als fysische invloeden op de atmosfeer die bijdragen aan klimaatverandering. Omdat deze emissies zelf geen broeikasgassen zijn, spreekt men van de ‘niet-CO<sub>2</sub>-klimaat effecten van luchtvaart’.

**ClimOP**

Er wordt al jaren geavanceerd onderzoek gedaan naar de niet-CO<sub>2</sub>-klimaat effecten van luchtvaart. Toch zijn er nog veel onzekerheden in de voorspellingen van de klimaat impact van individuele vluchten. In de afgelopen jaren is er daarnaast meer belangstelling gekomen voor het daadwerkelijk implementeren van maatregelen die het totale klimaat effect van vliegen adresseren. Reden om het Europese project ClimOP (climate assessment of innovative mitigation strategies towards operational improvements in aviation) te starten, waarin NLR samen met andere partijen naar operationele verbeteringen zocht om de klimaat impact in de luchtvaart te verminderen. ‘Het meest tastbaar van de niet-CO<sub>2</sub>-klimaat effecten van luchtvaart zijn vliegtuigstrepen, die ontstaan wanneer waterdamp bevriest tot ijskristallen’, zegt onderzoeker en projectleider Elisabeth van der Sman van NLR. ‘Deze strepen kunnen voor opwarming of afkoeling zorgen, afhankelijk van het tijdstip op de dag, maar ze zijn gemiddeld genomen sterk opwarmend. Vliegtuigstrepen leveren voor de luchtvaart de grootste bijdrage van alle klimaat effecten, gevolgd door CO<sub>2</sub> en als derde NOx.’ De uitstoot van stikstofoxide draagt op korte termijn bij aan de vorming van ozon met opwarming tot gevolg. Op langere termijn veroorzaakt het de afbraak van methaan dat een afkoelend effect heeft. De klimaat impact van deze effecten kent nog veel onzekerheden. Dit maakt het een unieke uitdaging, specifiek voor de luchtvaart, licht Van der Sman toe: ‘Vliegtuigstrepen blijven vaak enkele uren in de lucht, terwijl CO<sub>2</sub> wel honderd jaar in atmosfeer achterblijft. Je hebt het dus over een heel andere tijdschaal en de effecten zijn afhankelijk van locatie, hoogte en atmosferische omstandigheden. Als we dit beter in kaart brengen, biedt het de mogelijkheid om heel gericht maatregelen te nemen.’ ▶



*Elisabeth van der Sman van NLR.*

*‘Vliegtuigstrepen blijven vaak enkele uren in de lucht, terwijl CO<sub>2</sub> wel honderd jaar in atmosfeer achterblijft.’*

## NLR

## ► Mitigatiestrategieën

Operationele verbeteringen kunnen gericht zijn op individuele vluchten, het netwerk van de luchtvaartmaatschappij en de operaties op de luchthaven. Deze operationele verbeteringen tijdens de vlucht bestaan bijvoorbeeld uit lager en langzamer vliegen of een stukje omvliegen tijdens een vlucht. Operationele verbeteringen op de grond kijken bijvoorbeeld naar alternatieven voor duurzamer taxiën van vliegtuigen, zoals het elektrisch slepen van vliegtuigen van en naar de baan. De ClimOP-resultaten tonen dat door lager en langzamer te vliegen de totale klimaatimpact van individuele vluchten gemiddeld met zes tot dertien procent kan worden verlaagd indien wordt gekeken naar de verandering van de temperatuur op aarde over een periode van twintig jaar.



‘Vliegtuigstrepen ontstaan in specifieke luchtlagen afhankelijk van de lokale temperatuur en luchtvochtigheid. Door een stuk om te vliegen of lager te vliegen, kan je die vliegtuigstrepen voorkomen en is er minder klimaatimpact. Dat kost extra brandstof en dus extra CO<sub>2</sub>-uitstoot, maar doordat die strepen niet ontstaan, is het netto beter voor het klimaat.’ NLR richtte zich bij het onderzoeksproject op drie mitigatiestrategieën om de operationele verbeteringen in te voeren. ‘In onze analyse hebben we gekeken naar de impact op verschillende partijen, zoals luchtvaartmaatschappijen. Om een gebied te mijden waar een verhoogde kans is op vliegtuigstrepen, moeten de luchtvaartmaatschappijen omvliegen of lager vliegen. Dat brengt extra kosten met zich mee. Wij hebben onderzocht hoe je de kans vergroot dat luchtvaartmaatschappijen trajecten vliegen met een verminderde impact op het klimaat. Dat kan bijvoorbeeld door beprijzing, vliegtuigen moeten dan betalen om door zo’n gebied te vliegen.’

## Klimaat-optimale vluchten

De aanbevelingen zijn gepubliceerd en toegankelijk voor de markt, maar het zal volgens Van der Sman tijd nodig hebben voordat de operationele verbeteringen gangbaar zijn in de luchtvaartwereld. ‘Vanuit de wetenschap moet verder onderzoek plaatsvinden om de klimaatimpact van individuele vluchten nauwkeuriger te voorspellen. Marktpartijen kunnen hieraan bijdragen, door bijvoorbeeld sensoren te ontwikkelen en op vliegtuigen toe te passen. Daarmee kan vervolgens de locatie van klimaatgevoelige gebieden nauwkeuriger worden vastgesteld. Met deze informatie kunnen luchtvaartmaatschappijen deze klimaat-optimale vluchten integreren in hun plannings- en besluitvormingsprocessen. Voor beleidsmakers is het belangrijk om de kosten en baten van verschillende mitigatiestrategieën verder in beeld te brengen en de juridische haalbaarheid in kaart te brengen.’ ■

**Wie:** NLR.

**Looptijd:** 2019 tot zomer 2023.

**Budget:** 1 miljoen euro.

**Vervolg:** NLR wil nieuwe voorstellen tot onderzoek indienen bij de Europese Commissie. Zoals het vraagstuk welk positief effect het gebruik van

duurzame brandstoffen, met minder roetdeeltjes en zwaveluitstoot, heeft op niet-CO<sub>2</sub>-klimaat-effecten.

Aanbevelingen van ClimOP







# Veilig over weg, water en spoor

Wegen, havens, spoorwegen maar bijvoorbeeld ook energie- en communicatienetwerken zijn essentieel voor ons dagelijks functioneren. Door veroudering en toenemend gebruik, maar ook door klimaatverandering hebben deze infrastructuur veel aandacht nodig om hun weerbaarheid te behouden. Deltares werkt aan toepassingen voor klimaatbestendige infrastructuur. ►



## DELTAIRES

**Probleem:** klimaatverandering heeft steeds meer invloed op het functioneren van wegen, havens en energienetwerken. Door extreem weer, zoals overstromingen, droogte en extreme neerslag kan de veiligheid en de betrouwbaarheid van deze grootschalige infrastructuren in gevaar komen.

**TO2-oplossing:** Deltaires biedt onderzoek en toepassingen om de weerbaarheid van infrastructuursystemen te verbeteren. Een van die toepassingen is het RA2CE framework, dat zich richt op het in kaart brengen van de kwetsbaarheid van de meest kritieke onderdelen van infrastructuur en het geven van een handelingsperspectief om de weerbaarheid van infrastructuur te vergroten als dat nodig is.

**Impact:** een veilige en betrouwbare infrastructuur is essentieel voor ons dagelijks leven, een sterke economie en het functioneren van de maatschappij.

Thomas Bles, specialist Resilient Infrastructuur bij Deltaires, zat tijdens een vakantie opgesloten in een Oostenrijks dal. Een aardverschuiving had het dal afgesloten van de wereld en hij moest noodgedwongen een paar dagen langer in het appartement verblijven. Het was de eerste keer dat Thomas, expert op het gebied van klimaatbestendige netwerken, zich realiseerde dat betrouwbare infrastructuur niet vanzelfsprekend is. Ook in Nederland gaat het wel eens mis. In 1995 was de A1 drie dagen dicht door een enorme natuurbrand. En recent - in 2021 - zorgden overstromingen in Limburg voor elektriciteitsuitval in verschillende dorpen en reden er geen treinen vanwege wateroverlast.

### Weerbaarheid

Hittegolven, extreme neerslag en droogte kunnen het functioneren van onze infrastructuur in gevaar brengen. Deltaires biedt onderzoek en toepassingen voor deze vraagstukken. Zo zet het kennisinstituut data, metingen en schaalmodellen in om de mechanismen te doorgronden en effectieve oplossingen te bieden. Daarnaast wordt een modelinstrumentarium gebruikt om in kaart te brengen welke stukken weg kwetsbaar zijn in het bestaande en toekomstige klimaat. Dat gebeurt op verschillende niveaus, van individuele objecten en verbindingen tot op netwerk niveau. 'Een netwerkbenadering is belangrijk', zegt Thomas. 'Een wegennet bestaat uit allerlei schakels; een tunnel, viaduct of een wegtalud. Het zijn vaak de individuele schakels die geraakt worden door klimaatverandering, zoals extreem weer. Als een van die schakels wegvalt - een tunnel die volloopt met water of een wegtalud dat verzakt - functioneert de hele infrastructuur niet meer. Daarom is het goed om naar het wegennetwerk als geheel te kijken. Het goed functioneren van netwerken is ook van belang om tijdens en na een ramp direct te kunnen reageren door snel in het gebied te komen of mensen eruit te halen.'

### Klimaatbestendige netwerken

Als deze netwerken van infrastructuur uitvallen, kan zelfs de nationale veiligheid in gevaar komen. 'Crisisdiensten kunnen niet meer functioneren en vitale functies als havens en ziekenhuizen zijn niet meer bereikbaar. Door in klimaatbestendige netwerken te

*'Als een van die schakels wegvalt - een tunnel die volloopt met water of een wegtalud dat verzakt - functioneert de hele infrastructuur niet meer.'*

investeren, kunnen we de bereikbaarheid en veiligheid van onze infrastructuur en daarmee de maatschappij verbeteren.' Een van de methodes die Deltaires gebruikt is het RA2CE framework (Resilience Assessment and Action perspective for Critical infrastructureE), dat overheden en wegbeheerders gebruiken om inzicht te krijgen in de klimaatbestendigheid van hun wegennetwerk. 'We hebben deze methode toegepast voor Rijkswaterstaat, waarbij de impact door overstromingen, natuurbranden en andere klimaatgebeurtenissen zijn doorgerekend voor het Nederlandse wegennet. Het helpt Rijkswaterstaat de kwetsbare plekken aan te pakken bij vervanging en renovatie van de weg.'

### Complex systemen

Nederland moet de komende decennia flink investeren in infrastructuur en strategische keuzes maken om goed voorbereid te zijn op de toekomst. 'We beschikken nu over de modellen om op netwerkschaal die klimaatbestendigheid van onze infrastructuur in kaart te brengen. Nu is het tijd om de complexe interactie tussen deze netwerken te begrijpen en te leren hoe klimaatverandering via deze complexe systemen ingrijpt op de leefbaarheid en veiligheid van de maatschappij. Het daadwerkelijk bij elkaar krijgen van alle stakeholders en het overzien van de complexiteit van deze infrastructuur, is de volgende stap', besluit Thomas. ■

**Wie:** Deltaires.

**Looptijd:** 2019 - ongoing.

**Budget:** gefinancierd uit meerdere onderzoeks- en marktprojecten (> 1 miljoen).

**Vervolg:** in samenwerking met Rijkswaterstaat en (internationale) marktpartijen zetten we in op verdere ontwikkeling van het RA2CE framework richting operationele toepassingen.

# Wat kan waar wel bij de inrichting van Nederland?

Nieuwe woningen, duurzame energie, voedselproductie, natuur, waterberging en recreatie leggen allemaal een claim op de Nederlandse ruimte. Tegelijkertijd zijn er grenzen aan de 'maakbaarheid' van Nederland, laten de stikstofcrisis, klimaatverandering, dalende biodiversiteit en slechte waterkwaliteit zien. Beter omgaan met onze bodem en water is daarom noodzakelijk, betogen onderzoekers van WUR. ►



*Bas Breman,  
projectleider bij WUR.*



## WUR

**Probleem:** de grenzen aan de 'maakbaarheid' van Nederland leiden tot verstoring van natuur- en biodiversiteit. Klimaatverandering vraagt een andere aanpak.

**T02-oplossing:** WUR onderzoekt manieren om 'water en bodem sturend' centraal te stellen bij alle ruimtelijke ontwikkelingen. Door de meest vruchtbare bodems te gebruiken voor voedselproductie, nieuwe woningen in verband met de zeespiegelstijging op hoger gelegen gebieden te bouwen en op bepaalde plekken over te stappen op andere gewassen, andere bedrijfssystemen en andere manieren van bouwen.

**Impact:** een aantrekkelijke ruimtelijke inrichting van Nederland. Het benutten en versterken van het natuurlijke systeem is niet alleen gunstig voor de natuur en biodiversiteit, ook mensen profiteren ervan. Door meer groen in je eigen tuin of balkon te planten, worden steden koeler, gaan meer mensen bewegen en blijven ze gezonder.

'God schiep de aarde, behalve Nederland, want dat deden de Nederlanders zelf', luidt een bekende uitspraak. De Zuiderzee droogpompen, het waterpeil van slootjes op een bepaald niveau houden, de grond omkeren voor de landbouw. 'We zijn in Nederland, zeker de afgelopen 60, 70 jaar, heel erg gewend geraakt om het systeem naar onze hand te zetten', zegt Bas Breman, projectleider bij WUR. 'Dat heeft ons veel gebracht, maar nu dringt steeds meer het besef door dat we tegen de grenzen aanlopen.'

### Kwetsbaarheid

De keerzijde van die maakbaarheid is een zekere kwetsbaarheid, legt Breman uit. 'Natuurlijke systemen zijn een groot deel van hun veerkracht verloren. De zware bewerking van landbouwbodems gaat ten koste van de bodemkwaliteit en het vermogen om water op te slaan. Alle ingrepen om het water snel af te voeren maken dat we nu een tekort hebben in droge periodes.' Vanwege klimaatverandering en weersextremen hebben we die veerkracht hard nodig, benadrukt hij en daarom is het goed de bodem- en watersystemen weer meer centraal te stellen bij alle ruimtelijke ontwikkelingen. Water en bodem sturend betekent dat we bij alle ruimteclaims en ruimtelijke ontwikkelingen, zoals wonen en energie, het natuurlijke systeem als vertrekpunt nemen. Denk aan het reliëf in het landschap, de ondergrond, de bodem, het watersysteem, de ecologie en het landgebruik. 'Dat is de basis en bepaalt wat je ergens wel of niet kunt doen.'

### Slim natuurbeheer

Daarvoor moeten we letterlijk gaan omdenken en slimmer omgaan met de natuur, zegt Breman: 'Door de meest vruchtbare bodems te gebruiken voor voedselproductie en nieuwe woningen in verband met de zeespiegelstijging op hoger gelegen gebieden bouwen. Het zoete drinkwater zo goed mogelijk vasthouden en op bepaalde plekken overstappen op andere gewassen, andere bedrijfssystemen en andere manieren van bouwen.' Het benutten en versterken van het natuurlijke systeem levert veel voordelen op, legt hij verder uit. De aanplant van verschillende planten op dijken zorgt er niet alleen voor dat deze dieper wortelen en de dijk verstevigen, maar is ook gunstig voor de biodiversiteit. Het langer vasthouden van het water



*'Nu dringt steeds meer het besef door dat we tegen de grenzen aanlopen.'*

in de beekdalen op de zandgronden zorgt verder voor een grotere zoetwaterbeschikbaarheid die uiteindelijk meerwaarde kan hebben voor landbouw én natuur. Breman: 'Ook in hun directe leefomgeving kunnen mensen het natuurlijk systeem versterken en daar direct van profiteren. Door meer groen in je eigen tuin of balkon te planten, worden steden koeler, gaan meer mensen bewegen en blijven ze gezonder.'

### Wat kan waar

De onderzoeker verwijst naar het rapport 'Niet alles kan overal' over de aanpak van de stikstofproblematiek uit 2020. 'De vervolgvraag is: maar wat past waar wel? Wat is het natuurlijke kapitaal op een bepaalde plek en hoe kun je dat zo goed mogelijk verbinden aan de huidige opgaven waar we als samenleving voor staan? We hebben voedsel, energie en huizen nodig, en we moeten ook de klimaatverandering tegengaan.' Zijn onderzoeksgroep werkt al jaren aan onderzoeken rond het thema water en bodem sturend. ►

## WUR

- ▶ De Natuurverkenning, elke vier jaar met het Planbureau voor de Leefomgeving, is een voorbeeld. In de laatste editie is gekeken naar hoe Nederland in 2050 natuurinclusiever kan worden. 'In plaats van Nederland op te delen in gebieden voor wonen, bedrijven en landbouw, zoals we de afgelopen decennia hebben gedaan, maken we de natuur weer meer nadrukkelijk onderdeel van onze leefomgeving', licht hij toe, 'en daarmee benutten we ook de veerkracht ervan voor opgaven zoals klimaatverandering.' Ook ontwikkelden collega's van Breman de kaart 'Nederland in 2120'. Dit is een visie op hoe ons land er over honderd jaar uit kan zien als de natuur de basis is van de ruimtelijke inrichting en welke keuzes we daar nu al voor moeten maken.

### Stijgende belangstelling

Water en bodem sturend het land inrichten gebeurt al op kleine schaal, maar het is een uitdaging om het op te schalen, heeft Breman gemerkt. De belangstelling groeit wel sinds het thema vorig jaar in de kamerbrief van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 'een heel belangrijk uitgangspunt' is genoemd en het ook binnen het nieuwe Nationale Programma Landelijk Gebied een belangrijk principe is. 'Veel overheidsinstanties zijn geïnspireerd door onze onderzoeken en willen er iets mee', zegt hij. 'Ook bij bedrijven is nu het idee doorgedrongen dat ze hier iets mee moeten. Banken, projectontwikkelaars of bouwbedrijven bijvoorbeeld. Naar aanleiding



van de kaart 'Nederland in 2120' hebben we honderden verzoeken ontvangen om presentaties te geven.'

### Nek uitsteken

Bij deze herinrichting moeten ook nieuwe dingen uitgetoetst worden, experimenten waarvoor mensen hun nek uitsteken, zegt hij ook. Bijvoorbeeld rijstteelt in het veenweidegebied met een hoog waterpeil. 'Het is nog niet zeker of daar een verdienmodel aan zit en je krijgt ongetwijfeld tegengas vanuit je omgeving. Hoe kun je daar dan mee omgaan?' De slogan van de WUR 'Finding Answers Together' is hier toepasselijk, zegt hij, want: 'We hebben veel kennis in huis, maar weten ook niet alles. We kunnen dit soort maatschappelijke zoektochten wel begeleiden en meedenken vanuit verschillende invalshoeken om een gesprek op gang brengen, over wat wel of niet werkt.'

### Ingrijpend maar nodig

Anders eten, wonen, bouwen of een boerenbedrijf runnen, is natuurlijk nogal ingrijpend en Breman benadrukt daarom hoe belangrijk het is om samen met de betrokkenen op te trekken in het proces. Gezamenlijk doorgronden hoe het natuurlijk systeem werkt, je verdiepen in nieuwe vormen van landgebruik, nieuwe verdienmodellen, maar ook kijken naar hoe bepaalde ingesleten gedragspatronen anders kunnen en te accepteren dat sommige dingen niet langer zo door kunnen gaan. Die sociaal-maatschappelijke kant wordt nog wel eens vergeten en is misschien wel de grootste uitdaging. Deze herinrichting van Nederland is ingrijpend, maar heeft veel voordelen, vat Breman samen. Bovendien als we het niet doen, zijn we veel verder van huis. 'Door onze bodem en het water te beschermen en te versterken, houden we de natuur en landbouw gezond en daar plukken we letterlijk en figuurlijk de vruchten van.' ■

**Wie:** WUR

**Looptijd:** de onderzoeksgroep doet verschillende onderzoeken rondom dit thema.

**Vervolg:** doorlopend onderzoek, o.a. via NGF-aanvraag NL2120.





# Goed zaaizaad geeft betere oogst

Maar liefst een op de tien mensen wereldwijd heeft te weinig te eten. Toegang tot kwaliteitszaden van gewassen en rassen die zijn aangepast aan lokale omstandigheden is belangrijk om de gewasopbrengsten en voedselproductie in Afrika te kunnen verhogen. Hoe werkt de WUR aan de verbetering van de zaaizaaksector? ►

*Marja Thijssen,  
senior zaaizaakadviseur  
bij WUR.*



## WUR

**Probleem:** snelle bevolkingsgroei, klimaatverandering en lage gewasopbrengsten in Afrika bedreigen de voedsel- en voedingszekerheid in de wereld.

**T02-oplossing:** WUR werkt aan de verbetering van een goed functionerende zaaizaadsector als bijdrage aan een duurzame en hogere landbouw en voedselproductie. Dit gebeurt door een sectorbenadering: in partnerschappen werken de onderzoekers aan onderzoek en implementatie van technische innovaties, maar ook aan betere coördinatie en zaaizaadbeleid.

**Impact:** wereldwijd leidt dit tot een hogere voedselproductie en meer voedselzekerheid. Zo zijn in Ethiopië nieuwe rassen in het landbouwsysteem gebracht, waardoor de lokale voedselproductie is verhoogd.

In de afgelopen decennia is er veel geïnvesteerd in de ontwikkeling van nieuwe rassen van belangrijke landbouw- en tuinbouwgewassen, maar het lukt vaak nog niet om deze bij de boer te krijgen. Vanaf de start van de ontwikkeling van een nieuw ras tot het gebruik van zaaizaad van dat ras door de boer zijn er partijen betrokken, elk met hun eigen expertise en belangen. Bovendien heeft elk gewas een eigen aanpak nodig. WUR-onderzoekers werken samen met overheden, onderzoeksinstituten, bedrijven, ngo's en boerenorganisaties zodat boeren in Afrika beter zaaizaad krijgen. Dit doen ze door een sectorbenadering: in partnerschappen werken ze aan onderzoek en implementatie van technische innovaties, maar ook aan betere coördinatie en zaaizaadbeleid.

### Strategieontwikkeling

'Het begint allemaal met het ontwikkelen van een gezamenlijke visie en strategie voor de zaaizaadsector', zegt Marja Thijssen, senior zaaizaadadviseur bij WUR. Zij en haar collega's maakten een 'National Seed Road Map', een document om beleidsmakers en bedrijven op een gecoördineerde en gestructureerde manier te ondersteunen bij het versterken van de sector. Op basis hiervan werkte ze samen met de Nederlandse en Nigeriaanse overheid en het bedrijfsleven mee aan een programma om de kwaliteit van de zaden in Nigeria te verbeteren. 'Vervolgens stelden we samen met Nederlandse organisaties vast aan welke prioriteiten we vanuit Nederlandse kennis en expertise kunnen bijdragen', vertelt ze. Dit resulteerde in een Nederlands gefinancierd zaaizaadprogramma, dat wordt gecoördineerd door WUR. Gebaseerd op deze en vergelijkbare ervaringen in Ethiopia, Uganda, Mali en Niger besloten Wageningse wetenschappers een gids te maken voor het ontwikkelen van national seed road maps.

### Sleutelrol

In nationale zaaizaadprogramma's, zoals in Nigeria en Ethiopia, heeft WUR een sleutelrol als kennispartner, onder andere om wetenschap en praktijk te verbinden, innovatieve benaderingen te introdu-



Marja Thijssen

ceren, actieonderzoek te ondersteunen en lokale Afrikaanse en Nederlandse zaaizaadexperts, organisaties en bedrijven aan elkaar te koppelen. Thijssen: 'In Nigeria werken we samen met onderzoekers, bedrijven en boeren om te achterhalen wat het gebruik van verbeterde zaden, rassen en teeltmethoden van groentegewassen tegenhoudt. We testen nieuwe benaderingen om registratie en toelating van nieuwe rassen tot de markt te versnellen en versterken de capaciteit van lokale bedrijven om nieuwe rassen te promoten.' Thijssen en haar collega's werken veel samen

met internationale onderzoeksteams. Zo doen ze onderzoek naar de effectiviteit van zaaizaadbeleid, toegang van boeren tot genetische diversiteit in verband met de klimaatverandering en toegang tot zaaizaad in noodsituaties als conflict en oorlog. Zo organiseerden ze vorig jaar een grote conferentie in Rwanda over de toekomst van de zaaizaadsector in Afrika. Daar kwamen 170 mensen uit de branche samen om nieuwe inzichten en benaderingen te valideren, en te discussiëren over prioriteiten en ambities. 'Het doel - de toegang van boeren tot kwaliteitszaden vergroten - kunnen we op verschillende manieren bereiken', zegt Thijssen.

### Hogere productie

Wat hebben al deze inspanningen tot nu toe opgeleverd, bijvoorbeeld in Ethiopië, waar de onderzoeksgroep inmiddels dertien jaar werkt? 'We hebben daar meer dan 170 rassen bij boeren en boerinnen geïntroduceerd. Over een periode van vier jaar kregen meer dan vier miljoen boeren en boerinnen in Ethiopië toegang tot zaad van kwaliteit', vertelt Thijssen. 'Hierdoor is de lokale voedselproductie verhoogd.' ■

**Wie:** WUR

**Looptijd:** doorlopend.

**Vervolg:** met lokale partners en financiers zijn er doorlopend projecten

om de voedselzekerheid te vergroten via beter zaaizaad.

Bekijk hier de video's





*Idse Hoving  
van WUR.*

# Minder veenafbraak door boeren bij hoog water

De veenbodem in Nederland daalt zo'n halve tot een centimeter per jaar. Dat heeft niet alleen scheefzakkende huizen en frequente slootpeilverlagingen tot gevolg, maar ook extra uitstoot van CO<sub>2</sub> door veenafbraak. WUR onderzoekt hoe een hogere waterstand de CO<sub>2</sub>-uitstoot vermindert en hoe melkveebedrijven kunnen mee veranderen. ►



## WUR, Deltares

**?! Probleem:** de bodemdaling van veengebieden in West- en Noord-Nederland vraagt frequent om slootpeilverlagingen en geeft uitstoot van CO<sub>2</sub> door veenafbraak.

**💡 T02-oplossing:** vernatting, de grond natter maken dus, helpt om bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissie tegen te gaan. Er is onderzoek naar hoe veengebieden met behulp van waterinfiltratie bij hoge grondwaterstanden goed kunnen blijven functioneren.

**📊 Impact:** het doel van het onderzoek is om de grondwaterstand in de zomer naar twintig centimeter onder maaiveld te krijgen en te zien wat de impact is voor boeren. Geschat wordt dat de veenafbraak daardoor driekwart minder kan worden, waardoor ook de CO<sub>2</sub>-uitstoot flink vermindert.

**D**elen van West- en Noord-Nederland bestaan uit veenweidegebieden, een type grond dat gevormd is door afgestorven planten in moerassen. ‘Voor veel van deze gebieden is in de jaren zestig en zeventig de drooglegging vergroot door het slootpeil te verlagen. Het gevolg is dat het veen afbreekt, waardoor de bodem inklinkt en daalt’, vertelt Idse Hoving, onderzoeker vee- en watermanagement aan WUR. Eens in de zoveel jaar herzien de waterschappen namelijk de hoogte van het water, maar door de bodemdaling wordt dat steeds duurder, legt hij uit. De kosten voor het uitmalen, het wegpompen van water, nemen namelijk toe.

*‘Vernatting, de grond natter maken dus, helpt om bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissie tegen te gaan.’*

### Extra bodemdaling

Veengrond breekt af doordat zuurstof bij de afgestorven planten komt. ‘Daardoor zakt de bodem’, gaat Hoving verder. ‘Natte omstandigheden beschermen de veenbodem juist tegen zuurstofindringing. Door lage slootpeilen, maar ook door meer droge periodes als gevolg van klimaatverandering gaat de afbraak sneller. Bij dit proces komt CO<sub>2</sub> vrij, wat we juist willen voorkomen om klimaatverandering tegen te gaan.’ Vernatting, de grond natter maken dus, helpt om bodemdaling en CO<sub>2</sub>-emissie tegen te gaan. In veenweidegebieden zijn veel melkveebedrijven gevestigd en de vraag is hoe ver je met vernatting kunt gaan. Weiden mogen niet zo drassig worden dat boeren er met koeien en machines niet meer op kunnen.

### ‘Boeren op hoog water’

Sterke vernatting vraagt om een andere bedrijfsvoering van de boer, vertelt Hoving. Met verschillende partners doet hij onderzoek op de hoogwaterboerderij in Zegveld in de provincie Utrecht naar hoe melkveebedrijven bij hele hoge grondwaterstanden kunnen werken. Boeren kunnen waarschijnlijk minder gras per hectare produceren dan nu, waardoor de kosten stijgen, licht Hoving toe. Van belang is

om de gevolgen voor de bedrijfsvoering te kwantificeren, zodat het economisch nadeel becijferd kan worden. Het is aan bestuurders om te bepalen hoe hier verder mee om te gaan.

### Waterinfiltratie

Op de hoogwaterboerderij in Zegveld wordt het water in de sloten op twintig centimeter onder het maaiveld gehouden en vindt daarnaast waterinfiltratie plaats. Door horizontale geperforeerde buizen om de vier meter loopt het water uit de sloten in de bodem om de grondwaterstand in de zomer extra te verhogen. Waterinfiltratie is Hovings specialiteit: hij bekijkt hoe je dit zo goed mogelijk kunt uitvoeren en wat dan de effecten zijn op de grondwaterstand. Het doel is om de grondwaterstand in veenweide naar twintig centimeter onder het maaiveld te krijgen – nu ligt dat ‘s zomers gemiddeld op ongeveer zestig centimeter en kan tijdens een lange droge periode uitzakken tot meer dan een meter. ‘We verwachten dat bij een grondwaterstand van twintig centimeter onder maaiveld de veenafbraak een kwart minder is dan nu.’ De hoogwaterboerderij is ook een van de locaties van het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden van de WUR, Deltares en andere onderzoekspartners. De partners van dit project meten de invloed van de grondwaterstand op de uitstoot van CO<sub>2</sub> bij percelen met en zonder waterinfiltratie. ■

**Wie:** WUR, Deltares.

**Looptijd:** doorlopend.

**Vervolg:** Dit project is onderdeel van het Veenweiden Innovatie Programma Nederland (VIPNL). De broeikasgasmetingen

vinden plaats vanuit het Nationaal Onderzoeksprogramma Broeikasgassen Veenweiden en ‘Regio Deal Bodemdaling Groen Hart’.

## DELTAIRES

### Samen sneller van het aardgas af met Nieuwe Warmte Nu

Hoe kunnen we huizen en gebouwen verwarmen zonder aardgas? En hoe zetten we die stap naar aardgasvrij zo snel mogelijk? Het programma Nieuwe Warmte Nu brengt met steun van het Nationaal Groeifonds twaalf vliegwielpjecten en zes innovaties bij elkaar om duurzame, collectieve warmtesystemen te implementeren en hier kennis over te verzamelen en te delen met toekomstige projecten. De impact is groot: met behulp van 200 miljoen euro uit het Nationaal Groeifonds kan Nieuwe Warmte Nu 26.000 huizen en gebouwen en 800 hectare glas-tuinbouw van het aardgas af halen. Deltaires maakt deel uit van het consortium en is trekker van het leer- en ontwikkelprogramma, dat kennis en ervaringen deelt met toekomstige projecten. Daarnaast is Deltaires betrokken bij twee innovaties: de verbetering van de Design Toolkit Warmtenetten en het verbeteren van put-ontwerpen voor grootschalige seizoensopslag van warmte – Hoge Temperatuur Opslag (HTO). De warmtesystemen worden gerealiseerd met inzet van duurzame warmtebronnen als geothermie, restwarmte en aquathermie. In de projecten zijn diverse vormen van eigendom en beheer van de warmtesystemen opgenomen. Soms zijn warmtebedrijven of netbedrijven de initiatiefnemer en in andere projecten een gemeente of een lokale wijkcoöperatie.



Meer weten?  
[www.nwn.nu](http://www.nwn.nu)



Een van de kleine electrolysers.

## TNO

### 200x minder iridium bij electrolysers

Groene waterstof, geproduceerd via elektrolyse met elektriciteit uit zon en wind, zal een belangrijke rol gaan spelen in de transitie van fossiele naar hernieuwbare energie. De groei van groene waterstof van 300 megawatt opgesteld electrolyservermogen wereldwijd in 2020 naar tientallen of zelfs honderd plus gigawatt in 2030, heeft een keerzijde. Het betekent een evenredig groeiende behoefte aan het schaarse iridium voor de te bouwen electrolysers. Uit eerder onderzoek van TNO blijkt dat de opschaling van electrolysers, met name het type PEM (Proton Exchange Membrane), in gevaar komt vanwege de beperkte

beschikbaarheid van schaarse materialen. 'Over tien jaar zou de vraag naar iridium de beschikbare hoeveelheid ver overtreffen. Bovendien zijn we voor de levering afhankelijk van slechts een handjevol landen, met alle risico's van dien', aldus Lennart van der Burg, Cluster Leider Groene Waterstof bij TNO. Onderzoekers van TNO zijn erin geslaagd een methode te ontwikkelen waarmee 200 keer minder iridium nodig is waarbij nu al een performance van 25% tot 46% van de huidige generatie electrolysers behaald kan worden. Onderzoekers van TNO gespecialiseerd in elektrolyse, werken in het Faraday Lab in Petten, samen met collega's van TNO Holst Centre in Eindhoven aan de doorontwikkeling van deze technologie.

## MARIN

### Database voor alternatieve brandstoffen

MARIN heeft de portal Sustainable Power ontwikkeld, samen met het European Sustainable Shipping Forum (ESSF), een online database met als doel een zo compleet en breed mogelijk overzicht te geven van de alternatieve, duurzame

brandstoffen (zoals ammoniak, methanol) en vermogenssystemen voor schepen. In de portal kunnen gebruikers verschillende grafieken en representaties van data bekijken. Het geeft een overzicht van de bestaande kennis over de prestaties

en mogelijkheden van de verschillende alternatieve technologieën voor duurzame energie en energieconversie voor de scheepvaart. Met deze portal wil MARIN de maritieme sector helpen bij het maken van efficiënte en bruikbare keuzes om hun emissieniveaus snel te verlagen. Het project kwam tot stand dankzij het ESSF en haar werkgroep Sustainable Alternative Power for Ships (SAPS), een werkgroep die

overlegt en kennis uitwisselt met de Europese Commissie. De werkgroep is samengesteld uit experts uit heel Europa, van energieleveranciers, scheepseigenaren, scheepswerven, havenautoriteiten tot classificatiebureaus, motorfabrikanten, producenten van energiedragers en NGO's.

Meer lezen:





WUR

## Beter begrip van de rol van het landschap bij vogelgriep

Landschapselementen, het type bedrijf en de geografische ligging spelen een belangrijke rol bij de besmetting met vogelgriep op pluimveebedrijven. Deze factoren zorgen ervoor dat het aantrekkelijk kan zijn voor besmette wilde vogels om de directe omgeving rond pluimveestallen op te zoeken of juist te mijden. Dat blijkt uit een analyse van WUR. Het instituut bestudeerde daarvoor de data

van de uitbraken in de periode 2014-2022. Eenden- en kalkoenbedrijven hebben het hoogste risico op vogelgriep van de verschillende pluimveebedrijfstypen, vleeskuikenbedrijven kennen het laagste risico. Daarnaast is er meer kans op vogelgriep naarmate de oppervlakte van het water in de buurt van het pluimveebedrijf toeneemt en de afstand van het pluimveebedrijf tot het water afneemt. En hoe groter de opper-

vlakke grasland rondom de pluimveestallen, des te groter de kans op besmetting. Verder is de geografische ligging van het pluimveebedrijf in Nederland van belang. Het risico neemt toe van Oost naar West en van Zuid naar Noord. Dat heeft waarschijnlijk te maken met de frequente aanwezigheid van watergebieden in het Westen en Noorden van Nederland. Deze kennis kan helpen in de te maken keuzes in de landbouwtransitie.

TNO

## Nieuwe methode voor meten ontwikkeling jonge kinderen

Een goede ontwikkeling in de vroege kindertijd heeft een positief effect op de rest van het leven. Global Scales for Early Development (GSED) is een nieuwe methode om de ontwikkeling van kinderen tot 36 maanden te beoordelen met behulp van

metingen die cultureel neutraal, eenvoudig toe te passen, vrij toegankelijk en begrijpelijk zijn voor zorgverleners en kinderen. TNO maakte deel uit van het team dat het GSED-pakket heeft ontwikkeld. Met de 'Developmental score' (D-score) leverde TNO de

ruggengraat voor de GSED. De D-score is een universele maat die de ontwikkeling van een kind weergeeft als een meeteenheid, zoals meters voor lengte en grammen voor gewicht. Bij berekening via het GSED-pakket worden verschillende ontwikkelingsgebieden zoals cognitie, taal, motoriek en sociaal-emotionele vaardigheden in één getal weergegeven. De D-score maakt

vergelijkingen tussen landen en groepen kinderen mogelijk, zelfs als voor de gegevensverzameling verschillende meetinstrumenten worden gebruikt. Bovendien kan de score het effect aantonen van metingen om de ontwikkeling van kinderen te verbeteren. Door de goede resultaten heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) de GSED in februari gelanceerd.

TNO

## StreetWise om veiligheid van autonoom transport te valideren

Veiligheid is cruciaal bij de ontwikkeling van zelfrijdende voertuigen. Maar het testen en valideren van autonome voertuigen is tijdrovend en kostbaar. Met StreetWise heeft TNO een methodologie ontwikkeld om complexe automatiserings- en rijhulpsystemen te testen en te valideren. Uit 'real-world' voertuigdata is een groot aantal verkeersscenario's en testcases gedestilleerd die geschikt zijn als scenario-simulatiegegevens. Met behulp van StreetWise worden Automated Driving Functions uitgebreid getest op basis van een groot aantal realistische verkeerssituaties. Een innovatie waarmee de veilige introductie van zelfrijdende auto's een stap dichterbij is gekomen. Torc Robotics, een dochteronderneming van Daimler Trucks en toonaangevend in applicaties voor automatisch rijden, gebruikt StreetWise om zelfrijdende vrachtauto's voor te bereiden op alle mogelijke verkeerssituaties die zich kunnen voordoen. De rijdata van de trucks worden geanalyseerd en in scenario's gecategoriseerd met behulp van StreetWise. Zo kan Torc scenario's verzamelen om autonome technologie uitgebreid virtueel te testen volgens de laatste internationale veiligheidsrichtlijnen en -protocollen.





## TNO Ultrasonische pleister vervangt bezoek aan ziekenhuis

Het maken van een echogram, om de conditie van het hart of de bloedsomloop in beeld te brengen, gebeurt doorgaans door een expert sonograaf in een ziekenhuis. Gezien de oplopende kosten van de gezondheidszorg en het toenemend arbeidstekort is er behoefte aan oplossingen die de patiënt thuis kan uitvoeren.

TNO heeft in een technologie ontwikkeld, waarbij een flexibele pleister op de huid met ultrageluid beelden maakt over een langere periode van het te onderzoeken orgaan. Dit maakt de gang naar het ziekenhuis voor veel onderzoek overbodig omdat de patiënt thuis is te volgen. De technologie, PillarWave™ gedoopt, is gepatenteerd en TNO is in gesprek met fabrikanten van medische apparatuur om deze op de markt te brengen. De toepassingen zijn legio. Waar het meten van bloeddruk of hartslag vaak een momentopname is, levert het dragen van een pleister een beeld over een langere periode op. Dat resulteert in een veel betere diagnose en kan daardoor zelfs onnodige operaties voorkomen. Daardoor wordt dit onderzoek niet alleen prettiger, maar ook beter en goedkoper.

## NLR Minder vertragingen en hinder op en nabij luchthavens

Meer dan eens hebben druktes op luchthavens het nieuws gehaald. Maar niet alleen het aantal passagiers zorgt voor opstoppingen. Ook in de lucht is het druk. Om de

luchtvaart schoner en stiller te maken, heeft NLR, in het Europese SESAR2020 ITARO-project, verschillende reeds individueel onderzochte oplossingen gecombineerd in een operationeel concept dat zorgt voor een betere operationele planning van het Air Traffic Management (ATM) systeem. Dit geïntegreerde concept is getest op NLR's ATM-simulator en resulteerde er onder andere in dat de luchtverkeersleiding vliegtuigen op vaste

naderingsroutes met een continue daling zo efficiënt mogelijk achter elkaar kan plaatsen, waarbij een veilige minimumafstand tussen de toestellen wordt aangehouden. Naast het uitvoeren van simulaties testte NLR op Groningen Airport Eelde samen met het Duitse Luchten Ruimtevaartcentrum (DLR) een systeem om nauwkeuriger een afgesproken afstand (tijdsinterval) te behouden tussen twee toestellen gedurende de nadering van het vliegveld. Daarbij zijn

diverse scenario's getest. Deze technologie zal leiden tot verbeterde doorstromoplossingen omdat toestellen minder vaak van hun gewenste vliegroute afwijken. Dit zorgt niet alleen voor minder brandstofgebruik en geluidshinder, maar ook voor behoud van het aantal vliegtuigen dat tijdens piekmomenten kan worden afgehandeld. Het ITARO-project is inmiddels afgerond. Het SESAR-programma bepaalt nu hoe hiermee verder te gaan.



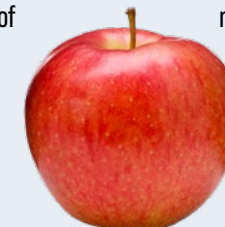
## WUR Gezonde voeding in zorg en horeca

Gezonder en duurzamer aanbod van voeding in zorg en horeca leidt tot meer tevreden klanten en gasten en meer gemotiveerde medewerkers. Dat is een van de belangrijkste conclusies

uit het onderzoeksrapport 'Gezonde voeding in de zorg en horeca'. Veel mensen willen gezonder en duurzamer eten. Maar in de praktijk is dat niet zo makkelijk, zeker niet als mensen wonen in een zorginstelling of afhankelijk zijn van horeca voor een (warme) maaltijd. Samen met andere partijen deed Wageningen Universiteit & Research hier onderzoek naar. De onderzoekers gingen met zorginstellingen, horeca en kinderdagverblijven om tafel, deelden

ideeën en organiseerden workshops. Ze implementeerden - samen met de betrokkenen - maatregelen om de voeding gezonder en duurzamer aan te bieden. Daarbij werd gekeken naar de effecten op het voedselkeuzegedrag van de gasten, cliënten of kinderen/leerlingen én de mogelijkheden voor de voedselaanbieders om de interventie uit te voeren. 'Voor een ander

consumptiepatroon is het van belang dat het alternatief beter gewaardeerd wordt. Ook is de hogere klanttevredenheid van belang omdat zowel zorgpersoneel als personeel werkzaam in de horeca veel voldoening halen uit het blijven maken van de mensen waar ze het voor doen', zegt projectleider Marieke Meeusen van WUR.



Meer lezen: 

TNO

## 70% meer energie met nieuwe batterijtechniek

**B**atterijen worden steeds belangrijker in onze samenleving. Je vindt ze in mobiele telefoons en elektrische auto's en op termijn in opslagsystemen voor duurzame energie. Met het steeds intensievere gebruik van batterijen worden ook eisen als sneller opladen, meer energieopslag, lagere CO<sub>2</sub>-uitstoot belangrijk. Bij gewone lithium-ionbatterijen wordt de anode of minpool van grafiet of koolstof gemaakt. Een nieuwe techniek, ontwikkeld door TNO, gebruikt daarvoor koperfolie waarop silicium, gewonnen uit zuiver zand, wordt aangebracht. Door deze nieuwe techniek kan een batterij zeventig procent meer energie opslaan. Een ondernemersduo pakte de innovatie op, werkte het plan uit, zocht financiers en binnen een jaar was het bedrijf LeydenJar een feit. Grote leveranciers van consumentenelektronica en autofabrikanten kloppen inmiddels op de deur bij het bedrijf.

Meer lezen:



## DELTA RES

### Meer behoefte aan zwemlocaties door klimaatverandering

Klimaatverandering heeft gevolgen voor officiële zwemwaterlocaties en wildzwemplekken. Het zal zorgen voor een verslechtering van de zwemwaterkwaliteit van meren, grachten of sloten. De verwachting is dat er in de toekomst lokaal meer ziekteverwekkers in het water voorkomen, zoals bacteriën en virussen. Na een hevige regenbui kan door overstort rioolwater of hondenpoep in een sloot of gracht belanden, waardoor zwemmers gezondheidsrisico's lopen. Ook hogere watertemperaturen kunnen leiden tot een toename van organismen die gezondheidsklachten veroorzaken zoals de larven van de *Trichobilharzia* parasiet, die tot zwemmersjeuk leiden, en in kustwater de *Vibrio* bacterie. Met name in voor- en najaar neemt de groei van blauwalgen toe. Suzanne van der Meulen van Delta RES deed onderzoek naar de kwaliteit van wildzwemwater op 32 populaire wildzwemplekken. Klimaatverandering zorgt voor een grotere behoefte aan zwemwaterplekken, mede versterkt door de bevolkingsgroei en verdichting van steden. De oplossing ligt volgens deelnemers aan de Zwemwaterdag 2023 in het uitbreiden van het aantal zwemlocaties, bij voorkeur in wateren die minder gevoelig zijn voor nadelige effecten van klimaatverandering. Sommigen stellen voor dat er een richtlijn zou moeten komen met afspraken over bijvoorbeeld de afstand van woningen tot zwemplekken of een juiste spreiding van zwemwaterlocaties; niet alleen aan de randen van de stad maar ook in de stad zelf. Volgens Van der Meulen is daarbij een afweging van de verschillende functies van water van belang. Uit haar promotieonderzoek blijkt namelijk dat ook voor andere gebruiksfuncties van stedelijk water zoals vervoer over water en aquathermie de vraag toeneemt komende decennia. 'Als de verschillende functies met elkaar botsen, zoals zwemmers en de pleziervaart, dan kun je kijken of die functies in tijd of ruimte te scheiden zijn.'



# Verfijnd medicijn- onderzoek dankzij hart-longmachine en varkensorganen

Met een hart-longmachine, oorspronkelijk bedoeld voor orgaantransplantaties, kunnen lever en nieren van varkens buiten het lichaam in leven worden gehouden. Zo kunnen farmaceutisch onderzoekers precies nagaan wat er in het lichaam gebeurt met kandidaat-geneesmiddelen. ►

*Lianne Stevens is een onderzoeker bij TNO en bestudeert verschillende toepassingen van orgaanperfusie voor medicijnontwikkeling.*



## TNO

**?! Probleem:** hoe geneesmiddelen zich gedragen in het menselijk lichaam is lastig te voorspellen, maar wel belangrijk voor de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen.

**! T02-oplossing:** TNO test geneesmiddelen op organen die buiten het lichaam in leven worden gehouden. TNO gebruikt hiervoor levers en nieren van varkens. Zo kunnen geneesmiddelen gevolgd worden: hoe worden ze omgezet in de lever en uitgescheiden door de nieren?

**! Impact:** geneesmiddelen-ontwikkelaars kunnen de resultaten gebruiken in de preklinische en vroeg-klinische fase van geneesmiddelenonderzoek. Gegevens over de omzetting en het weer uitscheiden, interacties met andere geneesmiddelen en het bepalen van de juiste dosering versnellen de ontwikkeling. De resultaten zijn beter te vertalen naar de mens dan resultaten van gekweekte cellen of computersimulaties en gedetailleerder dan dierstudies. Door deze technologie zijn uiteindelijk ook minder proefdieren nodig.

**W**ie een pil slikt, schakelt een complete machinerie in het lichaam in, die de ingenomen stof omzet, afbreekt, en weer uitscheidt. Hoe dat precies in zijn werk gaat, hangt met name af van de werkzame stof: lever en nieren verwerken de ene stof snel, de andere traag, en sommige stoffen worden omgezet in andere stoffen met hun eigen effecten. Soms hebben verschillende geneesmiddelen interacties met elkaar: ze beïnvloeden elkaars werking. ‘Wij kunnen dat proces heel goed bestuderen dankzij orgaanperfusie’, zegt Evita van de Steeg, senior scientist Preclinical Pharmacokinetics bij TNO in Leiden. Met hulp van een hart-longmachine, normaal gebruikt voor organen bestemd voor orgaantransplantaties, houden onderzoekers een varkenslever en -nier een dag lang in leven. Lang genoeg om te onderzoeken hoe een specifiek geneesmiddel zich gedraagt.



Evita van de Steeg

### Varkensorganen

‘We werken met de organen van varkens, omdat die qua structuur en functie erg lijken op die van de mens’, vertelt Van de Steeg. Het levert waardevolle gegevens op voor farmaceutische bedrijven. ‘Je wilt weten hoe lang een geneesmiddel in het lichaam is, hoe snel de hoeveelheid van het geneesmiddelen in het bloed afneemt, en hoe het uitgescheiden wordt, via de urine of de ontlasting’, zegt Van de Steeg. Ook kun je zo in een vroeg stadium mogelijk schadelijke interacties met andere geneesmiddelen in kaart brengen. Farmaceutische bedrijven zijn geïnteresseerd in de toepassing van deze technologie als voorbereiding op de eerste klinische studies in mensen. ‘We zijn in 2018 begonnen met de aankoop van een hart-longmachine.’

### Minder proefdieren

Voor orgaanperfusie wordt gebruik gemaakt van slachtafval, waarmee het geen dierproef is. Een belangrijk voordeel van orgaanperfusie ten opzichte van een dierproef is de zeer gedetailleerde data die in korte tijd verkregen wordt. ‘Je kunt op elk moment gehalten bepalen en biopten uit het orgaan nemen, iets dat met een levend dier veel lastiger is.’ Door die hogere detaillering zijn uiteindelijk ook minder proefdieren nodig.

Een ander veelgebruikt alternatief zijn in het laboratorium gekweekte cellen van organen, ofwel *organ-on-a-chip*. Van de Steeg: ‘Die zijn zeker veelbelovend en volop in ontwikkeling. Op dit gebied is TNO samen met onderzoekpartners ook heel actief, maar daarmee kunnen we nu nog geen compleet functionerend orgaan nabootsen zoals we met orgaanperfusie kunnen. Denk hierbij aan het netwerk van bloedvaten en de vele verschillende celtypen die in een orgaan zitten.’

### Net als bij mensen

Net als in het menselijk lichaam pompt de hart-longmachine zuurstofrijk bloed door de organen. De organen blijven zo ongeveer tien tot twaalf uur leven voor onderzoek, maar de onderzoekers werken aan het oprekken van die tijd door het biologische proces nog beter na te bootsen. Een ander toekomstperspectief is om nog meer organen samen te nemen. ‘We doen nu de eerste studies met een stuk darm, de lever, de milt, de alvleesklier en beide nieren samen’, zegt Van de Steeg. Dat maakt de gegevens nog realistischer: ‘Je kunt dan ook volgen hoe het medicijn via de darm opgenomen wordt. Eigenlijk precies zoals het bij mensen gaat.’ Samen met het Leidse LUMC, dat ruime ervaring heeft met orgaantransplantaties, wordt ook onderzocht hoe zieke menselijke organen kunnen worden toegepast. Het gaat hierbij bijvoorbeeld om een zieke lever die tijdens transplantatie wordt uitgenomen. Zo wordt onderzocht wat het effect van een ziekteproces in het orgaan op het gedrag van geneesmiddelen is. ‘Op die manier kunnen we een heel realistisch beeld krijgen van de werking en klaring (de snelheid waarmee een bepaalde stof door het lichaam uit het bloed wordt verwijderd) van geneesmiddelen in de patiënt’, aldus Van de Steeg. ■

**Wie:** TNO, LUMC, Takeda Pharmaceuticals, andere farmaceutische industrie.

**Looptijd:** lopend project binnen meerdere subsidies, interne onderzoekstrajecten en klantopdrachten.

**Budget:** het onderzoek valt onder meerdere lopende projecten, maar ter indicatie: het budget van de samenwerking met Takeda Pharmaceuticals was 250 duizend euro.

**Vervolg:** perfusie van uitgebreidere stelsels van organen, methoden om organen langer in leven te houden.



# IED's bestrijden met Augmented Reality

Improvised Explosive Devices (IED's) zijn goedkoop en eenvoudig te vervaardigen explosieven die veel slachtoffers maken in conflictgebieden onder zowel militairen als burgers. Vanwege de grote effecten die tegenstanders hiermee kunnen bereiken, worden ze veel gebruikt en evolueren ze snel. Dit maakt de bestrijding hiervan uitdagend, maar des te belangrijk. NLR ontwikkelde technologie om deze bestrijding te ondersteunen. ▶



## NLR

**?! Probleem:** Improvised Explosive Devices (IED's), geïmproviseerde explosieven, vormen in conflictgebieden voor grote gevaren. Ze brengen ernstige schade toe aan personeel en materieel en beperken de bewegingsvrijheid en beweeglijkheid van militaire eenheden.

**💡 TO2-oplossing:** NLR werkt samen met Defensie aan Spatial Computing-technologie, waaronder Augmented Reality, om het verzamelen, analyseren en delen van informatie tijdens militaire operaties te verbeteren.

**📊 Impact:** de technologie vergroot niet alleen de veiligheid van militair personeel in conflictgebieden, maar heeft ook toepassingen in stedelijke omgevingen waar criminelen aanslagen kunnen plegen met IED's.

Om de terroristische netwerken achter deze IED's in kaart te brengen, verzamelen en analyseren militaire eenheden zoveel mogelijk informatie. Dat proces wordt ook wel Technische Exploitatie (TE) genoemd. TE is enigszins vergelijkbaar met forensische opsporing met specifieke militaire kenmerken. Net als bij forensische opsporing worden in het veld sporen, verzameld die vervolgens in een laboratorium verder geanalyseerd worden. 'In militaire situaties is er grote tijdsdruk en wordt er dichtbij de frontlinie gewerkt, bijvoorbeeld in uitgezonden laboratoria. Hoe dichterbij je het vuur zit, des te eerder beschik je over relevantie informatie. Dit maakt het mogelijk om snel nieuwe verbanden te leggen. Bovendien kunnen deze zo eerder verspreid worden, ter ondersteuning van betere beslissingsprocessen', zegt Roy Arents, Engineer Simulation & AR/VR Expert bij NLR.

### Spatial Computing

In de praktijk blijkt het verzamelen en delen van informatie niet altijd even makkelijk. Door de communicatie tussen de TE-experts te vereenvoudigen en kennis en middelen dichterbij de frontlinie beschikbaar te stellen, kan dit verbeteren. Het project ARTEX (Augmented Reality for Technical Exploitation in Counter IED-operations) onderzoekt of en hoe Augmented Reality (AR) en andere zogenoemde Spatial Computing-technologie het TE-proces als geheel kunnen verbeteren en versnellen. AR voegt een laag virtuele informatie toe aan de 'echte wereld'. Doordat AR-apparaten, zoals smartphones maar ook in de vorm van brillen, zich 'bewust' zijn van hun positie en oriëntatie in de ruimte, heel nauwkeurig zowel buiten als binnen, kan de virtuele informatie met de echte wereld geïntegreerd worden. Deze categorie 'slimme apparaten' die weten waar ze zich in de ruimte begeven, wordt ook wel Spatial Computing-technologie genoemd. Denk daarbij ook aan satellietnavigatie waar we dagelijks gebruik van maken. Met uitwisselbare hardware- en softwarematige componenten, zoals sensoren en slimme algoritmes, zijn zo vele nieuwe toepassingen mogelijk, ook binnen het domein van TE.

### Demonstratoren

NLR heeft deze componenten gecombineerd en doorontwikkeld ►



Roy Arents, Engineer Simulation & AR/VR Expert bij NLR.

*'In militaire situaties is er grote tijdsdruk en wordt er dichtbij de frontlinie gewerkt, bijvoorbeeld in uitgezonden laboratoria.'*

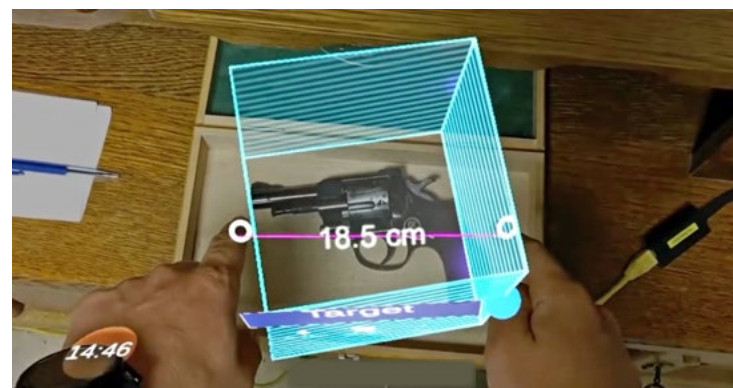
## NLR

- in samenwerking met het ministerie van Defensie in zogenoemde 'demonstratoren'. Deze bevatten verschillende functionaliteiten die door de operationele experts bij Defensie geëvalueerd kunnen worden. Een van de functionaliteiten richt zich op de TE-specialisten in zoekteams die verantwoordelijk zijn voor de identificatie en verzameling van objecten door het voor hen mogelijk te maken om gezamenlijk en in real-time een 3D-plattegrond op te bouwen van een gebouw. 'We verbeteren zo hun ruimtelijk bewustzijn en de communicatie binnen het team. Degene die het team coördineert, kan op een laptop de plattegrond van het gebouw zien opbouwen, waardoor direct inzichtelijk is waar teamleden zich bevinden en eventuele verborgen ruimtes zichtbaar worden waar mogelijk IED-onderdelen, aanwijzingen of bewijsmateriaal liggen. Doordat al deze informatie opgeslagen wordt, blijft de context rondom gevonden relevante objecten behouden. Hiermee kunnen laboratoriumspecialisten de informatie die hun collega's eerder hebben verzameld, verder analyseren en eventueel virtueel teruggaan naar het desbetreffende moment met daarbij alle context. Een plaatje zegt meer dan 1000 woorden, video vaak nog meer: wij bieden hiermee een gedeelde interactieve AR-omgeving. Arents: "We hebben gemerkt dat communicatie altijd beter kan, zo ook binnen TE. In de praktijk moeten onderzoekers in een laboratorium conclusies trekken over de informatie die militairen op locatie hebben gevonden om deze vervolgens weer over te dragen aan andere militairen die dit gebruiken voor bijvoorbeeld besluitvorming en het inschatten van risico's. Zij praten niet altijd op hetzelfde niveau met elkaar en dat willen we met deze AR en Spatial Computing-technologie verbeteren. Hierdoor zullen ze elkaar beter begrijpen."

### Militairen en burgers

In 2023 vinden praktijktesten plaats en begin 2024 maakt ARTEX onderdeel uit van een oefening van het Amerikaanse leger. 'We gaan de technologie dan verder testen.' Uiteindelijk moet het leiden tot een veiligere omgeving voor militairen én burgers. "Na doorontwikkeling is de technologie eventueel in de oorlog in Oekraïne te gebruiken, maar ook in een willekeurige stad waar aanslagen met IED's kunnen plaatsvinden." ■

'Na doorontwikkeling is de technologie in de oorlog te gebruiken, maar ook in een stad waar aanslagen met IED's plaatsvinden.'



Bekijk hier de video

**Wie:** NLR, ministerie van Defensie, Defence Science & Technology, Defence Expertise Centre Counter-IED,

**Looptijd:** 2,5 jaar met verlenging in 2024.

**Budget:** 1 miljoen euro.

**Vervolg:** in 2023 vinden praktijktesten plaats, begin 2024 is ARTEX onderdeel van een oefening van het Amerikaanse leger om de technologie te testen en te komen tot een daadwerkelijke invoering van deze technologie.



# Containerverlies op zee aanpakken

Transportschepen verliezen elk jaar honderden containers. Dat is gevaarlijk en schadelijk, daarom wil MARIN - samen met de scheepvaartindustrie - de belangrijkste oorzaken van containerverlies achterhalen én aanpakken. Twee boosdoeners zijn resonant en parametrisch slingeren, gevaarlijke bewegingscondities waarbij schepen in één keer veel containers kunnen kwijtraken. ►

*Jos Koning  
van MARIN.*



## MARIN

**?! Probleem:** op jaarbasis verliezen transportschepen honderden containers. Als containers losslaan, is dat gevaarlijk voor de bemanning en passerende schepen. Daarnaast vormen ze een bedreiging voor het milieu. De containers zijn lastig te bergen en hun inhoud – die ook gevaarlijk kan zijn – raakt verspreid over een groot gebied.

**💡 T02-oplossing:** MARIN heeft diverse oorzaken van containerverlies geïdentificeerd, zoals het beladingsplan en de conditie van de containers zelf, de controle daarop en de omstandigheden op zee. Met name twee specifieke bewegingscondities kunnen grote impact hebben op (container)schepen: resonant slingeren en parametrisch slingeren.

**📄 Impact:** het aantal incidenten kan worden teruggebracht door verbeterde randvoorwaarden rondom de planning, belading en goedkeuring voor vertrek. En daarnaast de toevoeging van verplichte en goedgekeurde waarschuwingsinstrumenten op de scheepsbrug. Zo kan MARIN – samen met de scheepvaartindustrie – de belangrijkste oorzaken van containerverlies achterhalen én aanpakken.

Jaarlijks vervoeren schepen zo'n 250 miljoen containers van a naar b over de wereldzeeën. Van die astronomische hoeveelheid werden vorig jaar 661 containers als 'verloren' gerapporteerd, minder van 0,00048 procent. 'Vanuit een financieel-economisch perspectief is dat nagenoeg verwaarloosbaar. En dus nauwelijks een probleem', zegt projectmanager Jos Koning van MARIN. 'Maar kijk je naar het daadwerkelijk aantal containers, dan ontstaat een heel ander beeld. Een moderne container is veertig voet, oftewel twaalf meter lang. Zo bezien rijdt er op jaarbasis een containertrein van acht kilometer de oceaan in.'

### MSC Zoe

Containers die losraken veroorzaken uiteindelijk het overboord slaan van containers en brengen allerlei risico's met zich mee. 'Allereerst is er het gevaar voor de scheepsbemanning', zegt Koning. 'Ze kunnen worden geraakt door een vallende container. Bovendien is de inhoud soms chemisch of brandgevaarlijk. Raken de containers eenmaal te water, dan is er gevaar voor passerende schepen die erop kunnen botsen. En tot slot is er de schade aan de omgeving. De containers zijn vaak lastig te bergen en de inhoud raakt verspreid over een groot gebied. Je kunt in sommige gevallen gerust spreken van een milieuramp.'

Maar hoe kan het nu gebeuren dat containers overboord slaan? Dat is precies wat MARIN wil achterhalen met het TopTier Joint Industry Project (JIP). Om deze vraag te beantwoorden, hebben de onderzoekers een uitgebreide analyse gemaakt van incidenten waarbij schepen containers verloren. 'Daaruit blijkt dat het leeuwendeel van het containerverlies wordt veroorzaakt door grote incidenten waarbij in één keer honderden containers overboord slaan', vertelt Jos. Denk bijvoorbeeld aan het ongeluk met de MSC Zoe die in de nacht van 1 op 2 januari 2019 maar liefst 342 containers verloor ten noorden van Ameland. Een jaar later verloor het mega-containerschip ONE Apus zo'n 1800 containers op de Stille Oceaan. En in 2021 raakte de Maersk Essen in hetzelfde gebied ongeveer 750 containers kwijt. ▶



Een proefopstelling bij MARIN.

*'Op jaarbasis rijdt er een containertrein van acht kilometer de oceaan in.'*



## MARIN

## ► Stuiteren

‘Stel nu dat we de oorzaken van die grote incidenten kunnen achterhalen en voortaan voorkomen, dan hebben we een reuzenstap gezet in het terugdringen van containerverlies’, zegt Jos. En wat blijkt: het merendeel van deze ongelukken wordt veroorzaakt door twee specifieke slingerbewegingen van het schip die onder uitzonderlijke condities plotsklaps kunnen ontstaan, te weten: parametrisch en resonant slingeren.

‘Resonant slingeren ontstaat wanneer je schip door de golfslag telkens wordt aangestoten op een frequentie waarvoor het super gevoelig is. Het is alsof je in een auto zit waarmee je over een ribbeltjespatroon rijdt waardoor hij steeds harder gaat stuiteren’, legt Jos uit. ‘Parametrisch slingeren is een bewegingspatroon waarbij de golven meestal recht van voren of achteren komen en waarbij je geen slingerhoeken verwacht. Maar door een koppeling tussen de lengte van de golven en een veelvoud van de slingerperiode raakt het schip instabiel en gevoelig voor die slingering. Zeer verraderlijk, want uit het niets kunnen dan slingerbewegingen tot wel dertig graden optreden.’

## Scheepsbrug

Het probleem met beide bewegingscondities is dat ze weinig voorkomen, waardoor scheepsbemanningen er weinig praktische ervaring mee hebben. ‘Daar zit dus ook een deel van de oplossing’, zegt Jos. ‘In de opleidingen moet hiervoor meer aandacht komen. Daarnaast moet op de scheepsbrug informatie beschikbaar zijn die helpt om deze bewegingen tijdig te identificeren. Daar bestaan wel instrumenten voor, maar die zijn nu niet verplicht.’ Gelukkig vallen de aanbevelingen van de projectgroep - waarin ook de scheepvaartindustrie ruimschoots is vertegenwoordigd - in vruchtbare aarde bij de Internationale Maritieme Organisatie (IMO), dus voorziet Jos op dat vlak zeker verbeteringen. ‘Nu is het veiligheidsbesef op schepen vooral ‘rule based’: het is veilig als je voldoet aan de regels. Wij hopen dat ons project bijdraagt aan meer actief veiligheidsmanagement’, zegt Jos. ‘Niet alleen maar voldoen aan de regeltjes, maar ook zelf actief monitoren dat je nog veilig bent.’ ■

**‘Het is alsof je in een auto zit waarmee je over een ribbeltjespatroon rijdt waardoor hij steeds harder gaat stuiteren.’**



**Wie:** bij het project zijn veertig deelnemers betrokken, zowel overheden als industrie. Daaronder bevinden zich drie nationale overheden, tien rederijen, zeven classificatiebureau, vijf leveranciers van lashing-materialen om

containers vast te zetten, verzekeraars en leveranciers van systemen en diensten voor ondersteuning van de bemanning aan boord.

**Looptijd:** het project is gestart in 2021 en loopt door tot eind 2024.

**Budget:** het budget is 3,9 miljoen euro, bijeingebracht door private en publieke partijen.



Bekijk hier de video

# Explosieve groei voor munitie met 3D-printers

TNO werkt samen met het ministerie van Defensie en buitenlandse overheden aan de verbetering van bereik, nauwkeurigheid en effect van munitie. Dat gebeurt door gebruik te maken van de eigenschappen van 3D-printertechnologie. ►



## TNO

**?! Probleem:** er is wereldwijd een groot tekort aan munitie met steeds grotere performance. Bestaande productiemethoden voor munitie zijn verouderd en grondstoffen zijn minder of niet verkrijgbaar door geopolitiek, milieuredenen of simpelweg doordat leveranciers het niet meer produceren. Het dwingt landen ertoe om te zorgen dat hun strijdkrachten optimaal zijn toegerust om zich te verdedigen, zowel nu als in de toekomst.

**T02-oplossing:** TNO ontwikkelt 3D-printtechnologieën die energetische materialen (stuw-, spring- en pyrotechnische stoffen voor munitie) vormt tot energetische producten die betere prestaties leveren dan de traditionele munitie.

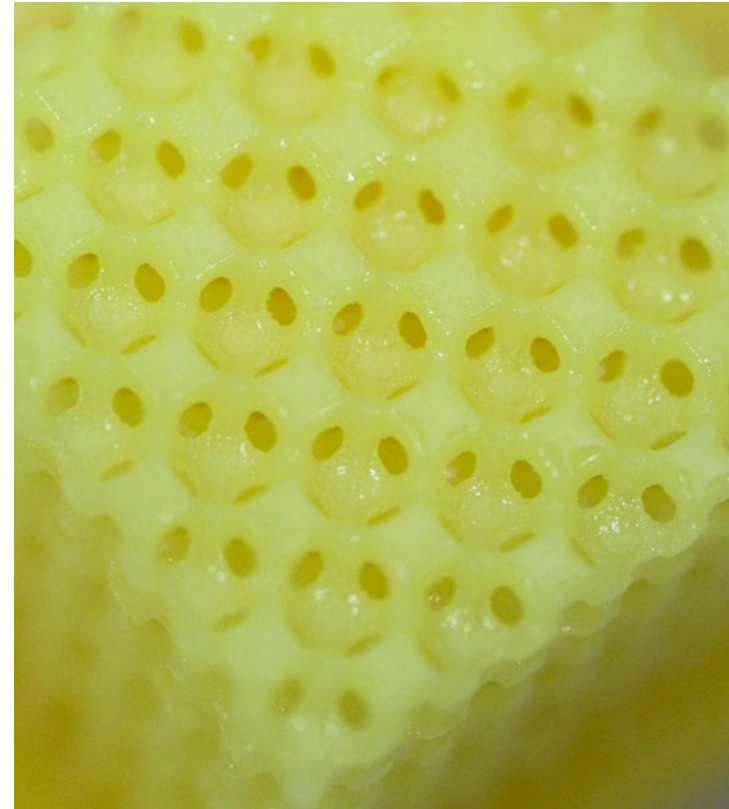
**Impact:** de ontwikkelde productiemethode is veiliger dan de klassieke methoden. Er zal meer mogelijk zijn met de wapensystemen en zo kunnen (Westerse) landen zich beter wapenen bij mondiale spanningen.

De oorlog in Oekraïne bevestigde het al: er is een groot tekort aan munitie in de wereld. Ingrediënten voor munitie zijn schaars, zoals een materiaal als het alom bekende TNT. Oorzaken hiervoor zijn geopolitieke ontwikkelingen, milieureggeving en consolidatie van industrie. Door jaren van bezuinigingen is de defensie-industrie van een groot aantal bedrijven naar een klein aantal monopolisten gegaan. 'Die laatste willen alleen de dingen doen waar ze veilig een grote marge op kunnen maken. Daarom worden een hoop chemische stoffen die we nodig hebben op dit moment niet gemaakt', zegt Senior Business Developer Joost van Lingen van TNO. 'De traditionele productie van munitie is aan het eind van haar ontwikkelingscyclus. De bestaande productiemethoden dateren uit de Tweede Wereldoorlog en geven weinig ruimte voor verdere ontwikkeling.'

### Brandsnelheden

In 2013 startte TNO met onderzoek naar 3D-printertechnologie als nieuwe productiemethode voor energetische materialen, zoals stuwstoffen voor wapens, raketten en explosieven. Tegelijkertijd is er onderzoek gedaan naar de verbeteringen naar de energetische materialen met als doel deze geschikt te maken om te verwerken met 3D-printtechnologie.

Het grote voordeel van 3D-printer technologie is dat het complexe vormen van gradiënten kan printen. Die gradiënten bestaan uit meerdere lagen van verschillende energetische materialen die elk hun eigen brandsnelheid hebben. 'Bij de traditionele artilleriewapens verbrandt het kruit wat tot drukopbouw achter het projectiel leidt en het projectiel uit de loop duwt. De sterkte van de loop bepaalt het maximum van de druk dat niet mag worden overschreden. Bij het gebruik van de klassieke kruitkorrelgeometrie zal het maximum van deze druk maar gedurende een fractie van de tijd worden behaald. Als je het brandgedrag van je kruitkorrels kunt aanpassen, kun je de druk over een langere tijd maximaal maken en zo het projectiel met meer kracht wegschieten of je kunt ervoor kiezen om de druk te verlagen zodat de loop minder snel slijt. Op dezelfde manier kun je raketmotoren inrichten. Raketten hebben ►



*'Het combineren van twee printtechnieken zorgt voor nog betere prestaties van de munitie.'*

## TNO

- in veel gevallen een vaste snelheid. Door diverse brandsnelheden in het materiaal te gebruiken, kun je in een laatste aanvalsfase de raket laten versnellen of juist extreem vertragen. Door de onvoorspelbaarheid zijn deze raketten moeilijker te verdedigen voor het traditionele luchtafweergeschut.

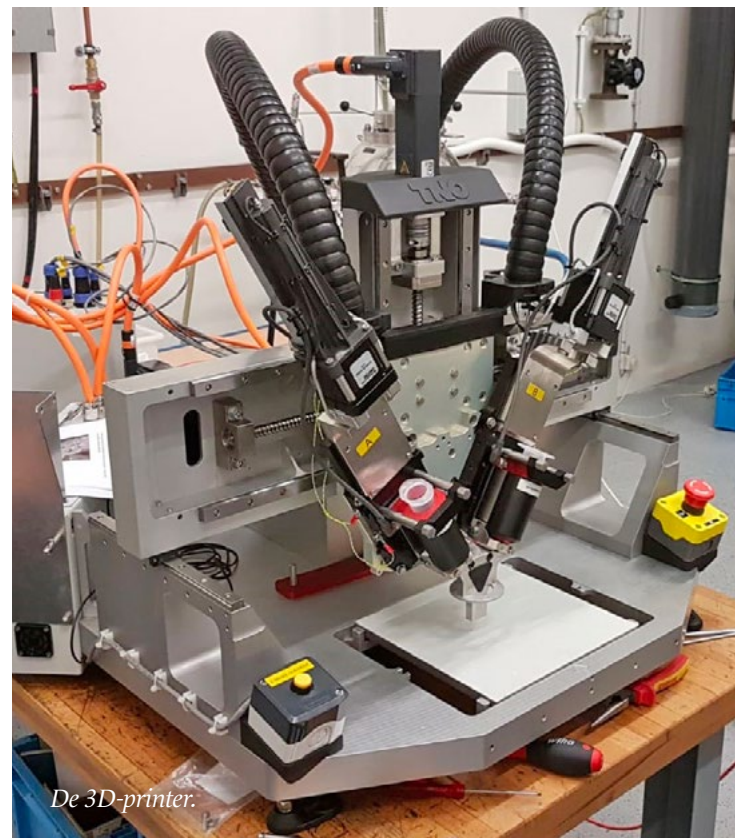
### Midden en groot kaliber

De technologie richt zich op de midden en groot kaliber wapensystemen van 20mm tot 155 mm, maar ook op mortieren en raketten. TNO loopt wereldwijd voorop met deze technologie. 'Wij houden ons al zeventig jaar bezig met energetische materialen en de laatste 25 jaar met printertechnologie. Onze kracht zit in de bundeling van deze kennis.' In 2022 zette het kennisinstituut stappen door samen met studenten twee printtechnieken bij elkaar te brengen, waardoor hoge energetische materialen in hoge resolutie worden geprint. 'Dat zorgt voor nog betere prestaties van de munitie.'

### Performance

En dat is waar TNO zich op richt: het optimaliseren van de performance van de gradiënten in energetische materialen. TNO wordt al door het ministeries van defensie en bedrijven in de defensie-industrie ingeschakeld om pyrotechnische stoffen verder door te ontwikkelen. 'In afgelopen twintig jaar was de focus wereldwijd op het veiliger maken van munitie. Hierdoor kwam de performance in de verdrukking. De inzet van 3D-printtechnologie is een stap in de richting van een hogere performance.' In landen als de Verenigde Staten experimenteren overheden al met 3D-printtechnologie, maar het is nog wachten op de industrie. 'Bedrijven moeten een kwalificatieproces opstarten, om de veiligheid van munitie te garanderen. De NATO heeft dit voor elk wapensysteem gedefinieerd en dat proces kost miljoenen.' ■

**'Door de onvoorspelbaarheid zijn deze raketten moeilijker te verdedigen voor het traditionele luchtafweergeschut'**



**Wie:** TNO, Europees samenwerkingsverband AMTEM (Additive Manufacturing Techniques for Energetic Materials).

**Doorlooptijd:** AMTEM krijgt een vervolg, van 2023 - 2027.

**Budget:** het project bestaat uit losse projecten, totaal 1,5 miljoen euro.

**Vervolg:** TNO richt zich de komende jaren op het optimaliseren van de performance van de gradiënten in het kruit.



Bekijk hier de video



# Noors- Nederlandse nanosatellieten brengen veiligheid op hoger plan

De ministeries van Defensie van Nederland en Noorwegen lanceerden in januari 2023 twee nanosatellieten die heel precies radarbronnen op aarde kunnen detecteren en lokaliseren. De landen werken samen met TNO, NLR en het Noorse FFI binnen het MilSpace2-programma voor militair gebruik van de ruimte. TNO ontwikkelde de sensoren van het satellietduo en dat was voor het instituut de eerste keer. ►

SCIENCE AND INNOVATION  
AT THE FRONT LINE



## TNO, NLR

**?! Probleem:** in de Defensievisie 2035 staat dat de ruimte boven onze aarde een noodzakelijke schakel is geworden voor het informatiegestuurd optreden van de krijgsmacht. Defensie maakt steeds meer gebruik van satellieten, bijvoorbeeld voor navigatie- en communicatiesystemen.

**💡 T02-oplossing:** Defensie ontwikkelt en lanceert in samenwerking met Noorwegen eigen satellieten om invulling te geven aan de Defensievisie 2035. TNO, NLR en het Noorse kennisinstituut FFI ontwierpen twee nanosatellieten die in formatie vliegen. Zo kunnen ze nauwkeurig radarbronnen detecteren, classificeren en lokaliseren.

**📄 Impact:** in Europees verband zoeken landen naar manieren om satellietcapaciteit samen te voegen en informatie uit te wisselen en te delen. Het project met Huygens en Birkeland zet Nederland op de kaart voor dit soort samenwerkingen. Met deze kennis kan TNO Defensie nog beter adviseren om ervoor te zorgen dat het veilig blijft in de ruimte.



*Veel enthousiasme was er bij de lancering van de satelliet op Cape Canaveral, Florida.*

*De BRIK II-satelliet die sinds 2022 in een baan om de aarde draait.*

**H**uygens en Birkeland heten ze, de twee kleine instrumenten, iets groter dan een schoendoos, die sinds januari 2023 in tandemformatie om de aarde vliegen. De satellieten zijn vernoemd naar de Nederlandse astronoom Christiaan Huygens en de Noorse natuurkundige Kristian Olaf Birkeland. Speciale antennes vangen radarsignalen onder een bepaalde hoek op. De satellieten hebben een kleine raketmotor die kan bijsturen om ze steeds op een onderlinge afstand van vijftien tot 25 kilometer te houden. Daardoor ontvangen ze het radarsignaal met een klein tijdsverschil. Op die manier kunnen ze nauwkeurig de locatie van een radarbron op aarde bepalen. Vanuit de ruimte bestrijken satellieten continu een groot gebied. Dat biedt

flinke voordelen ten opzichte van radardetectie vanuit een vliegtuig of een schip, wat steekproefsgewijs gebeurt en een veel kleiner gebied beslaat. Deze twee nanosatellieten maken het mogelijk navigatiepatronen van voertuigen op land en zee in kaart te brengen. 'Dit is een stap in complexiteit omhoog ten opzichte van de eerste stap die Defensie gezet heeft', zegt Wouter van der Wiel, Programme Manager Military Operations bij TNO. Die eerste stap was de BRIK II-satelliet die sinds 2022 in een baan om de aarde draait.

### TNO's eerste satellieten

Het is de eerste keer dat TNO zelf satellieten heeft ontwikkeld vanaf ►



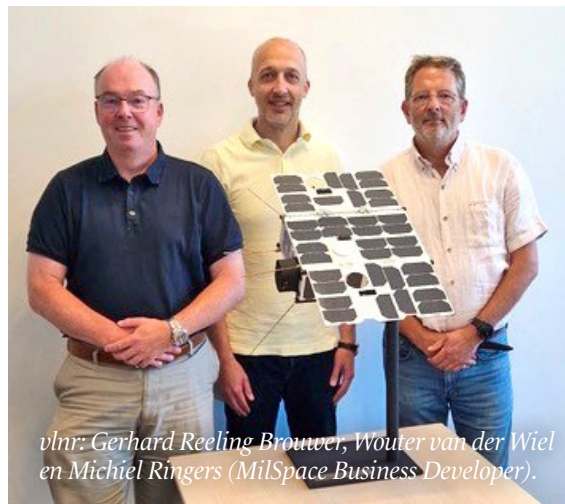
## TNO, NLR

- ▶ het concept tot en met de realisatie. ‘Traditioneel ontwikkelen wij de instrumenten aan boord van andermans satellieten, de payload’, vertelt Van der Wiel. Ook dit keer was de sensor payload hun focus, maar nu werkten ze nauw samen met NLR die het satellietplatform ontwierp en het Noorse FFI dat verantwoordelijk was voor het grondstation en de aansturing. ‘Om iets te ontwikkelen vanaf een idee in de wandelgangen tot iets wat echt in de ruimte zweeft, dat is heel gaaf. Als ruimtevaartingenieur hoop je dat die kans zich een keer voor doet.’ SpaceX lanceerde de satellieten in januari 2023 vanaf Cape Canaveral in Florida. ‘Erg indrukwekkend om te zien en vooral te horen en te voelen, de geluidsgolven en de kracht die van zo’n raket afkomen.’

**Samenwerking in de ruimte**

In de Defensievisie 2035 is het ontwikkelen van capaciteit in de ruimte een speerpunt. Satellietssystemen worden steeds belangrijker, voor navigatie en communicatie, maar ook voor het vergaren van informatie over mogelijk schadelijke activiteiten van landen wereldwijd. De samenwerking met het Noorse ministerie van Defensie vindt plaats onder de paraplu van het Strategic Mutual Agreement on Research and Technology (SMART), waarbinnen beide landen zowel technologisch als operationeel nauwer met elkaar samenwerken. Gerhard Reeling Brouwer, technisch projectleider bij TNO: ‘We zijn betrokken bij de hele missie. Alle partners

*‘Satellieten worden steeds betaalbaarder en komen binnen bereik van landen met een kleiner budget.’*



*vlnr: Gerhard Reeling Brouwer, Wouter van der Wiel en Michiel Ringers (MilSpace Business Developer).*

kijken bij elkaar mee. Dus we weten nu veel meer van het opleveren van een satelliet en het gebruik ervan. Al die extra kennis kunnen we goed gebruiken voor onze hoofdtaak: het Space Security Center van Defensie adviseren bij het gebruik van satellieten. Zoals hoe ze data kunnen combineren met die van andere sensorsystemen en hoe ze kunnen evalueren waartoe andere systemen in staat zijn die mogelijk een dreiging vormen voor Nederland.’

**Europa**

Van der Wiel hoopt daarbij dat er nog meer in het vat zit: ‘Wij blijven metingen doen om de sensoren te kalibreren en

de algoritmes en dataverwerking te verbeteren. We willen hiervan zoveel mogelijk leren voor de volgende satelliet. Want we hopen wel dat de constellatie van satellieten nog uitgebreid wordt met nieuwe. Satellieten worden steeds betaalbaarder en komen binnen bereik van landen met een kleiner budget. Er is al interesse uit andere landen om mee te gaan doen. Die zien dit project als een succes.’ Reeling Brouwer vult aan: ‘In Europa zoekt men naar mogelijkheden om satellietcapaciteit samen te voegen. Dit project zet Nederland goed op de kaart in dit soort samenwerkingen. Wat in 2018 begon op een whiteboard, is nu iets wat voor Nederland inzetbaar is in Europees verband.’ Van der Wiel sluit af: ‘Dit zaadje is geplant en gaat alle kanten op groeien.’ ■

**Wie:** ministerie van Defensie, het Noorse Ministerie van Defensie, het Noorse FFI, en de Nederlandse kennisinstututen NLR en TNO.

**Doorlooptijd:** 5 jaar.

**Vervolg:** binnen de ruimtevaartagenda van defensie worden satellietssystemen steeds belangrijker. TNO blijft metingen doen om de prestatie van de Birke-land en Huygens te verbe-

teren. Mogelijk wordt de constellatie nog uitgebreid met nieuwe satellieten. Dit soort ruimtecapaciteit wordt steeds bereikbaar voor kleine landen met een klein budget.



Bekijk hier de video



# T02 Digilab: bundelen van gezamenlijke denkkracht

Nederland is groot geworden door innovaties en technologische doorbraken. Om dit in de toekomst te garanderen, is kruisbestuiving tussen kennisinstellingen een voorwaarde. Het T02 Digilab wil de gezamenlijke denkkracht van T02-instellingen faciliteren, om een substantiële bijdrage te kunnen leveren aan de uitdagingen waarmee we worden geconfronteerd. ►

*Vlnr. Han van Veldhuizen, Marijn Kuijper (Unitmanager Deltares Software Centre) en Hanneke van der Klis en vormen het team van de digitale transformatie bij Deltares.*



## Deltares

**?! Probleem:** de wereld verandert snel en de onvoorspelbaarheid neemt toe. Oplossingen voor problemen als bijvoorbeeld klimaatverandering of de stikstofproblematiek zijn complex en vergen een integrale aanpak. Hoe kunnen kennisinstellingen nog beter samenwerken aan de maatschappelijke vraagstukken?

**💡 TQ2-oplossing:** Deltares wil samen met de andere TQ2-kennisinstellingen de digitale transformatie versnellen. De oprichting van een digitale faciliteit, een TQ2 Digilab, is daarin een belangrijke stap. Een TQ2 Digilab richt zich op digitale innovatie, technologieën en oplossingen. Het is een virtuele samenwerkingsomgeving waarin de kennisinstellingen - en later ook overheden en marktpartijen - flexibel, efficiënt en veilig toegang krijgen tot elkaars data, algoritmes, modellen en reken capaciteit.

**📊 Impact:** een vergelijkbare virtuele samenwerkingsomgeving is nog niet voorhanden. Een innovatief 'ecosysteem' als het TQ2 Digilab, stelt de kennisinstellingen in staat om nog betere en diepgaandere oplossingen te vinden voor de meest complexe onderzoeksvraagstukken, zoals dijkdoorbraken, het bevorderen van schonere luchtvaart of het waarborgen van voedselzekerheid.

Een van de technologieën die de wereld flink opschudt, is de ontwikkeling van Artificial Intelligence (AI). “Neem nou AI-technologieën zoals ChatGPT. Een jaar geleden hadden we niet kunnen bedenken dat deze vorm van AI zo snel een belangrijke rol in ons leven zou gaan spelen”, zegt Han van Veldhuizen, manager ICT bij Deltares. Met AI, maar ook big data, cloud computing, robottechnologie en 3D-printing volgen de technologische doorbraken elkaar in rap tempo op. “Om onze positie als kennisinstituut op hoog niveau te handhaven, is het essentieel dat we datagedreven werken”, zegt Hanneke van der Klis, manager Digital Transformation van Deltares. “Daar zijn we al langer mee bezig, en dat willen we versnellen. Datamanagement moet voldoen aan de eisen van tegenwoordig, onze software moet aansluiten bij de nieuwe technologieën.” “En het gaat niet alleen om de techniek”, vult van Veldhuizen aan, “Het is ook van belang om de medewerkers enthousiast te maken voor deze nieuwe technologieën en de toepassing ervan, omdat dit een andere manier van werken met zich meebrengt.”

### Belang van een sterke basis

Om de digitale transformatie gestalte te geven, is het ‘eigen huis’ op orde maken een vereiste. Van Veldhuizen: “Bij Deltares hebben we hard gewerkt om de basis op orde te maken. Zo hebben we bijvoorbeeld ons datamanagement verbeterd. Bij elk project denken we bewust vooraf na over welke data we gaan gebruiken, hoe we de data verwerken en welke data we wel en niet bewaren. Dat geldt ook voor de aanpak van onze softwareontwikkeling. In plaats van dat een medewerker van project naar project gaat, zetten we voor langere tijd een team van medewerkers in op de ontwikkeling van een softwareproductlijn. Door daarop te focussen, kunnen we onze producten verbeteren. Zo formuleert het software productlijnteam Ecologie en Waterkwaliteit - samen met Rijkswaterstaat, provincies en waterschappen - concrete doelen over waar we de komende vijf jaar met de nieuwe software naartoe willen, en hoe we dat gaan bereiken. Dat zijn hele concrete afspraken die we met elkaar maken.” ▶

*‘We willen de collectieve denkkraft van alle knappe koppen mobiliseren.’*



*Han van Veldhuizen, Hanneke van der Klis en Marijn Kuijper ((Unitmanager Deltares Software Centre) vormen het team van de digitale transformatie bij Deltares.*

## Deltares



### Agile organisatie

Deltares is met de digitale transformatie op een andere manier gaan werken; teams zijn anders georganiseerd qua samenstelling én met de focus op wendbaarheid. Zo zijn de teams in staat om snel en effectief in te spelen op veranderingen. Van der Klis: “We hebben het proces van de digitale transformatie op een agile manier ingericht. Kleine teams werken nauw met elkaar samen, boeken stap voor stap resultaten en stellen elk kwartaal nieuwe doelen. En het gaat niet alleen over technologie. We zetten trainingsprogramma's op voor onze mensen, waarbij we ook de samenwerking zoeken met collega's van andere TO2-instituten en marktpartijen. Zij staan voor dezelfde uitdaging om het kennisniveau en de vaardigheden van medewerkers op het gebied van digitale ontwikkelingen te vergroten.”

### Kruisbestuiving

Om uiteindelijk de technologische doorbraken te forceren die nodig zijn, is kruisbestuiving tussen de verschillende disciplines en expertises een voorwaarde. De digitale infrastructuur om deze interactie te ondersteunen is nu nog onvoldoende aanwezig. Begin 2022 kwamen alle TO2-instituten bij elkaar om te bespreken wat ze samen zouden kunnen doen. Dit resulteerde in het voorstel voor de oprichting van een gedeelde digitale faciliteit: het TO2 Digilab, een virtuele samenwerkingsomgeving waarin onderzoekers in verschillende samenstellingen kunnen samenwerken. Van Veldhuizen: “Het TO2 Digilab is een digitale faciliteit waar we data, modellen en rekencapaciteit met elkaar delen om de collectieve denkkracht van alle knappe koppen te mobiliseren.”

### Regie over eigen data

Naast de kennisinstituten kunnen op termijn ook (semi)overheidsorganisaties, onderwijsinstellingen en het bedrijfsleven op het TO2 Digilab worden aangesloten. Van der Klis: “Het interessante is dat we bij de bouw van deze digitale faciliteit gebruik kunnen maken van de expertise van alle TO2-partners. TNO heeft bijvoorbeeld een afdeling die gespecialiseerd is in het ontwikkelen van dit soort

## ‘Elke partij houdt zeggenschap over de eigen data.’

platformen. De technologie is er, de echte uitdaging ligt in het maken van afspraken over het delen van informatie.” Van Veldhuizen: “Elke betrokken partij, inclusief marktpartijen die een cruciale rol spelen in toegepast onderzoek, heeft de wens om controle te houden over hun eigen gegevens (data). We zien bij projecten, waarbij meerdere marktpartijen betrokken zijn, een grote bereidheid om samen te werken. Echter, vanwege bedrijfsgeheimen kan niet iedereen zomaar alle gegevens met anderen delen. Het TO2 Digilab kan een oplossing bieden, door data en modellen alleen onder bepaalde voorwaarden beschikbaar te stellen en aan specifieke groepen. Zo houdt elke partij de zeggenschap over de eigen data.” ■

**Wie:** Deltares, MARIN, TNO, NLR en WUR.

**Doorlooptijd:** januari 2024 tot en met december 2025.

**Budget:** de komende twee jaar 10 miljoen,

twee miljoen euro per TO2-instituut.

**Vervolg:** de kennisinstituten willen begin 2024 starten met het TO2 Digilab en met het delen van data. De tweede fase

bestaat - naar verwachting in 2025 - uit het toevoegen van reken-capaciteit, zodat de kennisinstituten gebruik kunnen maken van elkaars analyse- en modelleringstechnieken.



# F-serie sloopsschroeven draaien om efficiëntie

Een olietanker is lastig af te remmen, dat is een bijna spreekwoordelijk gegeven. Als zo'n enorm schip eenmaal op snelheid is, is het doel om de bestemming te bereiken met minimaal brandstofverbruik en emissies. Een sloopsschroef die precies op maat is ontworpen, speelt hierbij een cruciale rol. MARIN heeft samen met partners een serie schroeven ontwikkeld, de F-serie, die een hoog rendement bieden en voldoen aan de eisen van geluid, vibraties en erosiebestendigheid. ►

*Jie Dang, projectmanager van de F-serie bij MARIN: 'Onze testmethoden zijn aanzienlijk verbeterd sinds de introductie van de B-serie.'*



## MARIN

**?! Probleem:** door de energietransitie en om te voldoen aan de klimaatdoelen moeten scheepsschroeven zo efficiënt mogelijk functioneren om brandstofverbruik te minimaliseren. Tegelijkertijd moeten ze aan strengere eisen op het gebied van geluids- en comfortniveaus voldoen. Hoe vind je daarin de juiste balans?

**💡 TO2-oplossing:** MARIN heeft honderdvijftig unieke varianten van 'fixed pitch propellers' ontwikkeld, en deze grondig getest. Alle prestatiegegevens zijn toegankelijk in een database waarin een scheepsbouwer kan zoeken naar het optimale schroefontwerp voor het type vaartuig. Hierbij kan de ontwerper rekening houden met diverse eisen, waaronder efficiëntie, geluidsreductie en vibratiebeheersing.

**📊 Impact:** in een vroeg ontwerpstadium kunnen scheeps- en schroeffabrikanten tijd en kosten besparen omdat ze de ontwerprisico's grondiger kunnen afwegen. MARIN is nu bezig met het testen van een FC-serie, waarbij C staat voor comfort: deze schroeven produceren minder geluid, dat belastend kan zijn voor zowel de bemanning als voor het leven in zee.

Voor grote vrachtschepen, maar ook veerboten en cruiseschepen, is het voornaamste doel om zo efficiënt mogelijk de volgende haven te bereiken. Een 'fixed pitch propeller' (schroef waarvan de bladen vast op de naaf zitten) is daarvoor het meest geschikt. Van dit type schroef heeft MARIN onlangs een geheel nieuwe serie ontwikkeld en uitvoerig getest: de F-serie.

### Uitgebreide tests

'De F-serie vervangt de vorige B-serie, die ruim vijftig jaar voor de scheepsindustrie de wereldwijde standaard was', zegt Jie Dang, projectmanager van de F-serie bij MARIN. Inmiddels zijn de eisen aangescherpt; zo mag de bemanning van een schip niet te veel hinder ondervinden van trillingen en geluid aan boord. Bovendien is de technologie verder geëvolueerd, waardoor bijvoorbeeld het risico op erosie door hoge drukverschillen (cavitatie) beter kan worden beheerst.

Het team heeft in totaal honderdvijftig verschillende schroeven op schaal ontworpen, die variëren in bladaantal, bladoppervlak en spoed (de hoek waarop het blad aan de naaf zit). Daarna zijn deze schaalmodellen onderworpen aan rigoureuze testen in het geavanceerde bassin van MARIN, in 'open water' omstandigheden. 'Onze testmethoden zijn aanzienlijk verbeterd sinds de introductie van de B-serie. We werken nu met hogere toerentallen waardoor schaal-effecten verminderen en we meten met grotere precisie. Bovendien zijn we nu in staat om achteruit te draaien en kunnen we experimenteren met diverse variabelen zoals rotatie, snelheid en richting-zogeheten 'vier kwadranten' operatie, om tegemoet te komen aan de elektrificatie van schepen.'

### Bronzen schroeven

De F-serie vormt primair een uitgebreide dataset met zowel ontwerpgegevens van de schroeven als hun prestatiekenmerken. Via gebruiksvriendelijke software met een grafische interface heb je als scheeps- en schroeffabrikant toegang tot alle prestatiegegevens uit de tests. Voer kenmerken in zoals de weerstand van het schip en het toerental van de motor, en de software genereert een set schroef-

*'De F-serie biedt een hoog rendement en voldoet aan de eisen van geluid, vibraties en erosiebestendigheid.'*

ontwerpen die daar optimaal bij aansluiten. 'En vaak ook een schatting van het gewicht en traagheidsmoment (geeft de mate van verzet tegen verandering van hoeksnelheid van een lichaam met een zekere massa). Schroeven worden gemaakt van brons en dat is de belangrijkste kostprijs in een offerte.' Zo heeft een scheeps- of schroeffabrikant snel en nauwkeurig gegevens om een offerte op maat te maken. 'De F-serie schroef weerspiegelt nauwgezet de actuele eisen in de markt', concludeert Dang.

### Minder lawaai

Bij grote vracht- en passagiersschepen staat efficiëntie voorop, maar dat zorgt wel voor een hoger geluidsniveau, volgens John Huisman, propellerspecialist van het team. 'Een schroef met een hoge tipbelasting verdeelt de schroefkracht optimaal en verhoogt daarmee de efficiëntie. Maar die tipwervel maakt wel geluid.' En lawaai kan belastend zijn voor zowel de bemanning als voor het leven in zee. Daarom is MARIN bezig met het testen van een FC-serie, waarbij C staat voor comfort: deze schroeven produceren aanzienlijk minder geluid. ■

**Wie:** MARIN, Nederlandse marine, en 35 deelnemers uit de industrie, waaronder werven, classificatiebureaus en nagenoeg alle schroeffabrikanten in de wereld.

**Looptijd:** dec. 2018 – juni 2023.

**Budget:** 2,5 miljoen euro.

**Vervolg:** de FC-serie met schroeven die minder geluid maken wordt

nu getest. Afronding waarschijnlijk eind 2023. Daarnaast gaat MARIN eind 2023 tests starten om een dataset te ontwikkelen die representatief is voor de ware grootte van een schroef.



# DNS Analysis speurt naar wereldwijde cyberaanvallen

Het begon met een netwerkbeveiligingsopdracht. 'Een van onze klanten is Rabobank', zegt Dimitri Hehanussa, Business Development Manager Cybersecurity bij TNO. De bank wilde zich beschermen tegen cyberaanvallen en vroeg TNO om een idee uit te werken. De opdracht leidde tot het bedrijf Scepter, en de beveiligingssoftware DNS Analysis. ►

*Deze afbeelding is een AI-gegenereerde foto, de eerste in TO2 magazine. Het is ontworpen met de software van Midjourney.*

## TNO



**Probleem:** cyberaanvallen op waardevolle doelwitten als banken zijn soms niet te detecteren, omdat de aanval plaatsvindt vanaf computers die nog niet op zwarte lijsten staan.



**T02-oplossing:** de beveiligingssoftware DNS Analysis, ontwikkeld door TNO, speurt naar afwijkende patronen in het netwerkverkeer in het DNS-systeem. Dat is het systeem waarmee IP-adressen van computers in een netwerk worden opgevraagd.



**Impact:** door DNS Analysis onder te brengen bij het bedrijf Scepter, hebben ook andere (financiële) partijen toegang tot deze beveiligingssoftware, wat zal leiden tot een veiliger internet voor iedereen. DNS Analysis is eenvoudig te integreren in bestaande IT-systemen en infrastructures.

‘Het probleem bij banken is dat ze last hebben van gerichte aanvallen’, zegt Hehanussa. Dat betekent dat de standaardmethode *signature detection*, waarbij je speurt naar internetverkeer via adressen op een zwarte lijst, niet werkt, omdat banken juist geconfronteerd worden met de eerste aanval vanaf verse adressen. ‘Het gaat hier om groepen criminelen die zelf ook een innovatie-afdeling hebben’, schetst Hehanussa het gevaar van deze ontwikkeling.

### Afwijkend gedrag

Het idee van TNO was om afwijkend gedrag op het spoor te komen door analyse van het Domain Name Server (DNS)-systeem, ‘het telefoonboek van internet’. Als een computer een website wil bezoeken, vraagt hij aan een DNS-server - een computer in het netwerk - om het bijbehorende IP-adres. Als die DNS-server dat niet weet, verwijst die door naar een volgende DNS-server, net zo lang tot het IP-adres boven tafel is.

### ‘De Rabobank zei: we willen dit wel als product afnemen.’

‘DNS wordt door allerlei applicaties gebruikt, en geeft dus inzicht wat er gebeurt in een netwerk’, zegt Tim Ruhl, Chief Technology Officer bij Scepter. ‘De vraag was: kun je gedragingen zien die duiden op malicieus gedrag?’ Daarbij kun je bijvoorbeeld denken aan een machine die domeinen opvraagt in een ongebruikelijk gebied, bijvoorbeeld een domein in Rusland. Een andere mogelijkheid is dat de vijandelijke software informatie naar buiten sluist. Dat kan door meerdere DNS-verzoeken te doen, die uiteindelijk bij een vijandelijke server terechtkomen. In de opgevraagde URL-namen kun je data coderen, legt Ruhl uit. ‘Er past weliswaar niet veel data in één URL-naam, maar je kunt wel heel veel DNS-verzoeken doen, en daarmee veel data naar buiten sluisen.’ Afwijkend DNS-gedrag kan dus een aanval verraden, maar hoe detecteer je verdacht gedrag zonder de hele tijd valse alarmen

af te laten gaan? ‘Daarvoor hebben we toen een AI ontwikkeld die gedragsveranderingen op DNS-gebied detecteert’, zegt Hehanussa.

### Maatschappelijk verantwoord

Die software, destijds DNS Ninja genaamd, bleek prima te werken. ‘De bank zei: we willen dit wel als product afnemen. Dat was ook vanuit maatschappelijke verantwoordelijkheid, zodat andere partijen zich ook konden beschermen. Maar TNO is geen productorganisatie: we onderzoeken en ontwikkelen. Maar onderhoud, upgrades, marketing, en het opzetten van een serviceorganisatie, dat doen we allemaal niet. Ik zag daar een kans in, en heb me aangemeld voor TNO’s spin-off-programma.’ Dus zette Hehanussa het bedrijf SightLabs op, dat in 2020 werd overgenomen door het bedrijf NetDialog, gespecialiseerd in *network monitoring*: het in de gaten houden van het netwerk om te zorgen dat het goed blijft presteren. Dit cybersecurity- en IT management-perspectief vullen elkaar goed aan, zegt Ruhl, en inmiddels is het bedrijf omgedoopt in Scepter. Om die bredere toepassing te benadrukken is ook de naam DNS Ninja, met zijn sterke nadruk op cybersecurity, veranderd naar in DNS Analysis. Ruhl: ‘Maar de ninja in het logo hebben we wel gehouden.’ ■

**Wie:** TNO, SightLabs, NetDialog, Scepter, Rabobank.

**Looptijd:** de eerste gedachten over DNS Ninja werden in 2015 geformuleerd. In 2018 is SightLabs opgericht, en in mei 2020 overgeno-

men door Nexus International, het moederbedrijf van Scepter.

**Budget:** ter indicatie: in de eerste financieringsronde van Scepter ging het om een investering van 800 duizend euro.

**Vervolg:** het product DNS Analysis verder ontwikkelen, en integreren in een *software security operation centre*, zodat de juiste informatie binnen het bedrijf bij de juiste mensen terechtkomt.



# Van vervuilende naar duurzame elektronica

Consumentenelektronica heeft de wereld veel technologische revoluties opgeleverd, maar smartphones, pc's en laptops zorgen ook voor bergen afval. TNO ontwikkelde een techniek waarbij schakelingen op printplaten van deze elektronica niet langer geëtst maar met speciale inkt geprint worden op ultradunne folie. De inkt is terugwinbaar, de folie kan gerecycled worden. ►

*Ashok Sridhar (links) van TracXon en  
Ton van Mol van TNO Holst Centre.*





# Lichtere vliegtuigen met een 'romp' van thermoplast

NLR werkt samen met andere partijen aan een nieuwe vliegtuigromp met thermoplastische componenten. Dit materiaal biedt dezelfde sterkte en levensduur als aluminium, maar verlaagt het totale gewicht van de romp van vliegtuigen met meer dan tien procent, waardoor de CO<sub>2</sub>-uitstoot van vliegtuigen omlaag gaat. ▶



## NLR

**?! Probleem:** de luchtvaart veroorzaakt wereldwijd zo'n drie procent van de mondiale CO<sub>2</sub>-uitstoot. De wereldwijde vraag naar zuinig vervoer door de lucht neemt mogelijk toe. De luchtvaartindustrie heeft daarom de uitdaging opgenomen om technische oplossingen te ontwikkelen om de milieu-impact van zijn producten te verminderen.

**💡 T02-oplossing:** een consortium van partijen - waaronder NLR - werkt aan een thermoplastische rompsectie van vier bij acht meter, voor grote korte tot middellange afstandsvliegtoegen, inclusief cabine- en laadvloerstructuur en met hoofdinterieur- en systeemelementen, die efficiënt gemaakt kan worden in grote productievolumes.

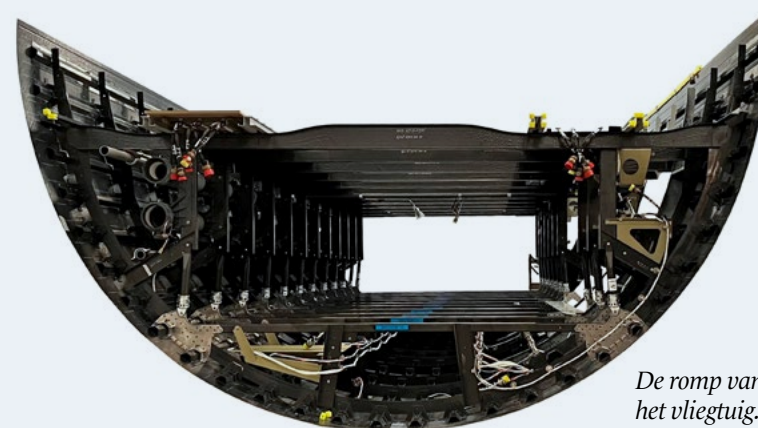
**📊 Impact:** de romp is naar verwachting meer dan tien procent minder zwaar en zal leiden tot bijbehorende reductie in CO<sub>2</sub>- en stikstofemissies, waarmee Nederland een bijdrage levert aan het doel in 2050 voor een klimaat neutrale luchtvaart.

De Indiase vliegmaatschappij IndiGo plaatste in 2023 een bestelling van vijfhonderd Airbus-vliegtuigen, die vliegtuigfabrikant Airbus tussen 2030 en 2035 levert. Om de mondiale mobiliteit te garanderen, zal de groei van het vliegtuigverkeer de komende decennia waarschijnlijk nog flink toenemen. Tegelijkertijd nemen de Europese luchtvaartindustrie en publieke partijen initiatieven op weg naar een klimaat neutrale luchtvaart in 2050. Nederland kan daaraan bijdragen met industriële technologieën om de benodigde grote veranderingen ten opzichte van de huidige generatie vliegtuigen mogelijk te maken.

*‘Thermoplast zorgt voor een gewichtsbesparing van tien procent.’*

### Koolstofvezel

Een consortium van voornamelijk Nederlandse partijen (STUNNING) heeft onder leiding van GKN Fokker binnen de door Airbus geleide Multi-Functional Fuselage Demonstrator (MFFD) gewerkt aan het bouwen van het onderste deel van een constructie van een vliegtuigromp in composiet, 's werelds grootste luchtvaartconstructie in thermoplast. Een ander consortium heeft tegelijkertijd gewerkt aan het bovenste deel. De beide delen worden nu, na voltooiing, aan elkaar gekoppeld in Duitsland. 'In 2021 heeft NLR in Marknesse de huid van de onderste helft als één stuk van 8 meter lengte en 4 meter doorsnede opgeleverd, 's werelds grootste eenvoudige thermoplast deel voor de vliegtuigbouw. Parallel is door onder andere door GKN Fokker in Hoogeveen begonnen met de fabricage van de overige onderdelen van de romp. Ook Europese partners leveren innovatieve onderdelen aan. 2022 stond in het teken van de integratie van de delen van het binnenwerk van de romp door de GKN Fokker en TU Delft bij SAM|XL in Delft, zoals de cabine- en laadvloerstructuur met hoofd systeemelementen', zegt Johan Kos, principal R&D Engineer bij NLR. Met koolstofvezel versterkte thermoplastische low-melt polyaryletherketone (LMPAEEK) hars, een composiet, wordt onderzocht voor groot-



De romp van het vliegtuig.

schalige toepassing in grote vliegtuigen voor de korte en middellange afstand, zoals de A320 Airbus, die nu nog in metaal geproduceerd worden. Bij nog grotere vliegtuigen, zoals de Airbus A350 en Boeing 787, zijn de rompen vaak al met composietmaterialen voorzien, maar dit is thermoharder hars en heeft als nadeel dat het slecht recyclebaar is. Thermoplast kan meerdere keren worden omgesmolten en dat bevordert het hergebruik. Bovendien maakt thermoplast het mogelijk om de delen van de romp te lassen. 'Verbinden gebeurt nu vaak met mechanische bevestigingsmiddelen. Dat kost veel tijd en voegt gewicht toe. Thermoplast zorgt voor een gewichtsbesparing van meer dan tien procent in de romp ten opzichte van de huidige generatie.'"

### Honderd vliegtuigen

Ook aan de productievolumes is gedacht. Kos: 'Voor een A320 zat de productie in 2019 op meer dan zestig nieuwe vliegtuigen per maand. Het onderzoek in de MFFD is erop gericht met thermoplast naar een productie van honderd vliegtuigen te gaan.' Dat kan alleen met een volledig geautomatiseerd productieproces. 'We onderzoeken hoe dit ►



Bekijk de video video



## NLR

- ▶ moet en gebruiken daarbij onze eigen Automated Fibre Placement machine om volledig geautomatiseerd met smalle stroken koolstofvezel versterkt thermoplast met een robot te plaatsen in een huidvorm. Deze techniek is niet nieuw, maar nog niet eerder voor zulke grote oppervlaktes thermoplast toegepast. We kunnen zo snellere doorlooptijden garanderen, die bijdragen aan de kostenbesparing voor een nieuw te bouwen vliegtuig.’

*‘De kunst is om al deze technologieën op hetzelfde moment samen te brengen in een nieuw te ontwerpen vliegtuig. In Europa mikken we op 2035.’*

In het MFFD-project is de samenbouw meer modulair opgezet in delen die apart van elkaar kunnen worden gebouwd. Daarnaast onderzoekt NLR samen met de andere partners naar oplossingen om de bekabeling en systemen zo efficiënt mogelijk in te richten. ‘We kijken welke nieuwe technieken nu het meest succesvol zijn voor toepassing in thermoplast en onderzoeken nog waar lokale verbeteringen en nog snellere inductielastechnologie mogelijk zijn.’ Ook de vleugels zouden van thermoplast gemaakt kunnen worden, maar dat onderzoek valt niet onder dit project.

### Grote oppervlaktes

NLR maakt in dit project gebruik van infrarood thermografie, een inspectietechniek die snel en effectief een duidelijk beeld geeft van de oppervlaktetemperaturen van de gecontroleerde onderdelen. Deze techniek wordt onderzocht om er tijdens de productie defecten mee te vinden. Kos: ‘Inspecties met thermografie gaan sneller, want je kunt in een keer grote oppervlaktes inspecteren, terwijl je bij de traditionele ultrasone techniek scans maakt van kleine smalle strookjes. Worden fouten tijdens de productie gevonden, dan kunnen we met thermografie het blijven optreden van die fouten sneller stoppen, waardoor we kosten kunnen besparen en verspilling

van materialen voorkomen. Zo wordt ook het verdere productieproces zo min mogelijk verstoord.’

De ontwikkeling van de romp voor de nieuwe generatie vliegtuigen is slechts een radartje in het geheel. Wereldwijd werken onderzoeksinstellingen en marktpartijen aan zuinigere, schonere en stillere vliegtuigen. Van nieuwe technologieën voor de voortstuwing tot innovatieve vleugelconstructies. ‘De kunst is om al deze technologieën op hetzelfde moment samen te brengen in een nieuw te ontwerpen vliegtuig. In Europa mikken we op 2035, dan verwachten we dat het eerste vliegtuig met alle technieken klaar is. Deze doelstelling is ook duidelijk geformuleerd bij alle teams die hieraan werken.’ ■

**Wie:** STUNNING consortium (GKN Fokker Technologies, GKN Fokker Aerostructures, GKN Fokker Elmo, Diehl, NLR, TU Delft, SAM|XL), Airbus, en andere Europese partners van de MFFD.

**Looptijd:** het MFFD-project loopt van 2015 - 2023. Het STUNNING consortium, met NLR, stapte in 2017 in het project.

**Budget:** Financiering door de Europese Unie via de Clean Sky 2 Joint Undertaking en door de private partijen die daaraan deelnemen. Private financiering voor NLR door TKI High Tech Systemen en Materialen en vanuit het NLR programma Ontwikkeling Lucht- en Ruimtevaartuigen.

**Vervolg:** in het project FASTER H2 in het programma Clean Aviation worden bepaalde romptechnieken verder ontwikkeld voor waterstofaangedreven vliegtuigen, die geen CO<sub>2</sub> uitstoten. Het is nu aan de marktpartijen om verdere initiatieven te nemen om deze techniek met thermoplast toe te gaan passen.



# Met meer informatie biobased bouwen stimuleren

De bouw met reguliere materialen als cement en staal zorgt voor een grote CO<sub>2</sub>-uitstoot, terwijl biobased bouwmaterialen als hout CO<sub>2</sub> juist vasthouden. Onbekend maakt onbemind geldt nu nog voor deze materialen en daar wil WUR verandering in brengen. ►



## WUR

**?! Probleem:** bouwen met cement en staal zorgt voor veel CO<sub>2</sub>-uitstoot en over biobased bouwen is nog te weinig bekend voor brede toepassingen.

**T02-oplossing:** het bouwen met biobased bouwmaterialen die CO<sub>2</sub> vasthouden. WUR wil het gebruik van biobased bouw materiaal vergroten door informatie over milieuprestatie, certificering en beschikbaarheid actief te delen via de Catalogus biobased bouwmaterialen en de Nationale Milieudatabase.

**Impact:** architecten en aannemers gaan meer biobased materialen toepassen omdat ze de milieu-impact beter kennen, met als gevolg minder CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De meeste gebouwen wereldwijd bestaan grotendeels uit beton en staal. Bij de productie daarvan komt echter veel CO<sub>2</sub> vrij en dit werkt klimaatverandering in de hand. In plaats daarvan kunnen we bouwen met hernieuwbare biobased bouwmaterialen: hout, riet, kurk, stro, leem, klei, vlas, katoen en kokos bijvoorbeeld. Naast het voordeel dat biobased materialen hernieuwbaar zijn, leggen deze materialen voor langere tijd CO<sub>2</sub> vast in het gebouw, legt Arjen van Kampen uit. Hij is projectmanager biobased producten aan de WUR.

### Nog weinig gebruikt

Momenteel wordt er nog maar weinig biobased gebouwd in Nederland: zo'n twee procent van de gebouwen bestaat uit hout en maar 0,1 procent uit andere biobased materialen. Over de milieuprestaties van deze materialen is binnen de bouwsector ook nog maar weinig bekend, vertelt Van Kampen. De hoeveelheid biobased isolatiematerialen, zoals vlas of hennepvezel in plaats van glaswol, is de afgelopen jaren al wat toegenomen. Meer eisen in de aanbesteding van bouwprojecten kan het gebruik versnellen.

### Meer kennis

Om meer bekendheid aan deze bouwmaterialen te geven, maakte de onderzoeksgroep de Catalogus biobased bouwmaterialen, in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Hierin zijn alle biobased bouwmaterialen die nu op de markt zijn te vinden, met toepassingen uit de praktijk. De catalogus is voor het eerst in 2012 verschenen en in 2019 geüpdatet. De 2019-versie is inmiddels 7.500 keer gedownload van de website. Het voorziet dus in een behoefte.

### Milieuprestaties berekenen

Architecten en projectontwikkelaars kunnen via de Nationale Milieudatabase (NMD) de milieuprestaties van de materialen in een bouwwerk berekenen. In de database staan heel veel materialen, vooral veel soorten beton, staal en glaswol, maar nog weinig biobased materialen, vertelt Van Kampen. Hij en zijn collega's werken daarom aan het Biobased-in-NMD-project, dat dertien biobased

## 'Architecten bepalen voor een groot deel de materialen van een gebouw.'

bouwmaterialen in de Nationale Milieudatabase wil krijgen, waaronder een aantal soorten hout, kalkhennep, mycelium, bamboe en wol. Een ander doel van het project is om een methode te ontwikkelen om het effect van CO<sub>2</sub>-opslag te berekenen in de levenscyclusanalyse van de NMD – dat is de milieu-impact van bouwmaterialen gedurende de hele levensduur. Als deze materialen in officiële databases worden opgenomen en ook het CO<sub>2</sub>-effect duidelijk wordt, gaan meer architecten met deze materialen werken, verwacht Van Kampen. 'Zij bepalen voor een groot deel de materialen van een gebouw. Dus de mogelijkheden om met biobased materialen te bouwen moeten breder bekend worden.'

### Biobased materialen ontwikkelen

Biobased bouwmaterialen zijn nu vaak nog duurder dan de fossiele en minerale varianten, omdat ze nu nog op kleine schaal beschikbaar zijn. Hij verwacht dat hier in de komende jaren verandering in komt. Hij coördineert ook de activiteiten van WUR op het gebied van biobased materiaalontwikkeling. 'Ons doel is ervoor te zorgen dat ze op grotere schaal en effectiever toegepast gaan worden.' Ontwikkeling van de productieketen en certificering krijgt ook aandacht. WUR werkt ook aan nieuwe producten voor de bouw, zoals biobased asfalt, recycling van cement en biobased bouwplaten. ■

**Wie:** Wageningen Food & Biobased Research.

**Looptijd:** Half 2021 - eind 2023.

**Budget:** €250.000.

**Vervolg:** WUR investeert in verdere kennisopbouw.

Catalogus  
biobased  
bouw-  
materialen:





# Drijvende steden om Nederland leefbaar te houden

Hoe kan Nederland de uitdagingen op het gebied van water, zoals overstromingsgevaar en zeespiegelstijging, het hoofd bieden? Het (overtollige) water in Nederland biedt kansen voor grootschalig drijvend bouwen. Floating Future onderzoekt hoe dit mogelijk gemaakt kan worden. ►





## MARIN, Deltares

**Probleem:** de behoefte aan plekken om te wonen, industriegebieden, ruimte voor energietransitie en voedselproductie neemt toe, terwijl zestig procent van ons land kwetsbaar is voor overstromingen. Door klimaatverandering verergert dit door zeespiegelstijging en de incidenteel vergrote waterafvoer van rivieren.

**Oplossing:** naast risico's biedt het water kansen voor grootschalig drijvend bouwen. Het onderzoeksprogramma Floating Future van MARIN onderzoekt vanuit diverse invalshoeken wat er nodig is om drijvend bouwen op grote schaal mogelijk te maken en wat de sociale acceptatie hiervan is.

**Impact:** de partners van Floating Future ontwikkelen drijvende klimaatbestendige oplossingen voor het binnenland (IJmeer), havensteden en de Noordzee.

**H**oe kunnen we ons dichtbevolkte land leefbaar houden? De vraag naar ruimte voor wonen, industrieterreinen, energietransitie en voedselproductie neemt toe. Tegelijkertijd geldt dat zo'n zestig van ons land nu al kwetsbaar is voor overstromingen en door klimaatverandering vormen zeespiegelstijging en afvoer van (overtollig) rivierwater een toenemende bedreiging. Behalve risico's, biedt het water ook kansen voor nieuwe vormen van veilig ruimtegebruik: grootschalig drijvend bouwen. Denk aan havens of woonwijken of plekken waar eten verbouwd wordt of kustbescherming met drijvende elementen. Er zijn al huizen die op het water gebouwd worden zoals in Amsterdam, maar dat zijn nog geen volledige woonwijken met daarin ook publieke voorzieningen.

### Op grote schaal

Het onderzoeksprogramma Floating Future wil de mogelijkheden daarvoor nu juist onderzoeken. Het onderzoekt vanuit technologische, ecologische, juridische, economische en sociale invalshoeken hoe we drijvend bouwen op grote schaal mogelijk maken. Wat is ervoor nodig om de geesten daarvoor rijp te maken zodat mensen het idee van wonen en werken op het water omarmen? Welke techniek is er nodig? Hoe ziet de business case van een drijvende haven eruit, zonder schade aan de natuur of zelfs met meerwaarde voor de natuur? 'Samen met bedrijven, onderzoeksinstituten en overheidsorganisaties gaan we enorm veel kennis verzamelen op het gebied van drijvend bouwen', vertelt Olaf Waals, manager Offshore bij MARIN en projectleider van Floating Future.

Voor opschaling van drijvende infrastructuur zijn zowel technische als maatschappelijke doorbraken nodig. 'Technisch omdat we moeten onderzoeken wat er nodig is om daadwerkelijk drijvend te kunnen bouwen, zodanig dat de bouw bestand is tegen omgevingsomstandigheden, zoals golfslag en getijden en zonder dat de natuur (bijvoorbeeld de waterkwaliteit) eronder lijdt. Hier kunnen we bijvoorbeeld de kennis van simulatietechnologie van MARIN inzetten. De maatschappelijke doorbraak gaat over bestuurlijke oplossingen (zoals wet- en regelgeving voor drijvend bouwen) voor drijvende eilanden in de binnenwateren en kustgebieden, en voor maat-



Proefopstelling in het MARIN-bassin

schappelijke acceptatie van wonen en werken op het water. Er zijn ook kansen om dit te combineren met bestaande kustwaterbouwmethoden zoals de aanleg van dijken en zeeweringen.'

### Climate cafés

In zogeheten Climate Cafés zullen de partners van Floating Future samenkomen met belanghebbende partijen, zoals gemeentes (Rotterdam en Amsterdam), offshore bedrijven, waterschappen, drijvende bouwbedrijven en Ngo's. Waals: 'Dat zijn sessies op locatie waar we met elkaar bespreken wat er nodig is en wat we al kunnen. Deze sessies leiden tot kennisvragen waar PhD's van de betrokken universiteiten mee aan de slag kunnen voor interdisciplinair onderzoek op allerlei gebieden.' ■

**Wie:** MARIN, Universiteiten (Delft, Groningen, Rotterdam en Utrecht), Deltares.

**Looptijd:** 2024-2029.

**Budget:** 5 miljoen euro subsidie vanuit NWO en 1

miljoen euro via de betrokken partners.

**Vervolg:** in dit consortium zijn gemeentes Rotterdam en Amsterdam betrokken en ook meerdere ontwikkelaars, ontwerpers, archi-

tecten en NGO's. Vanuit dit kennisproject kunnen de eerste samenwerkingen ontstaan voor concrete 'drijvende' ontwikkelingen.



Bekijk de video video



# Grip op het baggerslib

Een dijk versterken, een vaargeul verdiepen of nieuwe natuur creëren: er wordt een hoop bagger verplaatst om de Nederlandse natuur en ecologische waterkwaliteit te verbeteren en watergangen bevaarbaar te houden. Met het opgegraven slib ontsnappen vaak ook broeikasgassen uit de bodem. Hoeveel en hoe ernstig is vrijwel onbekend. ►



## Deltares

**?! Probleem:** in 2030 willen de ministeries van IenW en LNV klimaatneutraal en circulair werken. Op de langere termijn zullen daarbij ook uitstoot vanuit bodem en water verminderd moeten worden, terwijl er nog weinig bekend is over de hoeveelheid broeikasgassen die daaruit vrijkomt.

**💡 TO2-oplossing:** het project Duurzaam Nat Grondverzet (DuNaG) brengt zowel in grote als kleine wateren in kaart hoeveel emissie uit bagger vrijkomt bij de uitvoering van kustprojecten, zoals de aanleg van de Marker Wadden, of bij vaargeul- of slootonderhoud.

**📊 Impact:** met een beter inzicht in de parameters die bepalend zijn voor de emissie, kunnen praktische handvatten worden geboden om die te reduceren. Zoals uitstoot affakkelen of gas afvangen en gebruiken als nieuwe energie. Door te kiezen voor 'groene' in plaats van 'grijze' oplossingen, kan op de lange termijn extra koolstof worden vastgelegd, wat een positieve impact heeft op het klimaat.

**B**ij kustprojecten als land- en havenontwikkeling en kustbescherming wordt vooral gekeken naar de fossiele brandstoffen die het baggermaterieel uitstoot. Martine Kox, microbioloog bij Deltares: 'Logisch, want daar is het beleid van de overheid op gericht. Maar we vergeten de koolstof die zit opgeslagen in het materiaal dat we uit de bodem halen.' Kox doelt op sedimenten rijk aan organisch materiaal zoals in kustsystemen zeegrasweiden, kwelders en mangroven, en in zoetwatersystemen, veensystemen, sloten en meren. Bij een gezonde 'carbon cycle' (koolstofcyclus) is de uitstoot en opname van koolstof in balans, of wordt koolstof uit de lucht opgenomen. Ga je grond verzetten, dan komen opgeslagen gassen uit bepaalde bodems onbedoeld vrij. De impact kan aanzienlijk zijn; mangroven bevatten bijvoorbeeld vijf keer zo veel koolstof als een vergelijkbaar stuk regenwoud. 'Dat we de natuur verstoren heeft redenen en doelen, maar het duurt lang voordat zo'n bodemsysteem weer stabiel is en broeikasgassen gaat vastleggen', legt Wouter van de Star, projectleider DuNaG en onderzoeker Biogeochemie bij Deltares. 'Die vastlegging kan de uitstoot na verloop van tijd weer compenseren.'

### Marker Wadden

Om grip te krijgen op de koolstofcyclus tijdens nat grondverzet, werd het project Duurzaam Nat Grondverzet (DuNaG) op poten gezet, vanuit een samenwerking waarin ook Sweco, RHDHV en Arcadis betrokken zijn. De eerste metingen vonden plaats bij de vorming van de Marker Wadden in het Markermeer. Van der Star: 'De lucht boven de werkzaamheden waait door een zogenaamde eddy covariance-mast, die tien keer per seconde de concentraties broeikasgassen zoals CO<sub>2</sub> en methaan meet over een groot gebied. Rekening hou-



Martine Kox



Wouter van der Star

dend met luchtvariabelen kunnen we de concentratie broeikasgassen per oppervlakte-eenheid per tijdseenheid berekenen. Daarnaast monitoren we lokaal, door kamers over stukjes bodem en water heen te zetten.'

### Koolstof-inclusieve oplossingen

Op het moment van ontgraven lijkt veruit de meeste emissie vrij te komen. Kox: 'Niet zozeer van de actieve microbiële activiteit op dat moment, maar van opgeslagen gas dat tijdens werkzaamheden uit de bodem ontsnapt.' Met die kennis kun je op zoek naar oplossingen om deze uitstoot aan te pakken. Wellicht is het mogelijk om methaan af te fakkelen, of kun je gas als biogas afvangen en hergebruiken. Ook een optie is om in de winter te werken, wanneer de microbiële activiteit in de bodem en daarmee de impact van de werkzaamheden veel lager is. Een alternatief is traag werken, zodat de natuur zichzelf tussendoor steeds kan herstellen. Kox: 'Op sommige plekken in de wereld worden mangroven hersteld, zodat die op de lange termijn weer koolstof gaan vastleggen. In Nederland

kun je denken aan veenherstel of de aanplant van een wilgenbos op een vooroever. In plaats van beton storten om het water tegen te houden, kunnen we veel slimmer samenwerken met de natuur in de vorm van Nature Based Solution, om groene, koolstof-inclusieve oplossingen te vinden.' ■

**Wie:** Deltares, Witteveen+Bos, Radboud Universiteit, EcoShape, Natuurmonumenten en Boskalis, voortkomend vanuit een samenwerking waarin ook Sweco, RHDHV en Arcadis betrokken zijn

**Looptijd:** 2022-2025

**Budget:** 500.000 euro

**Vervolg:** vanaf september 2023 begint de rapportage van de monitoring bij de Marker Wadden.

Daarnaast vinden metingen plaats bij meerdere gangbare baggerprojecten verspreid over Nederland.

## Colofon

**T02MORROW** is een uitgave van de samenwerkende toegepast onderzoek organisaties, verenigd in de T02-federatie. Zij vormen de schakel tussen kennis en innovatie in dienst van overheid, bedrijfsleven en maatschappij. ©2023.

**Meer informatie:**  
[www.to2-federatie.nl](http://www.to2-federatie.nl).

**Tekst en redactie:**  
T02, ministerie EZK en Maters & Hermsen.

**Eindredactie en vormgeving:**  
Maters & Hermsen

**Beeld:**  
Deltares, MARIN, NLR, TNO, WUR, T02, iStock, Ardito / Jan-Evert Zondag, Leydenjar, Niels Blekemolen, Jurjen Poeles, GKN Fokker en Blue21.

**Deltares**



**TNO** innovation  
for life

