

# TO<sub>2</sub>MORROW

Magazine over resultaten uit het Open Innovatie Netwerk



Deltares

# Inhoud

- 3 **Voorwoord**
- 4 **Overzicht van de instituten**
  
- Thema Energietransitie en duurzaamheid**
- 6 Routekaart voor multifunctioneel gebruik op Noordzee
- 9 Drastische CO<sub>2</sub>-reductie nodig voor Nederlandse luchtvaart
- 12 Missie: de kunststofkringloop sluiten
  
- Thema Landbouw water en voedsel**
- 15 Duurzaam én rendabel: de ingewikkelde puzzel van de melkveehouder
- 18 Nieuwe methoden om beter de biodiversiteit te meten
- 21 Burgerinitiatieven met strategische visie dragen meer bij aan de natuur
- 24 Verzakkingen en paalrot van huizen in kaart
  
- 27 **Korte berichten**
  
- Thema Gezondheid en zorg**
- 31 Veilig data delen in de zorg
- 34 Suikerziekte behandelen met leefstijlinterventies
- 37 Het oog als venster op onze gezondheid
  
- Thema Veiligheid**
- 40 Zee van de toekomst in het SOSc
- 43 Samenwerken in het luchtruim
- 46 Kenteken voor satellieten in de ruimte
  
- Thema Sleuteltechnologieën**
- 49 Met satellieten ‘praten’ via laserstralen
- 54 Kan een Optimist zelf leren zeilen met behulp van AI?
- 57 Met combinatie van technieken medicijnresten uit afvalwater halen

Beste lezer,

Nederland staat wereldwijd bekend om zijn innovatiekracht en vermogen om zich aan te passen aan nieuwe uitdagingen. De toegepaste onderzoeksinstituten Deltares, MARIN, Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum (NLR), Nederlandse organisatie voor Toegepast-Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) en Wageningen University en Research (WUR), spelen een cruciale rol in dit succesverhaal. Zij brengen wetenschap in de praktijk door nieuwe inzichten en technologieën om te zetten in oplossingen die daadwerkelijk van invloed zijn op de samenleving.

Deze instellingen vormen een belangrijke brug tussen theorie en praktijk. Hun werk leidt tot concrete toepassingen die bedrijven, de overheid en de maatschappij vooruithelpen. Voorbeelden hiervan zijn de ontwikkeling van een routekaart voor multifunctioneel gebruik op de Noordzee, oplossingen voor het duurzaam en rendabel maken van melkveehouderijen en het vroeg opsporen van oogziektes. Daarnaast werken ze aan nieuwe methoden om ruimteafval te verminderen en bedenken ze innovatieve oplossingen voor zakkende funderingen. Met deze oplossingen maken toegepaste onderzoeksinstituten ons land toekomstbestendig.

Wat deze organisaties zo sterk maakt, is hun vermogen om effectief samen te werken met bedrijven, universiteiten en overheden. Daardoor wordt kennis breed gedeeld en snel toegepast. Deze samenwerkingen zijn van onschatbare waarde voor onze innovatiekracht en maken Nederland tot een koploper op het

gebied van technologische vooruitgang en economische groei. In een wereld die steeds sneller verandert, is innovatie de sleutel om voorop te blijven lopen. De Nederlandse toegepaste onderzoeksinstituten dragen hier iedere dag aan bij. Met hun innovatieve oplossingen zorgen ze voor een economisch sterk, innovatief en duurzaam Nederland.

Ik ben trots op het werk dat de toegepaste onderzoeksinstituten verrichten en hoop dat dit magazine u inspireert en nieuwe inzichten biedt over de kracht van samenwerking en innovatie. Ik wens u veel leesplezier.

*Dirk Beljaarts*  
*Minister van Economische Zaken*



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. We geloven in de kracht van diepgaande kennis, in innovatieve oplossingen en software, om deltagebieden – waar ook ter wereld – leefbaar te houden.

In onze missie *'Enabling Delta Life'* staat het water- en bodemsysteem centraal. We richten ons op vijf zogenoemde moonshots om met onze kennis impact te creëren: bewoonbare delta's, bescherming tegen overstroming, gezonde water- en bodemsystemen, broeikasgasreductie, duurzame energie en een veerkrachtige infrastructuur.

Onze 900 gekwalificeerde medewerkers zijn nieuwsgierig en gedreven. We werken in co-creatie samen met universiteiten, onderzoeksinstituten, bedrijfsleven, ngo's en overheden in binnen- en buitenland en delen onze kennis met de wereld ('dare to share').



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 T02-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 toepassings-

gebied 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 dienstinnovaties 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 T02-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. ■

# Routekaart voor multifunctioneel gebruik op Noordzee

Het aantal windturbines in de Noordzee groeit snel. Goed nieuws voor de energietransitie, maar de Noordzee was al aan de volle kant. Scheepvaart, visserij en de winning van fossiele brandstoffen vinden er ook plaats, terwijl nieuwe gebruikers zich al aandienen: van drijvende zonneparken tot waterstofproductie. Deltares, TNO en MARIN onderzochten samen met betrokken partijen multifunctioneel gebruik, oftewel: hoe ze windparken geschikt kunnen maken voor meerdere gebruikers. ►

## Deltares, TNO, MARIN

**?! Probleem:** in 2050 moeten er zeventig gigawatt aan windparken in de Noordzee staan, maar de ruimte is beperkt, en er zijn nog andere gebruikers: scheepvaart, visserij, en in de toekomst mogelijk drijvende zonneparken, de productie van waterstof, kweek van zeewier of mossels, en nog andere innovatieve activiteiten. Hoe zijn al deze vormen van gebruik zo goed mogelijk te combineren?

**💡 TO2-oplossing:** een interdisciplinaire roadmap geeft aan welke bestuurlijke maatregelen innovatie en multifunctioneel gebruik kunnen bevorderen en versoepelen, en hoe je tussen de gebruikers synergie kunt creëren.

**📋 Impact:** overheden en bedrijven weten nu welke bestuurlijke en technologische stappen er genomen moeten worden om de energietransitie in de Noordzee te combineren met ander gebruik.

Het Nederlandse perspectief op het gebruik van de Noordzee is de laatste jaren gekanteld, zegt Antonios Emmanouil, onderzoeker en adviseur op het gebied van hydrodynamica en offshore-technologie bij Deltares. ‘Toen de eerste windparken op de Noordzee werden aangelegd, is de visserij-industrie gecompenseerd, zodat ze die ruimte exclusief konden gebruiken.’ De sleepnetten konden immers gemakkelijk elektriciteitskabels op de zeebodem beschadigen, dus een ruimtelijke scheiding van de gebruikers leek onvermijdelijk.

### Zeewier als voedsel

Maar nu de energietransitie op stoom komt, is duidelijk dat een groot deel van het Nederlandse stuk van de Noordzee ingenomen gaat worden door windparken. ‘Dus is er ruimte voor een nieuw paradigma’, zegt Emmanouil. De grote vraag is: hoe kunnen we naast de windmolens ruimte maken voor ander gebruik van de Noordzee? Denk daarbij aan andere vormen van visserij, de kweek van zeewier als voedsel. Of aan nieuwe vormen van energiewinning: drijvende zonnepanelen of getijde- en golfenergie. Of denk aan ruimte voor het herstel van de natuur zelf, die in de Noordzee al behoorlijk onder druk staat.

### Roadmap

Deze multifunctionele aanpak of ‘symbiose’ staat centraal in het onderzoeksproject Road2SID (Roadmap for technological advancements needed for Symbiosis Inclusive Design in offshore wind) dat Deltares coördineerde. Doel was om een roadmap op te stellen van de technologische en bestuurlijke ontwikkelingen, die nodig zijn om tegen 2030 voor 22 gigawatt aan windparken te combineren met ander gebruik, vooruitlopend op het streven naar zeventig gigawatt in 2050. Andere deelnemers waren offshore-installatiebedrijven Boskalis, Van Oord en Seaway7, energiebedrijven Shell en RWE, en de netwerkbeheerder Tennet. De roadmap die ze maakten onderscheidt drie categorieën ‘gebruikers’ van de Noordzee: energie, voedsel en natuur, en doet aanbevelingen zoals het helderder en eenvoudiger maken van voorwaarden voor aanbestedingen (energie), het aanjagen van pilot-projecten (voedsel) en het bevorderen van open data, bijvoorbeeld voor ecologische monitoring (natuur).



Antonios Emmanouil  
van Deltares.



Floor Spaargaren  
van MARIN.



Willem Wagenaar  
van TNO.

*‘Het is uniek dat vanuit zo’n breed perspectief naar offshore windparken wordt gekeken.’*

‘Heel complex en ambitieus’, vond Willem Wagenaar het multidisciplinaire project. Wagenaar is onderzoeker en projectmanager namens TNO, met een achtergrond in de natuurkunde. ‘Het is uniek dat vanuit zo’n breed perspectief naar offshore windparken wordt gekeken. Maar wel heel goed om je blik te verbreden.’

### Waardering

‘We hadden drie teams voor de drie onderwerpen’, zegt collega-onderzoeker Floor Spaargaren, scheepsbouwkundig ingenieur en projectmanager bij maritiem onderzoeksinstituut MARIN. ‘Ieder instituut brengt natuurlijk zijn eigen kennis in. Bij MARIN kijken

## Deltares, TNO, MARIN

- ▶ we bijvoorbeeld naar de technische haalbaarheid van schepen en offshore constructies, en richten ons dan op de vraag hoe je die installeerbaar kunt maken, zodat ze geen risico's inhouden voor de scheepvaart. En zodat ze het lang volhouden in de ruige offshore-omstandigheden.' Maar vaker overstegen de vragen de instituuetspecifieke, zegt ze. 'Als je bijvoorbeeld een zeewierkwekerij wilt evalueren, moet je ook ecologische aspecten meewegen. Dat is dus waar we de samenwerking met andere partijen echt waarderen, zoals Deltares, die alles weet over nutriëntenstromen onder water.'

**Brainstorms**

Duidelijk is geworden dat multifunctioneel gebruik ook kansen biedt. Zo zouden drijvende zonnepanelen hun stroom kunnen afvoeren via dezelfde kabels die windturbines gebruiken. Of er kunnen nieuwe onderzeese habitats ontstaan, zoals op de rotsen die gestort worden rond de fundering van windturbines, om te voorkomen dat stromingen rond de palen zand wegspoelen. 'We zien dat daar krabben, kreeften, zeesterren en andere soorten op afkomen', zegt Emmanouil, 'Dus dan zou je kunnen kijken hoe je de rotsen kiest om optimale omstandigheden voor zo'n habitat te creëren, natuurlijk rekening houdend met de authenticiteit van het lokale ecosysteem.' Vanwege het intrinsiek interdisciplinaire karakter was het project sterk afhankelijk van samenwerking, zegt hij. 'Communicatie was dus extreem belangrijk', zegt Emmanouil, 'niet alleen onderling tussen de onderzoeksinstituten, maar ook met de andere stakeholders.' Zo gingen er veel brainstorms en interne afstemming vooraf aan het aanwijzen van relevante onderwerpen en het formuleren van interviewvragen voor de stakeholders. 'Maar daardoor konden we wel de juiste vragen stellen en zo externe partners betrekken.' Onderdeel van het anderhalf jaar lopende project waren meerdere workshops, niet alleen met de projectpartners, maar ook met andere sleutelpartijen, van milieu-ngo's tot en met overheidsvertegenwoordigers, innovatoren en startups.

**Business cases**

'De betrokkenheid van de partners uit het bedrijfsleven heeft me in positieve zin verrast', zegt TNO-onderzoeker Wagenaar, 'zo hebben

ze vaak specifiek mensen in dienst die volledig gaan over de ecologische aspecten van offshore wind.' Een onverwacht aspect van het onderzoek was het belang van bestuurs- en beleidsmaatregelen, zegt Emmanouil, terugkijkend. 'Aanvankelijk waren we gefocust op technologie en innovatie, maar het was interessant dat we er al snel achter kwamen dat business cases en innovatie vaak sterk afhangen van beleid. De eisen en de doelen die je stelt als overheid zijn bepalend voor welke technologieën worden gestimuleerd.'

**Vervolg**

'Regelgeving is extreem belangrijk', beaamt ook Wagenaar, 'als je bijvoorbeeld in een aanbesteding van offshore windparken zet dat de opdrachtnemer negatieve impact op de natuur moet verminderen, of aan monitoring moet doen, dan gebeurt dat ook.' Onmisbaar daarbij zijn bijpassende, openbare, gestandaardiseerde informatiesystemen, waar de roadmap dan ook voor pleit. Wagenaar: 'Je wilt aan de ene kant offshore wind snel ontwikkelen, maar aan de andere ook graag de ecologische impact kennen. Dus is het essentieel om goed in de gaten te houden door monitoring wat er allemaal precies gebeurt.' Een direct vervolg van het onderzoek is nog niet gepland, zegt Emmanouil. 'Als je een roadmap maakt, ga je er niet nog een maken.' Maar onderzoek naar de vervolgstappen, waarvoor het initiatief nu vooral bij overheden en bedrijven ligt, ligt zeker in de lijn voor de drie instituten. 'We hebben contact met meerdere partijen die ons zeker zullen benaderen voor nieuw onderzoek of de uitwisseling van ideeën. We zijn heel benieuwd hoe dit verder gaat.' ■

**Wie:** Deltares, MARIN, TNO, Boskalis, Van Oord, Seaway7, Shell, RWE, Tennet. Het project is geïnitieerd door het GROW-platform, een onderzoeksprogramma voor gezamenlijke industrieprojecten om innovatie en technologie-ontwikkeling voor offshore-

wind te bevorderen. Financiering is afkomstig van GROW en, via de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland RVO, het ministerie van EZK en TKI Offshore Energy.

**Looptijd:** september 2021 - februari 2023.

**Budget:** 325 duizend euro.

**Vervolg:** de bal ligt bij bedrijven en overheden. De onderzoeksinstituten Deltares, MARIN en TNO volgen de ontwikkelingen en voorzien aanvullend onderzoek op deelaspecten.

*'De eisen en de doelen die je stelt als overheid zijn bepalend voor welke technologieën worden gestimuleerd.'*

Meer lezen over dit project? Download de brochure.





# Drastische CO<sub>2</sub>-reductie nodig voor Nederlandse luchtvaart

Elk ziet het aantal vluchten op Schiphol door zijn eigen bril. Maar wil de Nederlandse luchtvaart haar bijdrage leveren aan het beperken van de mondiale opwarming tot maximaal 1,5 graad, in lijn met het klimaatakkoord van Parijs, dan moet de CO<sub>2</sub>-uitstoot van vluchten die vanaf Schiphol vertrekken, drastisch omlaag. Dat blijkt uit onderzoek van NLR, dat zij uitvoerden in opdracht van Schiphol. Uit het onderzoek blijkt dat er in 2030 minimaal dertig procent CO<sub>2</sub>-reductie nodig is ten opzichte van 2019. ►



## NLR

**?! Probleem:** de luchtvaart is verantwoordelijk voor zo'n zes procent van de Nederlandse CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dat klinkt bescheiden, maar laat niet onverlet dat ook die uitstoot naar beneden moet. Nationaal is het doel om de uitstoot in 2030 teruggebracht te hebben naar het niveau van 2005.

**💡 TO2-oplossing:** NLR heeft in opdracht van Schiphol onderzocht wat er nodig is om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van Schiphol in lijn te brengen met het doel van maximaal 1,5°C opwarming uit het Klimaatakkoord van Parijs. Uit het onderzoek blijkt dat er in 2030 minstens dertig procent CO<sub>2</sub>-reductie nodig is. Dat is een fors grotere reductie dan nu gepland is.

**📄 Impact:** het rapport zet de doelstelling van de regering en luchtvaartsector voor de luchthaven op scherp met maatregelen voor een versnelde reductie van CO<sub>2</sub>. Daarnaast heeft Schiphol zich op basis van het werk verder uitgesproken voor versterkt nationaal en internationaal beleid, zoals het zwaarder belasten van langere vluchten, om met de opbrengst daarvan de Nederlandse luchtvaartsector versneld af te helpen van het gebruik van fossiele brandstoffen.

De Nederlandse overheid en de luchtvaartsector zijn in 2019 overeen gekomen om de uitstoot van schadelijke broeikasgassen te verminderen. In het Akkoord Duurzame Luchtvaart is afgesproken dat de CO<sub>2</sub>-uitstoot van uit Nederland vertrekkende vluchten in 2030 terug moet zijn op het niveau van 2005, een afname van 9% ten opzichte van 2019. 'Vanuit Schiphol kwam de vraag of wij wilden onderzoeken wat er nodig is om de CO<sub>2</sub>-uitstoot van Schiphol in lijn te brengen met het Klimaatakkoord van Parijs', zegt Bram Peerlings, adviseur luchtvaartverduurzaming van NLR. Parallel daaraan gaf Schiphol onderzoeksbureau CE Delft de opdracht om dit te onderzoeken.

### Cumulatieve emissie

In het Parijs-akkoord is afgesproken om de opwarming in 2050 te beperken tot ruim onder de twee graden Celsius en te streven naar 1,5. Om de opwarming te remmen, moet de netto uitstoot van broeikasgassen naar nul. Peerlings: 'Veel doelstellingen gaan over de vermindering of compensatie van een bepaalde hoeveelheid uitstoot in een specifiek jaar, zoals het streven naar netto nul in 2050. Dat is echter niet voldoende, want uiteindelijk wordt de opwarming van de aarde veroorzaakt door de cumulatieve uitstoot van broeikasgassen: de opgetelde uitstoot over een bepaalde periode. Het IPCC, het klimaatpanel van de VN, heeft berekend hoeveel we als mensheid nog mogen uitstoten tot 2050: het mondiale CO<sub>2</sub>-budget, dat is opgesteld voor de periode 2020 tot en met 2050. Afhankelijk van hoeveel opwarming we willen accepteren, en hoe zeker we er van willen zijn dat we daar niet overheen gaan, is dat budget groter of kleiner. Die budgetten bestaan echter alleen op wereldschaal en zijn er niet voor individuele landen of sectoren. Juist dát hebben we in dit onderzoek wel gedaan.'

### Technologische doorbraken

Een aantal van die budgetten hebben de onderzoekers vervolgens vergeleken met de verwachte CO<sub>2</sub>-uitstoot in die zelfde periode. Het onderzoek wees uit dat die verwachte cumulatieve CO<sub>2</sub>-uitstoot hoger is dan Schiphol-specifieke CO<sub>2</sub>-budgetten die in lijn zijn met 1,5 graden opwarming. 'Als de Nederlandse luchtvaart haar bijdrage



Bram Peerlings van NLR.

*'De enige optie die dan – helaas – overblijft, is het verminderen van vluchten.'*

## NLR

► wil leveren, moet de uitstoot dus sneller omlaag. Binnen het doel waar Schiphol voor pleit betekent dat voor 2030 een reductie van 30% ten opzichte van 2019, tegen een overheidsdoelstelling van 9% minder en een nu al verwachte reductie van 20%. Lastig bij het sneller willen verduurzamen is dat grote technologische doorbraken voor emissiereductie in de luchtvaart helaas nog best lang op zich laten wachten. Her en der zet de luchtvaartsector wel in op bio- en andere duurzamere brandstoffen, maar voordat ze die op grote schaal invoeren, zijn we vele jaren verder. In de tussentijd gaat de uitstoot echter wel door, ondanks dat er ook nu al steeds efficiënter wordt gevlogen en luchtvaartmaatschappijen nieuwe toestellen aanschaffen. KLM is bijvoorbeeld begonnen met het infasieren van de Airbus A320neo op haar Europese routes. Dit nieuwe type zorgt voor 15 tot 20% minder CO<sub>2</sub>-uitstoot in vergelijking met oudere toestellen van dezelfde grootte.

### Korte en lange vluchten

‘Enerzijds is dat een mooie verbetering, maar ten opzichte van de totale uitstoot van alle vluchten die van Schiphol vertrekken is de verwachte impact beperkt. Dat komt door grote verschillen tussen korte en lange vluchten. Vanaf Schiphol vertrekt zo’n 75% van de vluchten naar een bestemming binnen de 2000 kilometer, veelal binnen Europa. Die vluchten zijn echter slechts verantwoordelijk voor 20 tot 25% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Andersom betekent dat ook dat de 25% langste vluchten, verder dan 2000 kilometer, 75% tot 80% uitstoot veroorzaken. In het voorbeeld van de Airbus hebben we het dan dus eigenlijk maar over 20% van 20% – minder dan 5% van de totale uitstoot.’ Tot zo’n ontnuchterende conclusie kwam NLR ook in de zoektocht naar maatregelen om wél aan te sluiten bij Parijs. ‘Hoe belangrijk vlootvernieuwing met zuinigere toestellen, alternatieve brandstoffen en efficiëntere vliegroutes ook zijn, er is meer nodig dan alleen verbeterde technologie’, benadrukt Peerlings. ‘De enige optie die dan – helaas – overblijft, is het verminderen van vluchten.’ Dat zou bereikt kunnen worden door het verminderen van luchthavencapaciteit, maar gebeurt naar verwachting

*‘Verre vluchten zijn in aantallen minder groot, maar wel verantwoordelijk voor het merendeel van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.’*

ook als ticketprijzen omhoog gaan – bijvoorbeeld door luchtvaartmaatschappijen meer te laten betalen voor hun uitstoot, of door belastingen. ‘Gelet op de grote bijdrage van een relatief klein aandeel langeafstandsvluchten dat uit ons onderzoek naar voren komt, is dat segment een logisch aandachtsgebied. Per vlucht die je zou verminderen, reduceer je dan namelijk meer uitstoot.’

### Vliegbelasting

Schiphol heeft het rapport aangegrepen om verder te pleiten voor beleid en regelgeving om de luchtvaart te verduurzamen. Zo heeft Schiphol bijvoorbeeld opgeroepen voor een verhoging van de vliegbelasting voor langeafstandsvluchten, een voornemen dat het nieuwe kabinet heeft overgenomen. Daarbij is het ook hun wens om dat geld te investeren in de luchtvaart. ‘Op dit moment betaalt iedere passagier die vanaf Schiphol vertrekt € 29,05 vliegbelasting en maakt het niet uit of je naar Wenen of naar Japan vliegt. Door de vliegbelasting op juist die langere vluchten te verhogen worden die tickets duurder en zullen er waarschijnlijk minder mensen zo ver vliegen. Daarmee is het aannemelijk dat het bijdraagt aan het verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door de luchtvaart.’ Als de opbrengst van de vliegbelasting weer wordt geïnvesteerd in de sector kan de Nederlandse luchtvaartsector mogelijk ook sneller afstappen van fossiele brandstoffen. Maar zover is het nog niet. ‘Of deze maatregelen doorgaan, hangt in belangrijke mate af van de politiek die daarover beslist’, besluit Peerlings. ■

**Wie:** NLR en Schiphol.

**Looptijd:** juni 2023 - januari 2024.

**Vervolg:** binnen de luchtvaartsector is het werken met cumulatieve metingen nog geen gemeengoed, waar de doelstellingen vaak gaan

over een bepaalde hoeveelheid uitstoot in een bepaald jaar. NLR werkt aan een wetenschappelijke publicatie die hier meer bekendheid aan geeft.

Onderzoek  
NLR CO<sub>2</sub>-  
reductie



In stappen  
naar  
verduur-  
zaming  
van de  
luchtvaart



# Missie: de kunststofkringloop sluiten

Wat hebben broodtrommels, monitor-behuizingen en auto-dashboards met elkaar gemeen? Ze zijn gemaakt van 'ABS', een kunststof die dankzij een veelbelovende recyclingtechnologie grotendeels – en rendabel – kan worden teruggewonnen. Het geheim: oplosmiddelen. ►

## TNO

**?! Probleem:** kunststof vormt een groot deel van onze afvalberg, waarvan we een deel recycleren. De reden: recycleren van sommige kunststofsoorten is technisch lastig of economisch onrendabel. Toch moeten we meer kunststoffen hergebruiken, willen we richting een circulaire economie bewegen die minder afhankelijk is van CO<sub>2</sub>-intensieve kunststofproductie.

**💡 T02-oplossing:** TNO-onderzoekers hebben een veelbelovende recyclingtechnologie ontwikkeld op basis van oplosmiddelen (dissolutie). Daarmee kunnen kunststoffen van hoge kwaliteit worden teruggewonnen uit, onder andere, kunststoffen afkomstig van afgedankte elektronica.

**📄 Impact:** uit TNO's evaluatie van praktijkproeven blijkt dat deze vorm van recycling bijzonder materiaal en energie-efficiënt is, wat bijdraagt aan gunstige proceskosten. Bovenal blijven de polymeerketens van de kunststof intact terwijl ongewenste verontreinigingen worden verwijderd. Het eindproduct is een polymeermateriaal van hoge kwaliteit, waardoor de technologie een circulaire productiekringloop mogelijk maakt.

**K**unststoffen zijn niet weg te denken uit onze moderne wereld. Ze brengen vele voordelen, maar veroorzaken tegelijkertijd een grote afvalberg. En daarmee groeit de noodzaak voor effectieve en economisch rendabele recyclingtechnologieën, constateert TNO-onderzoeker Mark Roelands. 'Zodat we in de toekomst minder afhankelijk zijn van de CO<sub>2</sub>-intensieve productie van nieuwe kunststoffen en toewerken naar een circulaire economie.'

### Virgin kunststof

Een deel van ons kunststofafval wordt gerecycled. Bekend zijn de ingezamelde PET-flessen. 'Die gaan door een shredder, worden gewassen en gesorteerd, waarna er schone kunststofkorrels van worden gemaakt', legt Roelands uit. Dit noemen we 'mechanische' recycling en is een efficiënte methode voor eenvormige en vrij schone ingezamelde kunststoffen. 'Nadeel is dat het 'recyclaat', zoals we het eindproduct noemen, van een steeds lagere kwaliteit is.' Dat is niet het geval bij chemische recycling. Daarbij worden de kunststoffen afgebroken tot 'monomeren', hun basisbouwstenen, die weer worden verwerkt tot 'virgin kunststof' (niet eerder in een product gebruikt). 'Maar dit is wel een energie-intensief en complex proces, waardoor het moeilijk economisch-rendabel te maken is.' Maar er is nog een derde weg om kunststoffen te recycleren: dissolutie, ofwel oplossen, het specialisme van procescoloog Roelands: 'Simpel gezegd: we voegen oplosmiddelen toe, waarna een polymeermengsel ontstaat. Daaruit filteren we de verontreinigingen en toegevoegde stoffen, bijvoorbeeld brandvertragers. Je krijgt dan een zuiver recyclaat waar je nieuwe producten van kunt maken. Zo ontstaat een circulair productieproces.'

### Wasmachinedeurtje

Recycling door dissolutie is niks nieuws. Deze technologie is al bedacht in de jaren zeventig van de vorige eeuw. 'Wat wij wilden onderzoeken: is deze recyclingtechnologie ook economisch rendabel in te zetten voor echte, gesorteerde kunststofafvalstromen', zegt Roelands. En zo ontstond de samenwerking tussen TNO en ELIX Polymers, een toonaangevende producent van Acrylonitril-Butadien-Styreen, kortweg ABS. In het consortium Plast2beCleaned maakten de onderzoekers verschillende proefopstellingen. Het doel: grondstoffen



Mark  
Roelands  
van TNO.

### 'We zijn dichtbij het daadwerkelijk sluiten van de kringloop voor kunststoffen.'

terugwinnen uit gesorteerde kunststoffen afkomstig uit afgedankte elektronische apparatuur. Ook onderzoeksinstituut Fraunhofer ICT haakte aan, gespecialiseerd in het verwijderen van opgeloste onzuiverheden. 'De resultaten zijn zeer bemoedigend', zegt Roelands enthousiast. Het lukte de onderzoekers om via het oplosproces schoon ABS-polymeerrecyclaat te produceren, plus nog twee bruikbare grondstoffen: antimoontrioxide en broomhoudende

TNO



*Proefopstelling voor de recycling van afgedankt kunststof door middel van oplosmiddelen (dissolutie).*

- ▶ brandvertragers. 'Je kunt hiermee een circulaire productiekringloop opzetten', concludeert Roelands. Om dat te bewijzen, gingen de onderzoekers de samenwerking aan met Electrolux. Deze witgoedfabrikant maakte voor hun wasmachinedeurtjes binnenringen met daarin een groot aandeel van het teruggewonnen polymeer. 'Van dezelfde kwaliteit als de binnenringen van virgin kunststof. We zijn dichtbij het daadwerkelijk sluiten van de kringloop voor kunststoffen, dat hebben we hiermee aangetoond.'

### Sweet spot

Maar niet alleen de praktische toepasbaarheid van deze recycling-technologie was reden voor enthousiasme, ook de economische haalbaarheid. 'Door processen te optimaliseren, konden we het energieverbruik flink terugbrengen. Ik denk dat we met recycling door dissolutie een optimum hebben gevonden binnen de drie-

hoek kwaliteit-economie-energiegebruik.' Om deze stelling te onderbouwen, worden de komende jaren de experimenten met dissolutie stapsgewijs opgeschaald naar een commercieel niveau, te beginnen met een proefinstallatie in Rijswijk. 'Ik zie een toekomst voor me waarin we tachtig tot negentig procent van onze kunststoffen in circulaire productieketens maken. Recycling op basis van dissolutie kan daar een belangrijke rol in spelen – het is mooi om daar een bijdrage aan te mogen leveren.' ■

**Wie:** TNO in samenwerking met producent ELIX Polymers en onderzoeksinstituut Fraunhofer ICT.

**Looptijd:** 2019 - 2024.

**Budget:** EU-bijdrage 4,5 miljoen euro.

**Vervolg:** in samenwerking met industriële partners recycling door dissolutie

verder opschalen naar – uiteindelijk – een commercieel interessant niveau.

*Koos Verloop, onderzoeker  
Agro Field Technology  
Innovations bij Wageningen  
University & Research.*

# Duurzaam én rendabel: de ingewikkelde puzzel van de melkveehouder

Hoe kunnen melkveehouders met hun bedrijf aan milieunormen van de toekomst voldoen en tegelijkertijd hun bedrijfsvoering rendabel houden? Dit is een vraag voor de overheid, de sector en de praktijk. Wageningen University & Research biedt hierbij ondersteuning via het project Koeien & Kansen. ►

## WUR

**Probleem:** de overheid wil beleid inzetten dat het mogelijk maakt dat melkveehouders integraal milieudoelen op het gebied van klimaat, biodiversiteit en kringlooplandbouw realiseren met behoud van inkomen. Het is voor melkveehouders behoorlijk ingewikkeld om aan alle eisen te voldoen en tegelijkertijd economisch gezond te blijven.

**TO2-oplossing:** Koeien & Kansen helpt melkveehouders met praktische kennis en effectieve oplossingen om aan de milieueisen te voldoen. Het biedt ondernemers inzicht hoe verschillende, soms tegen elkaar inwerkende maatregelen, op hun specifieke melkveehouderij het best toegepast kunnen worden, zodat emissies van methaan, nitraat en ammoniak zo laag mogelijk zijn.

**Impact:** een van de oplossingen is om het rantsoen van koeien zo samen te stellen dat de ammoniakuitstoot en de methaanemissie verminderen. Ook het vaker beweiden van vee helpt hierbij. De kunst daarbij is om dit zo uit te voeren dat bij bedrijven op zand de hoeveelheid nitraatuitspoeling in het grondwater beperkt blijft. Vaak betekent dit dat een melkveehouder zijn vee, rantsoenen en gewassen zo moet managen dat grondstoffen die worden aangevoerd naar het melkveebedrijf (zoals voer en meststoffen) efficiënt worden omgezet in producten, zonder veel verliezen. Hierdoor kan de veehouder besparen op zijn grondstoffen en produceren met minder verliezen naar het milieu.

Tot de jaren tachtig kenden melkveehouders relatieve vrijheid in hun bedrijfsvoering, vertelt onderzoeker Koos Verloop. 'Het werd echter steeds meer duidelijk dat de natuur en het milieu te lijden hebben onder de uitstoot van de sector.' Dit werd eerst en vooral duidelijk door nitraatuitspoeling naar grondwater op droge zandgronden. Door de nitraatuitspoeling kwam de geschiktheid van grondwater voor drinkwaterwinning onder druk te staan. Ook de problemen met ammoniakemissie waren al vroeg duidelijk. Later kwam daar de emissie van broeikasgassen als aandachtspunt bij. Het houden van melkvee gaat namelijk gepaard met emissie van de broeikasgassen methaan en lachgas en CO<sub>2</sub>.

### Minder uitstoot per liter

Onderzoekers, overheid en melkveehouders zijn 25 jaar geleden samen het project Koeien & Kansen gestart met als doel duurzame én rendabele boerenbedrijven in te richten met behulp van slimme oplossingen. 'Hoe dat toe te passen is een hele puzzel voor melkveehouders', vertelt Verloop die sinds 2010 betrokken is bij dit initiatief en vanuit WUR ondersteuning aan de veehouders biedt. Op dit moment doen zestien boeren verspreid over Nederland mee aan het project. De onderzoekers formuleren jaarlijks samen met de melkveehouders en hun adviseurs "uitdaginge, maar haalbare" doelen om de schadelijke uitstoot te verminderen. 'We kijken welke strategieën en maatregelen ze kunnen toepassen', zegt Verloop. Zo kunnen melkveehouders de emissie van ammoniak verlagen door de koeien vaker in de wei te laten staan. Mest en urine die in de stal op dezelfde plek terecht komen, zorgen voor meer ammoniakuitstoot. Maar vaker in de wei staan verhoogt het risico dat nitraat in het grondwater terecht komt. Verloop zegt: 'We gaan daarom na hoe we koeien in de wei kunnen laten grazen zonder de waterkwaliteit te schaden. We weten al dat een goede graskwaliteit daarbij kan helpen; dit bereik je door de koeien niet steeds op hetzelfde stuk



grond te laten lopen. Een goede graszode beschermt grondwater. Planten nemen namelijk nitraat op en daardoor komt er minder nitraat in de bodem en het grondwater terecht.

### Minder mest en milieuverliezen

Het type voer dat koeien krijgen, heeft invloed op de hoeveelheid stikstof en fosfaat die via mest geproduceerd wordt. De onderzoeker benadrukt hoe relevant het voor de melkveehouders is om het juiste voer aan hun koeien te geven. Voeren doe je natuurlijk om het vee gezond te houden en de melkproductie op peil te houden, maar het is ook zaak dat de daarbij optredende productie van stikstof en fosfaat met mest niet onnodig hoog wordt. Dit is belangrijk omdat boeren een beperkte hoeveelheid stikstof en fosfaat

met mest mogen uitrijden over het land. Dat staat in de Nitraatrichtlijn, een Europese richtlijn die stikstof in de landbouw reguleert om watervervuiling te voorkomen. Verloop legt uit: 'Koeien eten vooral gras en dat is eiwitrijk, en levert veel melk op, maar als het eiwitgehalte te hoog is, gaan koeien onnodig veel stikstof in mest produceren. Door het melkvee voer met een specifieke hoeveelheid eiwit te geven, verminderen melkveehouders de hoeveelheid stikstof in mest en dus de stikstofuitstoot van hun koeien zonder dat de hoeveelheid melk hoeft te dalen.' Ook methaanemissie van koeien beperk je door te sturen met specifieke voedermiddelen in het rantsoen. Dit is echter een nogal dure aanpak, die door veehouders soms als te kunstmatig wordt ervaren en daarom niet op elk bedrijf past.

### Lager eiwitgehalte

'Door het gras op een bepaalde manier en op een specifiek moment te maaien, gaat het eiwitgehalte omlaag, al kan dit ten koste gaan van de energiewaarde.' Daarom geven de melkveehouders de koeien ▶



## WUR

- ▶ naast gras ook mais, dat minder eiwit bevat. Of andere soorten krachtvoer met een lager eiwitgehalte en meer energie. ‘Inmiddels is de optimale hoeveelheid eiwit die koeien moeten krijgen vrij goed bekend’, zegt Verloop, ‘maar in de praktijk blijkt het lastig om dat goed te doen.’ Om de boeren daarbij te helpen, ontwikkelde WUR de KringloopWijzer, die melkveehouders inzicht geeft in de milieu- en klimaatprestaties van hun bedrijf. Hieruit is onder andere de uitstoot van stikstof, ammoniak en fosfaat te zien, waar zij rekening mee kunnen houden. De KringloopWijzer is inmiddels de standaard geworden in de melkveesector en wordt gebruikt om bedrijfsprestaties te berekenen en weer te geven. Hierop sluit bijvoorbeeld ook het label “On the way to PlanetProof” op aan.

**Kruidenrijk gras**

Verloop en zijn collega's onderzoeken nog andere “kansen” voor de melkveehouderij om te werken aan minder uitstoot, een duurzamere omgeving en maatschappelijke wensen. Daarbij gaat het bijvoorbeeld ook over het ondersteunen van de biodiversiteit. Op sommige bedrijven zijn er mogelijkheden om meer kruidenrijk gras te telen. Er wordt veel geëxperimenteerd met bloemstroken en houtwallen en het samenwerken met natuurorganisaties. Daarbij is het effect op de biodiversiteit van belang, maar is het ook belangrijk om te zoeken naar mogelijkheden om dit rendabel te maken. Daarvoor zijn toelagen nuttig. Het vastleggen van koolstof in de bodem is ook geopperd om de broeikasgasemissie te verlagen. Planten halen CO<sub>2</sub> uit de lucht en die plantdelen kunnen in de grond bewaard blijven als organische stof, legt Verloop uit. Hij en zijn collega's berekenden wat deze oplossing oplevert; het blijkt mogelijk om de emissie hiermee deels te compenseren. Daarbij komt dat organische stof in de bodem bijdraagt aan de bodemvruchtbaarheid. Er is in de praktijk dus best veel bereidheid en interesse om hiernaar te kijken.

**Kringloop**

De puzzel is nog niet geheel gelegd, maar mede dankzij de inzichten uit dit onderzoeksproject is men erin geslaagd, de hoeveelheid

nitraat in het grondwater terug te dringen, net als de uitstoot van ammoniak naar de lucht. Ook slagen de veehouders erin om de stikstof en fosfaat in dierlijke mest beter te benutten door ze weer terug te winnen met geogste gewassen. De omloop van deze stoffen van voer naar mest, naar bodem, naar plant en weer terug naar voer is dus meer gesloten geworden. Er treden steeds minder verliezen naar het milieu op. Dat is die kringloop waar zoveel over gesproken wordt. Koos Verloop: ‘Uniek aan dit project is dat boeren, overheid, adviseurs en onderzoekers constructief samenwerken aan concrete oplossingen, om niet alleen de situatie voor het milieu te verbeteren maar ook voor de melkveehouders. En daarmee brengen wij samen de puzzelstukjes bijeen.’

**Meer erkenning**

Het is ook in het belang van de overheid dat een aanpak wordt ontwikkeld waardoor melkveehouders op praktisch uitvoerbare wijze milieuvriendelijk kunnen produceren. Een van de ontwikkelpunten is dat het voor ondernemers nog lastig is om hun bedrijfsprestaties met minder milieudruk zichtbaar te maken. Hiervoor is de KringloopWijzer een krachtig instrument, dat in principe mogelijkheden biedt voor de overheid en melkveebedrijven om te sturen op doelen zonder het ‘hoe’ op te leggen. Het is niet toevallig dat de basis voor de KringloopWijzer in Koeien & Kansen is gelegd. Maar de aansluiting van dit instrument op sturing door de overheid kan nog veel beter. Ook daarvoor is de samenwerking tussen onderzoek, overheid en sector van groot belang. ■

**Wie:** Wageningen University & Research.

**Looptijd:** het programma bestaat al 25 jaar met verschillende onderzoeksperiodes.

**Vervolg:** in de komende periode willen de onderzoekers de focus leggen op oplossingen voor het verlies van de derogatie, doelsturing en de toepasbaarheid in beleid en regelgeving.

*‘Uniek aan dit project is dat boeren, overheid en onderzoekers constructief samenwerken aan concrete oplossingen.’*

Meer lezen over Koeien & Kansen



Meer lezen over de Kringloopwijzer



*Met nieuwe methoden, zoals drones, kan biodiversiteit sneller, preciezer en goedkoper gemeten worden.*

# Nieuwe methoden om beter de biodiversiteit te meten

Met natuur-inclusieve landbouw en andere initiatieven streven wetenschappers, boeren en beleidsmakers naar meer biodiversiteit. Maar hebben nieuwe vormen van landbouw zoals voedselbossen het gewenste effect? Dit onderzoeksproject brengt in kaart welke methoden het beste werken om de biodiversiteit te meten. ►

## WUR

**?! Probleem:** er is onvoldoende inzicht in het effect van ecologische maatregelen zoals voedselbossen en bloemenstroken op de biodiversiteit. Dit belemmert effectieve toepassing en bijsturing van deze initiatieven.

**💡 T02-oplossing:** een set van nieuwe methoden, waarmee biodiversiteit sneller, preciezer, goedkoper en op grotere schaal gemeten kan worden. Dat helpt om te bepalen welke maatregelen in onder andere de natuur-inclusieve landbouw wel of niet goed werken.

**📊 Impact:** als biodiversiteit beter gemeten wordt, kunnen de initiatieven om biodiversiteit te verhogen effectiever worden toegepast.

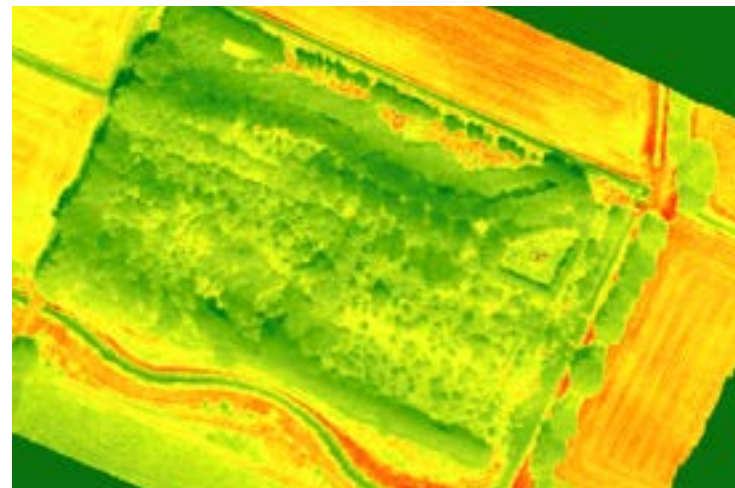
Het bevorderen van de biodiversiteit staat hoog op de agenda. ‘Met veel soorten gaat het niet goed’, licht Arjen de Groot toe, dierecoloog bij Wageningen University & Research. Hij doelt op het gehele ecosysteem van planten, dieren, schimmels en bacteriën. Als dierecoloog richt hij zich voornamelijk op dieren. ‘Hun aantallen nemen af of worden zelfs met uitsterven bedreigd, terwijl deze soorten van essentieel belang zijn.’

### Plaaibestrijders

Bijen bijvoorbeeld. ‘Indien zij bloemen minder bestuiven, groeien er geen of misvormde vruchten. Dat kan aanzienlijke schade veroorzaken voor de teeltsector.’ Ook insecten, zoals spinnen, oorwormen en zweefvliegen, vervullen nuttige functies voor de mens. ‘We kunnen ze gebruiken als plaagbestrijders in plaats van chemische bestrijdingsmiddelen, maar dan moeten er wel voldoende insecten zijn. We proberen in Nederland de laatste jaren meer samen te werken met de natuur’, vertelt De Groot. Voorbeelden hiervan zijn groene daken in steden of bloemstroken om meer insecten aan te trekken. Ook zijn natuur-inclusieve landbouwsystemen in opkomst. De nieuwe voedselbossen bijvoorbeeld, waar het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur flink in investeert. ‘Maar willen we het tij nog keren dan moeten we deze nieuwe initiatieven wel zo effectief mogelijk toepassen’, zegt de onderzoeker. ‘En daarom onderzoeken we of dit soort nieuwe vormen van landbouw ook daadwerkelijk bijdragen aan het verhogen van de biodiversiteit.’

### Dronefotografie

Het meten van biodiversiteit is niet nieuw. De biodiversiteit wordt sinds jaar en dag gemeten door vogelaars met een verrekijker of luisterend oor of door wetenschappers die insecten vangen en in het laboratorium determineren. De Groot: ‘Secuur, gespecialiseerd en tijdrovend werk.’ De onderzoekers experimenteren daarom met nieuwe monitoringsmethoden. Dat doen ze in Ketelbroek, het oudste voedselbos van Nederland. Dronefotografie bijvoorbeeld, waarbij de kleuren duidelijk maken hoe gezond de planten zijn. ‘En we onderzoeken of we diezelfde lichtsignalen kunnen gebruiken om de soorten te herkennen.’ Via geluidsmonitoring met kastjes die in



Met dronefotografie maken de kleuren duidelijk hoe gezond de planten zijn.



Met dit apparaat kun je DNA-analyse verrichten op aanwezige haartjes en huidcellen van dieren.

## WUR

- een boom hangen, meten onderzoekers de geluiden van vogels en vleermuizen. Andere zoogdieren worden gefotografeerd als ze langs een camera komen. Via automatische beeld- en geluidsherkenning wordt een lijst gegenereerd die de waargenomen soorten weergeeft. Dit maakt het mogelijk om snel en efficiënt informatie te verzamelen over de aanwezigheid en identiteit van verschillende dieren of planten in een bepaald gebied.

**DNA via de lucht**

Een andere, heel nieuwe methode is de analyse van DNA dat in de lucht zweeft. 'Dit is voor het eerst een paar jaar geleden in de dierentuin in Kopenhagen getest', vertelt De Groot. Op het dak van de receptie stond een apparaat dat lucht opzoog, met als doel om na een week een DNA-analyse te verrichten op aanwezige haartjes en huidcellen. Het DNA van bijna alle dieren in de dierentuin bleek aanwezig. 'Ook wij zien in Ketelbroek hoe efficiënt en opvallend secuur dit is, een echte eyeopener.' Zo bleek deze methode bijna alle soorten waar te nemen die door een vogelaar en de geluidsmonitoring gezamenlijk werden gevonden, plus nog een groot aantal extra. De Groot verwacht dat deze techniek de komende jaren een grote vlucht gaat nemen. Uit het onderzoek blijkt dat deze nieuwe meetmethoden de biodiversiteit sneller, betrouwbaarder, goedkoper en op grotere schaal kunnen meten. 'Elke techniek heeft voor- en nadelen, dus het is belangrijk om de diverse methoden te combineren. Per soortgroep en per type onderzoeksvraag moeten we kijken wat het beste werkt', legt De Groot uit. Het Wageningen Data Competence Center van WUR helpt om al die data samen te vatten en te visualiseren in grafieken zodat andere wetenschappers, boeren en beleidsmakers er gebruik van kunnen maken. De inzichten helpen hen de juiste maatregelen te nemen, en daarmee de biodiversiteit te verhogen. ■

*'Elke techniek heeft voor- en nadelen, dus het is belangrijk om de diverse methoden te combineren.'*

**Wie:** Wageningen University & Research.

**Looptijd:** januari 2023 tot eind 2024.

**Vervolg:** de onderzoekers willen in een vervolgtraject het effect van de nieuwe set monitoringsmethoden in de praktijk meten.



Bekijk hier de video



*Via geluidsmonitoring met kastjes die in een boom hangen, meten onderzoekers de geluiden van vogels en vleermuizen.*

# Burgerinitiatieven met strategische visie dragen meer bij aan de natuur

Naast de overheid leveren burgers een belangrijke bijdrage aan de natuur en biodiversiteit. Maar welke acties kunnen zij het beste ondernemen en hoe? Dit onderzoek heeft een methode ontwikkeld om burgerinitiatieven effectiever te maken. Ook helpen de inzichten de overheid om de burgerbetrokkenheid te vergroten. Hiermee kunnen de doelen van de overheid op het gebied van de natuur beter bereikt worden. ►



## WUR

**?! Probleem:** welke acties van burgerinitiatieven om de natuur te beschermen zijn het meest effectief? Hoe kan de overheid burgerbetrokkenheid bij de natuur vergroten?

**💡 T02-oplossing:** de onderzoekers hebben een methode (stappenplan) ontwikkeld die helpt om burgerinitiatieven effectiever te maken. De inzichten helpen ook de burgerbetrokkenheid te vergroten en de natuurdoelen te bereiken.

**📊 Impact:** burgerinitiatieven zijn meer effectief in het stimuleren van bedrijfsleven en overheden om hun bijdrage te leveren aan de natuur. Effectieve voorbeelden zijn burgerinitiatieven om zwerfafval te reduceren en de biodiversiteit te verbeteren.

Behalve overheden en bedrijven leveren burgers een belangrijke bijdrage aan de ontwikkeling, het behoud en de bescherming van natuur en biodiversiteit. ‘Burgers kunnen op drie manieren bijdragen’, legt Arjen Buijs uit, Universitair Hoofddocent Bos- en Natuurbeleid en Senior onderzoeker Wageningen University & Research. ‘Door bij te dragen aan bestaande beleidsdoelen, door nieuwe manieren van natuurbeheer of voedselproductie te ontwikkelen of door druk uit te oefenen op overheden en bedrijfsleven om te gaan vergroenen’. Maar hoe kunnen die acties zo effectief mogelijk worden ingericht, zodat deze een grotere bijdrage leveren aan natuurbescherming en natuurbeleid? En hoe kunnen overheden en natuurorganisaties de burgerbetrokkenheid vergroten om makkelijker hun doelen op het gebied van de natuur te behalen? Buijs en zijn collega’s onderzochten eerst de motivaties van burgers om bij te willen dragen. Uit hun onderzoek bleek dat mensen niet alleen gemotiveerd zijn om zelf iets te doen, maar ook in actie komen vanwege onvrede over de rol van bedrijven en het ontbreken van effectief overheidsbeleid, bijvoorbeeld om de hoeveelheid zwerfafval te verminderen. Vervolgens onderzochten ze samen met de betrokkenen, twee succesvolle burgerinitiatieven. Daaruit haalden zij lessen en verwerkten deze in een algemene methode die andere initiatieven kunnen toepassen om effectiever te worden.

### Succesvolle burgerinitiatieven

Een van de initiatieven die ze onderzochten is Tiny Forest, een initiatief van IVN Natuureducatie om samen met scholen en gemeenten kleine bosjes met verschillende bomen aan te planten (inmiddels zijn er 282). ‘Dit initiatief helpt niet alleen om bewoners te betrekken bij de natuur’, zegt Buijs, ‘hiermee worden dorpen en steden daadwerkelijk groener en neemt de biodiversiteit toe.’ Tiny Forest slaagde er bijvoorbeeld in om met succes een community op te bouwen, samen de bosjes aan te leggen en voorlichting te geven aan onder andere scholen. Daarnaast bestudeerden de onderzoekers enkele burgerinitiatieven die samen het plastic afval uit de natuur opruimen zodat dit niet in de rivieren en oceanen terecht komt, zoals Stichting De Noordzee en hun Schone Stranden acties. ‘Zulke organisaties publiceren jaarlijks bijvoorbeeld van welk frisdrank-



*‘Door Tiny Forest worden dorpen en steden daadwerkelijk groener en neemt de biodiversiteit toe.’*

merk de meeste blikjes worden gevonden en delen dat met de media’, licht Buijs toe.

‘Die negatieve publiciteit levert druk op voor bedrijven om hun beleid te veranderen en ook de politiek ervaart druk om een statiegeldsysteem voor kleine plastic flesjes in te voeren.’ Ondertussen wordt er inderdaad statiegeld op blikjes en flesjes geheven en belandt er zeventig procent minder blikjes en plastic flesjes in de natuur. ‘Dus dat is echt heel effectief geweest.’

### Grote plannen

Als organisaties of de overheid echt een transitie teweeg willen brengen met de hulp van burgers, moeten zij van tevoren heel strategisch nadenken welke activiteiten zinvol zijn, legt Buijs uit. ‘We hebben ▶

WUR



*‘Negatieve publiciteit levert druk op voor bedrijven om hun beleid te veranderen.’*

samen met Tiny Forest en Stichting De Noordzee bekeken hoe zij met een duidelijk doel voor ogen hun activiteiten slim ontplooiën?

Op basis van die inzichten hebben de onderzoekers vervolgens een methode ontwikkeld, een stappenplan voor ‘lokale initiatieven met grote plannen’ om een strategie te ontwikkelen. Burgers kunnen samen een sjabloon invullen om helder te krijgen wat hun doel is, welke activiteiten ze precies ondernemen en wat daarvan de resultaten zijn op de korte en lange termijn. Ze kunnen verder de diepte in door hun eventuele aannames, kansen, barrières en benodigdheden te bespreken. Op basis van de methode kan het burgerinitiatief verder groeien, professionaliseren of een subsidieaanvraag doen. Buijs: ‘Hiermee kun je dus zelf aan de slag om je burgerinitiatief effectiever te maken. Het is heel zinvol om als burgerinitiatief het

gesprek aan te gaan over wat je op de lange termijn wil bereiken. Met deze methode kunnen burgers een grotere bijdrage leveren aan de ontwikkeling en bescherming van de natuur. Ze kunnen zelfs invloed hebben op het ontwikkelen van beleid met structurele verbeteringen als mogelijk gevolg. De inzichten helpen ook overheden en natuurorganisaties om een effectieve beleidstheorie te ontwikkelen over hoe burgers het beste te betrekken bij het natuurbeleid. En dat kan ook weer het draagvlak voor het natuurbeleid vergroten.’ ■

**Wie:** Wageningen University & Research.

**Looptijd:** 2020 t/m 2023.

**Vervolg:** de inzichten uit dit onderzoek worden gebruikt in diverse andere onderzoeksprogramma's

over burgerbetrokkenheid en burgerinitiatieven.

# Verzakkingen en paalrot van huizen in kaart

Naar schatting zo'n 425 duizend woningen in Nederland hebben of krijgen te maken met funderingsproblemen, zoals houten heipalen die rotten of ondiepe funderingen op verzakkende bodems. Gevolg: scheuren, verzakkingen en zelfs instortingsgevaar. ►

*Mandy Korff (Deltares) en Chris Geurts (TNO) deden onderzoek naar het funderingsprobleem van huizen in Nederland.*



## Deltares, TNO

**?! Probleem:** honderdduizenden huizen in Nederland hebben, of krijgen in de toekomst, funderingsproblemen, meestal door rottende houten palen of ondiepe funderingen op verzakkende bodems. Zonder maatregelen kan het schadebedrag oplopen tot 54 miljard euro.

**T02-oplossing:** Deltares en TNO brengen alle beschikbare kennis bij elkaar waarmee de precieze omvang van het probleem is bepaald. Ook ligt er nu een plan van aanpak voor verder onderzoek en adviseerden zij nationale maatregelen.

**Impact:** door de bestaande kennis op een rij te zetten, een schatting te maken van de omvang van het probleem, en door voorstellen te doen voor het aanpakken van het probleem, kan een grote financiële en maatschappelijke crisis worden voorkomen. Deze zou optreden als honderdduizenden huiseigenaren aanlopen tegen onbetaalbare constructieproblemen.

‘Ik heb zelf een huis gehad met paalrot’, zegt Chris Geurts, constructiedeskundige en onderzoeker bij TNO, ‘er waren binnen vrij korte tijd behoorlijke scheuren ontstaan in de muren. Bij een onderzoek bleek dat houten heipalen langzaam in ‘snot’ veranderden. Ik heb er feitelijk op afgeschreven bij de verkoop’. Geurts is niet alleen ervaringsdeskundige. Zijn werkgever TNO leverde, in samenwerking met Deltares, het technische gedeelte van een rapport van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli), waarin een voortvarende en landelijke aanpak van dit probleem wordt bepleit.

### Landelijk probleem

Het probleem is al decennialang bekend, zegt geotechniek-expert Mandy Korff van Deltares, ‘maar inmiddels ziet iedereen in dat het niet meer alleen een probleem is van individuele huiseigenaren. We zien dat het een landelijk probleem is, en willen er dus landelijk iets aan doen.’ Dus zijn de twee organisaties door de Rli, gevraagd bestaande kennis samen te brengen, een schatting te maken van de omvang van het probleem, en om voorstellen te doen voor het verder in kaart brengen en aanpakken van het probleem. En graag een beetje snel. ‘Het verzoek kwam in

*‘Als je niets doet, wordt het funderingsprobleem alleen maar groter.’*

oktober 2023, en in februari moest het klaar zijn om mee te kunnen naar het nieuwe kabinet’, zegt Korff. De keuze voor het koppel TNO en Deltares lag voor de hand vanwege hun expertisegebied: ‘We schreven in 2021 al gezamenlijk een kennisagenda over dit onderwerp.’

### Grof-naar-fijn-aanpak

De partijen gingen in vliegende vaart aan de slag, zegt Korff. ‘Het meeste werk zat ‘m in de zaken goed op een rij zetten: waar praten we nu eigenlijk over?’ Specifiek onderbouwden de onderzoekers het aantal woningen met funderingsproblematiek. ‘Tot dan toe ging altijd het getal van een miljoen woningen rond, de Rli wilde dat beter uitgezocht hebben.’ Om uit te zoeken om welke 425 duizend woningen het gaat, bepleiten de onderzoekers een grof-naar-fijn-

aanpak. ‘Er zijn 6,5 miljoen huizen, die wil je niet allemaal onderzoeken en mensen stress bezorgen. Vooral bij panden ouder dan vijftig jaar, die bijvoorbeeld op houten palen of een ondiepe fundering staan, ga je verder kijken. Als er al scheuren in het gebouw zitten is de kans dat dat uit de fundering komt daar groter.’

### Archief

Verder onderzoek kan dan op basis van archieven, zegt Korff, ‘maar een van de grote problemen is dat we niet een centraal archief hebben waarin we funderingen vastleggen. Het is ook een van onze belangrijkste adviezen aan de overheid: zo’n archief aanleggen.’ Informatie is er vaak wel, voegt Geurts toe, maar het is slecht ontsloten. ‘Pas als je daar niet wijzer van wordt, kijk je naar het pand zelf’. Alleen in het uiterste geval ga je over tot een tijdrovende en kostbare funderingsinspectie, waarbij tot aan de palen gegraven wordt. Voor eventuele herstelwerkzaamheden moet een aanpak komen. Soms is de schade vooral cosmetisch: sommige scheuren hebben geen invloed op de veiligheid of het functioneren van een gebouw. ▶



Mandy Korff en Chris Geurts: ‘Vooral bij panden ouderdan vijftig jaar ga je verder kijken.’

## Deltares, TNO



*In Utrecht hebben duizenden huizen een gebrekkige fundering.*

- ▶ Maar soms ook moet de fundering hersteld worden, een ingrijpende en dure operatie, al leidt uitstel daarvan vaak tot grotere schade en herstelkosten. En soms is sloop de enige oplossing, maar meestal is dan de algehele woningkwaliteit ook al niet goed. Ook zal, als er geen maatregelen worden genomen, het aantal woningen met problemen blijven toenemen.

#### 425 jaar

‘Innovatie, zowel op het gebied van inspectie als herstelwerkzaamheden, is hoognodig’, zegt Korff. ‘We vernieuwen nu de fundering van duizend huizen per jaar, dus dan ben je nog 425 jaar bezig. Dat moet sneller.’ De urgente opdracht op basis van bestaande kennis, zette wel meer in gang, ziet de Deltares-onderzoeker. ‘We ontwikkelen nu modellen waarmee je kunt verfijnen en verbeteren welke panden het meeste risico lopen, waarbij we ook de gevolgen van klimaatverandering moeten meenemen.’ Vervolgonderzoek met dezelfde partners, staat al op stapel, vertelt Geurts. ‘Daarin zoeken we nog

specifieker uit waar zich het probleem manifesteert. Kunnen we bepaalde types huizen aanwijzen en waar moeten we dan vervolgens als eerste actie op ondernemen? Want alles tegelijk gaat niet.’ Naast technische aspecten neemt de Rli ook informatie-, bestuurlijke, en financiële aspecten mee. Met als conclusie het dringende advies om dit probleem landelijk aan te pakken, en niet op zijn beloop te laten. Anders zal het aantal panden met problemen toenemen, en de schade alleen maar toenemen. Korff: ‘Als je niets doet, wordt het probleem alleen maar groter.’ ■

**Wie:** Raad voor de leefomgeving en infrastructuur (Rli), Deltares, TNO, Kennis Centrum Aanpak Funderingsproblematiek (KCAF).

**Looptijd:** oktober 2023 tot en met februari 2024.

**Budget:** 160 duizend euro.

**Vervolg:** vervolgonderzoek, door TNO en Deltares, waar-

bij gedetailleerder in kaart gebracht wordt welke gebouwen risico lopen en welke keuzes nodig zijn bij de aanpak van het probleem.

TNO

## Nieuwe inzichten in ontwikkeling MASLD

Overmatige consumptie van vet- en suikerrijke voeding kan leiden tot overgewicht gerelateerde ziekten, zoals MASLD (metabole-disfunctie geassocieerde steatotische leverziekte). Het is bekend dat deze ziekte meerdere organen en processen aantast, hoewel de focus vaak ligt op de lever, waar de ziekte zich manifesteert. Zo zijn de meeste interventiestudies ook vaak gericht op één orgaan of ziekteproces. Om hier verandering in te brengen, heeft TNO met partners uit de farmaceutische, voedingsmiddelenindustrie en diagnostische dienstverleners het samenwerkingsverband ProLiver opgezet. Het doel was om nieuwe inzichten te verkrijgen over de ontwikkeling van MASLD, nieuwe methoden en technologieën te ontwikkelen en innovatieve behandelingsstrategieën te onderzoeken. Het onderzoek heeft de hele industrie beter inzicht gegeven in de onderliggende ziekteprocessen in meerdere organen tijdens de ontwikkeling van MASLD. Door vroegtijdiger in te grijpen met innovatieve behandelingsconcepten die gericht zijn op meerdere organen, heeft het ProLiver-team laten zien dat de ontwikkeling van MASLD geremd kan worden.

Meer lezen over ProLive:



DELTA/RES/TNO

## DigiTwin: digitale kopie van een waterkering

Hoe gebruik je informatietechnologie om waterkeringen zoals dijken toekomstbestendig te maken? Het liefst zou je er een digitale kopie van maken, zodat je ze veilig kan onderzoeken onder allerlei verschillende omstandigheden, zoals stormen of langdurige droogte. Om zo'n digitale kopie te realiseren, startten Deltares, TNO met bedrijven Geodan, Fugro, HKV en BZIM het project 'DigiTwin Waterkering en Ondergrond'. In dit project is software ontwikkeld en getest op een aantal cases. Dit helpt waterschappen en overheden om de data die ze verzamelen bij het beheer van hun dijken en grondprojecten in bruikbare informatie om te zetten. De digitale kopie of 'DigiTwin' combineert geologische,

geotechnische en geofysische data en informatie met real time aardobservaties en bestaande gegevens van waterkeringen. Zo brengt de digitale tweeling kwetsbaarheden van een waterkering in kaart. Door situaties als extreem hoog water of aanhoudende droogte te simuleren in het digitale model, is er beter zicht op de gevoeligheid voor de belangrijkste faalmechanismen van dijken, zoals piping, waarbij water door of onder de dijk stroomt. Met een DigiTwin kunnen waterbeheerders de toestand van dam, dijk of stortvloedkering nauwkeuriger voorspellen en toekomstige waterkeringen beter ontwerpen.

## WUR



## Zaden en verhalen op website erfgoedrasen.nl

De moderne landbouw draait op een beperkt aantal rassen, waardoor veel erfgoedrasen een zeldzaamheid zijn geworden en dreigen te verdwijnen. Neem de grosse brune paresseuse, een soort botersla die in de 20e eeuw werd geteeld in glazen kassen. In het midden van zo'n kas stond gewoon een kacheltje, zodat mensen ook in het vroege voorjaar al iets te eten hadden. Met de nieuwe website over Erfgoedrasen heeft het

Centrum voor Genetische Bronnen Nederland (CGN) van Wageningen University & Research het doel om oude Nederlandse groenterassen uit de negentiende en twintigste eeuw te behouden, opnieuw onder de aandacht te brengen en toegankelijk te maken voor hobbytelers. Het behoud van erfgoedrasen is van belang voor de toekomst van de landbouw en voedselproductie vanwege de enorme diversiteit in dit materiaal. Bovendien kunnen

erfgoedrasen zich onderscheiden door hun smaak en kwaliteit, als onderdeel van traditionele gerechten. Ook is er een webshop waarin hobbytelers kleine hoeveelheden zaad kunnen bestellen. Over elk ras is er meer informatie beschikbaar over hoe het vroeger geteeld en gegeten werd.

[erfgoedrasen.nl](http://erfgoedrasen.nl)

Meer lezen:



## TNO

## AIKON Health voor draagbare monitoring gezondheid

Hartfalen is een veelvoorkomende aandoening waar veel mensen aan overlijden. Het risico op overlijden is het grootst direct na ontslag uit het ziekenhuis na een ingreep. Ruim vijftig procent van de patiënten met hartfalen wordt binnen zes maanden na ontslag uit het ziekenhuis opnieuw opgenomen. Het op afstand monitoren van signalen die indicatief zijn voor hartfalen kan mensenlevens redden omdat het vroegtijdige detectie en interventie mogelijk maakt. TNO lanceert de spin-off AIKON Health,

gericht op draagbare biosensoren die zich richten op het zorgbeheer, te beginnen met hartmonitoring. AIKON Health bouwt voort op technologie die TNO eerder ontwikkelde bij Holst Centre, het expertisecentrum op het gebied van hybride geprinte elektronica en dunne-film elektronica. Door draagbare monitoring kunnen heropnames met 25 procent worden gereduceerd. Daarnaast leveren spinoffs als AIKON Health nieuwe bedrijvigheid en banen voor Nederland op.

## Wat vinden klanten van TO2?

### Riekelt Post, Directeur RapiD Engineering:

'Onze samenwerking met Wageningen University & Research (WUR) heeft ons geholpen ons vision-systeem voor de visserij en visverwerking naar een hoger niveau te tillen. Terwijl wij als ingenieursbureau de praktische ontwikkeling van dit systeem verzorgen, brengt WUR nieuwe theoretische inzichten. Met hun objectieve onderzoek benadering en testfaciliteiten leggen zij de basis voor verbeteringen die wij vervolgens in de praktijk kunnen toepassen. Het systeem automatiseert kwaliteitscontroles, stuurt robots aan en verzamelt waardevolle data. Met deze technologie kunnen we de automatisering en digitalisering in de visserij en visverwerking verder bevorderen en zo bijdragen aan een efficiënte en duurzame sector.'



*De transportband die gebruikt wordt in de visverwerking met daarop de 'vision robot' die de metingen uitvoert en data verzamelt.*



WUR

## Consumenten positief over Nederlandse agri- en foodsectoren

De Agrifoodmonitor uitgevoerd door Wageningen Economic Research in opdracht van de Topsector Agri & Food biedt al meer dan 10 jaar unieke inzichten in de maatschappelijke waardering voor de Nederlandse agri- en foodsectoren. Daarnaast heeft de editie van 2024 ook de ruim 3.500 Nederlanders gevraagd naar hun beleving bij klimaat en voedselzekerheid, en de manier waarop consumenten de vrijwillige inzet van de Agrifood sector om klimaatimpact te verminderen, waarderen.

Consumenten zijn net als voorgaande jaren positief over de Nederlandse agri- en foodsectoren en staan ervoor open om de agri- en foodsectoren te belonen voor de extra inzet om kli-

maatverandering aan te pakken. Daarbij laat de Agrifoodmonitor zien dat er meer manieren zijn om te belonen dan enkel betalen. Zij vinden dat klimaatverandering de agri- en foodsectoren momenteel harder raakt dan henzelf. En zij verwachten niet dat voedsel heel veel schaarser gaat worden (doorkijk naar 2030). Consumenten lijken zich nog geen heel grote zorgen over voedselzekerheid te maken.

De inzichten van de Agrifoodmonitor worden door beleidsmakers, het bedrijfsleven, ketenpartners en wetenschappers gebruikt om beter te begrijpen waarom consumenten bepaalde keuzes maken en bepaald gedrag laten zien.

TNO

## Methaanuitstoot schepen hoger dan regelgeving veronderstelt

Het gebruik van vloeibaar aardgas (LNG) als scheepsbrandstof groeit snel. De uitstoot van methaan van schepen die op LNG varen, draagt echter bij aan de klimaatverandering. In het

project FUMES (Fugitive and Unburned Methane Emissions from Ships) is gemeten dat de werkelijke methaanslip (het deel dat onverbrand uit de motor naar de atmosfeer ontsnapt) bij schepen met een veelvoorkomend motortype gemiddeld 6,4 procent bedroeg, terwijl de EU-regelgeving momenteel uitgaat van 3,1 procent methaanslip. TNO verrichtte metingen in de uitlaatpijp van de machinekamer. Het eindrapport beveelt aan dat de beleidsmakers van de EU en de IMO overwegen de standaardwaarde voor de methaanslip van LPDF-viertaktmotoren (Low Pressure Dual

Fuel) te verhogen tot ten minste 6 procent. 'Conventionele meetprocedures, zoals die voor certificering, zijn weliswaar nauwkeurig maar mogelijk niet representatief. Werkelijke metingen kunnen helpen om representatieve gegevens te bepalen voor op feiten gebaseerde beleidsvorming', zegt Robin Vermeulen, senior onderzoeker van TNO.

Rapport FUMES



MARIN

## Veilig de brug van het schip onbeheerd achterlaten

Machinekamers in schepen profiteren al tientallen jaren van automatiseringssystemen die het voor de technici mogelijk maken om 's nachts en tijdens de rustige uren van de dag de machinekamer onbeheerd te laten. Het Alert Joint Industry Project (JIP) van MARIN ontwikkelt een vergelijkbare aanpak voor de brug van een schip, zodat de bemanning die voor bepaalde tijd onbeheerd kan achterlaten zonder de veiligheid in gevaar te brengen. Systemen en processen blijven draaien om de wachtlopers te waarschuwen wanneer hun aanwezigheid nodig is.

Alert JIP onderzoekt daarnaast of het op de brug van het schip de veiligheids-, werk- en leefsituatie voor de bemanning kan verbeteren. Bemanningen hebben vaak te maken met onregelmatige werk- en slaaptijden en eentonige werkomstandigheden. Gecombineerd met periodes van grote verveling als het schip in de haven ligt en hectische werkuren wanneer het schip door drukke scheepvaartgebieden gaat, is vermoeidheid vaak de oorzaak van (bijna-)ongevallen en incidenten.

Meer lezen:





Deltares / TNO

## Onderzoek naar falen fundering Prinses Margrietunnel

Op 13 december 2022 kwam een tunnelmoot van de Prinses Margriet-tunnel in de snelweg A7 bij Sneek omhoog. Er ontstond schade aan het wegdek en de tunnel is per direct voor het verkeer afgesloten. Deltares en TNO deden in opdracht van Rijkswaterstaat onderzoek naar de oorzaak. Dat bleek

de paalfundering te zijn, die de opwaartse waterdruk niet kon weerstaan. De paalfundering bestaat uit voorgespannen betonnen trekpalen. Het onderzoek wees uit dat de voorspanstaven in de palen zijn gebroken, waarschijnlijk als gevolg van spanningscorrosie. Door de spanningscorrosie neemt op

enkele plekken in de staaf de doorsnede ervan langzaam af, waardoor de voorspanstaaf uiteindelijk de aanwezige spanning niet meer kan dragen en plotseling breekt. Daardoor neemt het aantal palen dat de waterdruk moet dragen langzaam maar zeker af. Op basis van het onderzoek vermoeden de kennisinstitu-

ten dat de spanningscorrosie kan ontstaan door een combinatie van tekortkomingen in de omhulling van de voorspanstaven. Het diepe gedeelte van de tunnel krijgt momenteel een geheel nieuwe fundering. Deze zal naar verwachting eind 2025 gereed zijn.

## NLR

### Sturen met elektrische voortstuwing

Een schaalversie van een groot passagiersvliegtuig met elektrische voortstuwing heeft in 2024 inmiddels verschillende testvluchten in Italië gemaakt. Dit werd uitgevoerd door Koninklijke NLR, waarbij het vliegtuig op afstand werd bestuurd. Het vliegtuig met een spanwijdte van vier meter, een gewicht van ruim 160 kilogram en een kruissnelheid van 100 knopen is daarbij uitgerust met zes propellers. De distributed electric propulsion (DEP) maakt het daarbij mogelijk om het toestel te sturen met de motoren. Met de DEP-technologie

zullen grote passagiersvliegtuigen minder energie verbruiken. Doordat meer lucht versnellen efficiënter is en door in staat te zijn om de motoren individueel harder of zachter te laten draaien, hoef je minder gebruik te maken van de stuurvlakken. Dit zorgt voor minder luchtweerstand dat bijdraagt aan efficiënter vliegen. Dit onderzoek is een vervolg op het artikel 'De Scaled Flight Demonstrator geeft innovatieve luchtvaart vleugels' uit de impactrapportage 2022.



Bekijk hier de video

## Wat vinden klanten van TO2?

Joris Stok van de Raad voor de leefomgeving en infrastructuur zegt over het project over de funderingsproblematiek (zie pag. 24-26): 'Deltares was in staat om samen met TNO in 'no-time' een volledig overzicht te maken van de beschikbare wetenschappelijke kennis op het gebied van funderingsproblematiek. En deze bovendien te vertalen in toepasbare schema's en modellen ter ondersteuning van de adviesvorming. Deltares dacht proactief mee over resterende kennisvragen en hoe deze te beantwoorden. Met het kritisch tegenlezen van het conceptadvies vergrootte Deltares verder de toepasbaarheid van hun onderzoek en versterkte ze het advies.'



# Veilig data delen in de zorg

‘Het zou echt een enorme vooruitgang opleveren als wij een lerend gezondheidssysteem zouden hebben’, zegt Jildau Bouwman, ‘waarin wat vandaag met je patiënt gebeurt, meteen leidt tot inzichten die kunnen leiden tot verbetering van de zorg.’ ▶

*Jildau Bouwman  
en André Boorsma,  
onderzoekers bij TNO.*

## TNO

**?! Probleem:** ziekenhuizen, huisartsen en andere instanties beschikken over medische patiëntgegevens, die samen nuttige inzichten leveren voor andere patiënten of voor medisch onderzoek. Maar die data zijn versnipperd over vele instituten, zit in verschillende systemen in verschillende formaten, en delen is niet altijd mogelijk in verband met privacy en medisch beroepsgeheim.

**💡 TO2-oplossing:** TNO werkt samen met twaalf partijen aan HERACLES, een combinatie van technologie en organisatie-maatregelen die verschillende datasets samenvoegt zonder de privacy in gevaar te brengen, aanvankelijk op het gebied van twee typen kanker. Hiervoor werkt het systeem met privacy-enhancing technologies (PETs), maar er wordt ook gewerkt aan stelsels van afspraken over de organisatorische en bestuurskundige kant van het delen van data.

**📊 Impact:** HERACLES levert een bruikbaar concept voor privacy-vriendelijke datadeling in de zorg, en maakt duidelijk waar problemen, fricties maar ook kansen liggen bij het opzetten van datadelen. Het einddoel is een 'lerend gezondheidssysteem', waarbij inzichten die je opdoet meteen of door middel van wetenschappelijk onderzoek leiden tot verbetering van de zorg.

**B**ouwman is systeembiooloog bij TNO, locatie Leiden. Samen met collega André Boorsma, ook systeembiooloog, legt ze uit waarom HERACLES in het leven is geroepen: een samenwerking tussen dertien partijen die het lerende gezondheidssysteem een stap dichterbij moet brengen, met het verbeteren van de zorg voor twee typen kanker als voorbeeld. 'Kijk naar de reiswereld, sociale media of internetwinkels als Amazon, die al volledig data gedreven werken', zegt Boorsma, 'daarbij loopt de zorg echt behoorlijk achter'. Een lerend gezondheidssysteem zou een schat van inzicht kunnen opleveren voor wetenschappelijk onderzoek, maar ook voor individuele patiënten.

### Medisch beroepsgeheim

Maar onethische praktijken bij internetgiganten laten wel zien dat je niet altijd zomaar alle data kunt vrijgeven, zeker niet in de gezondheidszorg. Zo zijn vrijwel alle patiëntendata beschermd door het medisch beroepsgeheim. 'Het mooie is dat er nieuwe ICT-technieken zijn die je toch toegang kunnen geven', zegt Bouwman, 'Je kunt 'vragen stellen' aan de data, zonder dat je die fysiek hoeft te delen.' Zo'n techniek is bijvoorbeeld 'gefedereerd leren', waarbij het beantwoorden van een onderzoeksvraag wordt verspreid over de verschillende partijen die beschikken over data, in plaats van de gegevens bij elkaar te brengen. Bouwman: 'Je kunt het vergelijken met een trein. Je zet een datamodel over wat je wilt leren op de trein, en die reist dan langs ieder datastation – dat kan een ziekenhuis zijn of het Integraal Kankercentrum Nederland (IKNL) – en daar haalt hij ter plekke uit de data wat er over de onderzoeksvraag te leren valt.' Op het eindstation is dan alle data gecombineerd, maar onherleidbaar naar individuen.

### Wiskundige technieken

Een andere privacy-beschermende techniek is '(Fully) Homomorphic Encryptie', waarbij meerdere partijen data leveren, maar dan in versleutelde vorm: met wiskundige technieken zijn de gegevens vertaald in een onleesbare cijferbrij. Maar geavanceerde computertechnieken kunnen wel berekeningen uitvoeren op deze versleutelde gegevens. Het antwoord kan vervolgens weer ontcijferd worden, zonder dat er individuele gegevens aan het licht komen. Beide technieken hebben



*'TNO kan, als onafhankelijke partij met eigen ICT-expertise in huis, hier bij uitstek een orkestrerende rol vervullen.'*



## TNO

- ▶ voor- en nadelen. ‘Je kunt je voorstellen dat je bij gefedereerd leren meer moet borgen, omdat je wel degelijk fysiek bij de data zelf komt. (Fully) Homomorphic Encryptie is veiliger, maar het is moeilijk om daarmee echt complexe modellen te draaien’, zegt Bouwman.

### Versnipperd

Een praktisch probleem is bovendien dat gezondheidsgegevens, zeker in Nederland, heel versnipperd zijn. ‘Overall heb je plukjes’, zegt TNO-collega André Boorsma, ‘huisartsen hebben gegevens, instituten als het IKNL en ziekenhuizen hebben weer andere gegevens, en zelfs binnen ziekenhuizen zijn er vaak verschillende systemen en conventies.’ Meer nog dan bij ‘gewoon’ onderzoek moet bovendien de kwaliteit van de data op orde zijn. Boorsma: ‘Normaal kan een onderzoeker eerst naar de data kijken en er een beetje gevoel voor

*‘Partijen houden graag controle over hun data. Er is enige weerstand, en dat is begrijpelijk.’*

krijgen: zitten er dubbelingen in of ontbrekende velden?’ Maar bij de privacy-beschermende technieken is dat lastiger te controleren, dus is standaardisatie en goed datamanagement extreem belangrijk. HERACLES is een proefproject, waarbij deze datadeling wordt opgezet voor een afgebakende groep: patiënten met longkanker en met ovariumkanker. ‘De vraag bij longkanker is: kun je het eerder diagnostiseren?’, zegt Bouwman, ‘Vaak komt de diagnose laat, waardoor de behandeling niet optimaal is. Bij ovariumkanker is de vraag hoe consequent verschillende behandelingen op verschillende subgroepen worden toegepast.’

### Bestuur

Bij datadelen gaat het niet alleen om techniek, maar ook om organisatie- en bestuursaspecten: goede afspraken, juridisch maar ook praktisch. Boorsma: ‘Daarbij gaat het om welke partij bij welke data kan, en onder welke voorwaarden, maar ook om eenduidige definities: gebruik je dezelfde termen, in dezelfde betekenis? Gebruik je bijvoorbeeld dezelfde standaarden voor labwaarden?’ Bij het opzetten van zulke

multilaterale afsprakenstelsels, ofwel ‘Data Spaces’, komt enige diplomatie om de hoek. Bouwman: ‘Partijen houden graag controle over hun data. Er is enige weerstand, en dat is begrijpelijk.’ Ziekenhuizen zijn voorzichtig bij het geven van inzage in hun bedrijfsvoering, wetenschappers hebben een belang om eerst publicaties uit hun data te halen. Dus zijn er ook positieve prikkels nodig, al komt er met de Europese European Health Data Space (EHDS) ook wetgeving die meer verplichtingen oplegt op dit gebied.

### Echte data

Om het datadelen in de praktijk te testen, wordt het HERACLES-systeem getest met echte data van de verschillende partijen. Bouwman: ‘De architectuur is gespecificeerd, en delen van de software draaien al. Maar bij de test hoort ook dat je eerst in kaart brengt welke data waar te vinden is, en wat de kwaliteit is.’ Resultaten zijn te verwachten in de loop van 2025. Bouwman: ‘Dit is een lastig project, met heel veel verschillende partijen en belangen. Maar TNO kan, als onafhankelijke partij met eigen ICT-expertise in huis, hier bij uitstek een orkestrerende rol vervullen.’ ■

**Wie:** TNO, IKNL (Integraal Kankercentrum Nederland), Radboud UMC, UMC Groningen, AstraZeneca, Janssen-Cilag, Roche Nederland, Almende, Link-sight, Pharmo Institute, SURF, CZ Zorgverzekeringen,

Stichting Olijf.

**Looptijd:** 2022-medio 2025.

**Budget:** 4 miljoen euro, grotendeels afkomstig van Health Holland.

**Vervolg:** de opgedane kennis wordt gebruikt voor de uitvoering Health-RI en Cumuluz, twee initiatieven voor het opzetten van datadelen in de zorg en de bijbehorende infrastructuur.



Bekijk hier de video

# Suikerziekte behandelen met leefstijlinterventies

Miljoenen Nederlanders bewegen te weinig, eten ongezond, hebben overgewicht en lopen daarmee het risico om diabetes type-2 te ontwikkelen. Het goede nieuws: dankzij gerichte leefstijlinterventies kan deze ziekte vaak effectief behandeld en – beter nog – voorkomen worden. ►

*Iris de Hoogh is bij TNO en het Leids Universitair Medisch Centrum gespecialiseerd in het onderzoek op het snijvlak van voeding en gezondheid.*

## TNO

**?! Probleem:** diabetes is één van de meest voorkomende chronische ziektes in Nederland. Bij diabetes is de regulering van het suikergehalte in het bloed (suikerspiegel) verstoord. Ruim 1,2 miljoen Nederlanders heeft diabetes, waarvan meer dan negentig procent type-2, veelal als gevolg van overgewicht, het hebben van te veel buikvet en/of ongezonde leefstijl, in combinatie met erfelijke aanleg.

**💡 T02-oplossing:** leefstijl is van grote invloed op het ontstaan en verloop van diabetes type-2. Maar het precieze effect van voeding, beweging en slapen op de suikerspiegel verschilt van mens tot mens. In het door TNO geleide onderzoek "Gluco Insight" werden 41 personen met type 2 diabetes gemonitord op het gebied van voeding en beweging. Daarbij werd het effect van verschillende voedingspatronen en bewegingsvoorschriften gemeten.

**📊 Impact:** de kennis uit Gluco Insight maakt een effectieve behandeling met een persoonlijk leefstijladvies bij (beginnende) diabetes type-2 mogelijk. Met name voedingsinterventies blijken zeer effectief. Zo is het effect van een zeer koolhydraatarm menu op de gemiddelde suikerspiegel na vier dagen net zo groot als behandeling met een veelgebruikt diabetesmedicijn (metformine).

**D**iabetes mellitus, 'suikerziekte' in de volksmond, hoe zat het ook alweer? Bij mensen met diabetes is de hoeveelheid suiker (glucose) in het bloed chronisch verhoogd. Dit komt omdat hun lichaam (bijna) geen insuline (diabetes type-1) of te weinig (type-2) aanmaakt, of doordat hun lichaam ongevoeliger is geworden voor insuline (type-2). Dit is gevaarlijk, omdat insuline ervoor zorgt dat de lichaamscellen glucose opnemen (en dus van brandstof worden voorzien). Bij de behandeling van type-1 speelt insuline (in de vorm van injecties of met behulp van een pomp) onvermijdelijk een rol, maar bij type-2 is – zeker in het beginstadium – ook veel gezondheidswinst te boeken in de vorm van een verbeterde leefstijl. Oftewel: meer bewegen en anders eten. 'We snappen steeds beter het effect van voeding, beweging en slaap op het ontstaan en verloop van diabetes type-2', vertelt Iris de Hoogh, bij TNO en het Leids Universitair Medisch Centrum gespecialiseerd in het onderzoek op het snijvlak van voeding en gezondheid. 'Dankzij deze nieuwe inzichten worden leefstijlinterventies een reëel alternatief voor medicijnen.' En dat is goed nieuws, aangezien ruim 1,1 miljoen Nederlanders diabetes type-2 heeft. Het is daarmee één van de meest voorkomende chronische ziektes in ons land.

### Gezonde voeding

Diabetes type-2 wordt veelal veroorzaakt door gebrek aan beweging, een ongezond voedingspatroon en overgewicht, naast ouderdom en erfelijke aanleg. Dat een actieve leefstijl, gezonde voeding en meer slaap het verloop van deze ziekte kan remmen en soms zelfs omkeren, was al bekend. 'Maar we hadden ook het vermoeden dat er individuele verschillen bestaan in de effectiviteit van bepaalde leefstijlinterventies. Dat hebben we met ons onderzoek precies in kaart gebracht.' Voor dit onderzoek (Gluco Insight) werden 41 mensen met diabetes type-2 uitgerust met een glucosesensor, die op de bovenarm werd aangebracht en tien dagen lang 'continue' meet (elke 5 minuten een meting), waarbij de proefpersonen telkens verschillende leefstijlvoorschriften meekregen. Zoals wandelen na elke maaltijd, elk uur even intensief bewegen, en twee verschillende diëten: een mediterrane diët en een zeer koolhydraatarm-dieet. De proefpersonen kregen een sporthorloge om hun beweeg- en slaapgedrag te meten ▶



*Iris de Hoogh: 'Dankzij deze nieuwe inzichten worden leefstijlinterventies een reëel alternatief voor medicijnen.'*

TNO



- ▶ en een app voor het bijhouden van voedingsinname. De Hoogh: ‘Dit leverde ons een schat aan data op. We konden precies het effect van voedselinname op de glucosespiegel volgen, in het samenspel met beweging en slaap.’

### Vijftien minuten actief

Zo kwam het onderzoeksteam tot enkele belangrijke inzichten, vertelt De Hoogh. ‘Allereerst blijken er inderdaad grote individuele verschillen te zijn in het effect van voeding op de bloedsuikerspiegel. Bij de één schiet de suikerspiegel na het eten van koolhydraten direct omhoog, bij een ander gebeurt er nauwelijks iets. Maar ook het effect van bewegen is individueel bepaald. Voor de ene groep bleek het voordelig om vóór het eten vijftien minuten actief te zijn, bij de andere groep juist erna.’ Een andere eyeopener was de impact van voeding: het zeer koolhydraatarme menu had na vier dagen gemiddeld net zo’n positief effect op de bloedsuikerspiegel als een veelgebruikt diabetesmedicijn. ‘Best spectaculair’, concludeert De Hoogh.

### Leefstijladvies

De kennis en inzichten zijn er, de volgende stap is om deze te vertalen naar een effectieve behandeling van diabetes type-2.

## ‘Ruim 1,2 miljoen Nederlanders heeft diabetes.’

‘Ook nu krijgen patiënten wel een leefstijladvies. Maar dat is vaak erg vrijblijvend, meestal zonder intensieve individuele begeleiding en als het na drie maanden geen effect heeft, schrijft de arts vaak alsnog medicijnen voor.’ Het onderzoeksteam werkt daarom aan een vervolgpriject met als doel: de nieuwe inzichten beter toepasbaar maken in een praktisch behandeltraject. ‘We werken aan een model dat de beste leefstijlinterventie voor een individuele patiënt voorspelt. Zodat we mensen met diabetes type-2 beter kunnen helpen zonder of met minder medicijnen. Dat zou grote winst zijn.’ ■

**Wie:** TNO, Leids Universitair Medisch Centrum, Roche Diabetes Care Nederland BV, Reinier Haga Medisch Diagnostisch Centrum en Ekomeny.

**Looptijd:** 2019-2023.

**Budget:** 1,4 miljoen euro.

**Vervolg:** een nieuw onderzoeksproject om

de opgedane inzichten toepasbaar te maken in een praktische behandeling van patiënten.

# Het oog als venster op onze gezondheid

TNO werkt aan netvliescamera's die oogziektes vroeger kunnen opsporen. Vroegtijdige detectie van weefselveranderingen in het netvlies kan leiden tot betere behandeling van oogziektes en besparing van zorgkosten. ►

## TNO

**?! Probleem:** een derde van de ruim miljoen diabetespatiënten krijgt last van netvliesdegradatie: schade in de bloedvaten van het oog die tot verminderd gezichtsvermogen leidt. Als snelle detectie van deze aandoening uitblijft, kan dat leiden tot slechtziendheid of zelfs blindheid.

**💡 T02-oplossing:** TNO werkt aan innovatieve netvliescamera's die met verschillende kleuren licht de zuurstofverdeling in het netvlies meten. Hiermee kunnen medici eerder en nauwkeurigere diagnostische informatie verkrijgen over de gezondheid van het netvlies.

**🏥 Impact:** diverse oogziekten zijn door deze innovatieve netvliescamera's waarschijnlijk eerder op te sporen. Door vroeger diagnose wordt er op tijd behandeld, worden dure behandelingen voorkomen en is de kwaliteit van leven van patiënten hoger. TNO onderzoekt of deze technologie ook hart- en vaatziekten en hersenaandoeningen kan aantonen.

Acht jaar geleden kwam een klant met de vraag of TNO een compacte netvliescamera kon ontwikkelen. 'Het was voor ons aanleiding om de kennis die we hadden ontwikkeld, hierin toe te passen', zegt Arjen Amelink, Principal Scientist bij TNO en hoogleraar Natuurkunde bij de Vrije Universiteit Amsterdam op het gebied van de licht-weefsel interacties. 'Het oog is een interessant venster op onze gezondheid, een unieke plek waar je visuele toegang hebt tot kleine bloedvaatjes. Die vaten worden als eerste aangetast bij ziektes, zoals bij diabetes. Maar ook hart- en vaatziekten hebben effect op kleine vaatjes, zoals hart- en vaatziekten.'

### Diagnostische informatie

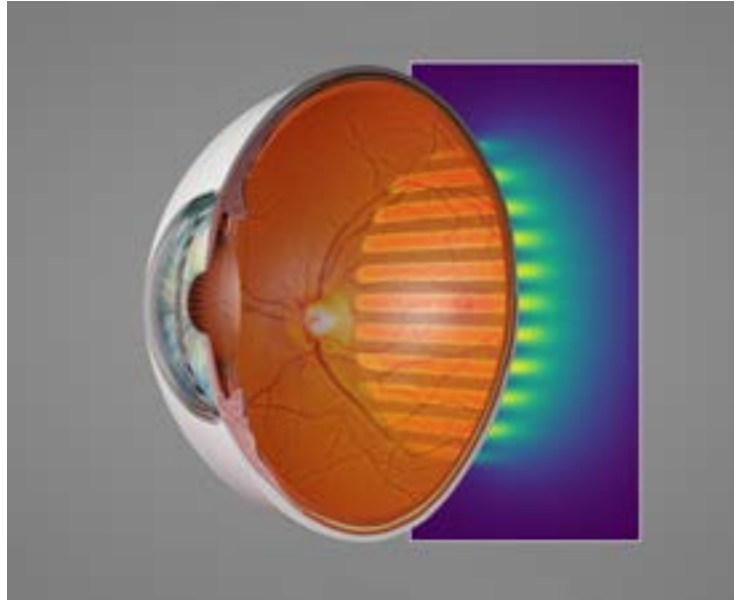
TNO ontwikkelde en valideert nu samen met het Rotterdams Oogheelkundig Instituut en het Leidse Centre for Human Drug Research een nieuw type netvliescamera. Deze belicht met verschillende kleuren en patronen het netvlies, de lichtgevoelige laag achterin het oog, en meet met een camera het terugkomende licht: Quantitative Retinal Imaging. Hieruit kunnen onderzoekers nieuwe diagnostische informatie halen over de zuurstofverdeling en doorbloeding van het netvlies. Ook ontwikkelt TNO samen met de Vrije Universiteit en het bedrijf Heidelberg Engineering een apparaat dat met een scannende laser het zuurstofgehalte in de bloedvaten van het netvlies meet. Hierdoor zijn oogziekten met een netvliesdegradatie (zichtverlies) waarschijnlijk eerder op te sporen en kunnen medisch specialisten sneller en met kleinere interventies ingrijpen om schade aan het oog zo veel mogelijk te beperken. De techniek is nog volop in ontwikkeling. Michiel Oderwald, Senior Business Developer Medical Devices: 'We voegen nieuwe functies toe aan de huidige netvliescamera's en voorzien artsen hiermee van diagnostische informatie waarover ze eerder nog niet beschikten. We zijn met artsen in gesprek over de meting van de zuurstofverdeling in ▶

*'Het oog is een unieke plek waar je visuele toegang hebt tot kleine bloedvaatjes.'*



*Het Quantitative Retinal Imaging apparaat.*

TNO



Doorsnede van een 3D oogmodel.

het netvlies. Een deel van de patiënten met diabetische retinopathie wordt behandeld met injecties van een medicijn direct in het oog. Door de zuurstofspiegel in het netvlies te meten, kunnen we mogelijk bepalen dat de ene persoon al na drie weken een vervolginjectie nodig heeft terwijl de ander deze pas na bijvoorbeeld zes weken hoeft. Nu krijgt iedereen na eenzelfde periode een injectie.

### Toepassingen voor andere ziektes

Een andere mogelijke toepassing is de inschatting van het risico op hart- en vaatziekten bij vrouwen, waar de ziekteverschijnselen anders zijn dan bij mannen en die vaak niet goed worden herkend. 'In het onderzoek gaat de arts via de lies binnen met een katheter om te kijken hoe het hart ervoor staat. Als je aan de hand van de staat van de bloedvaatjes in het netvlies het cardiovasculaire risico beter zou

kunnen beoordelen, wordt het misschien mogelijk om een voorselectie te maken wie er wel of niet een ingrijpende katheterisatie hoeft te ondergaan.'

Verder onderzoek hierbij is nog nodig, benadrukt Oderwald. 'Dit zijn nog hypothesen, maar wel zeer interessante ontwikkelingen om te onderzoeken.' En daar blijft het niet bij. 'Het oog is een directe uitloper van de hersenen en dat biedt mogelijk kansen om in een eerder stadium neurologische ziekten te detecteren, zoals Alzheimer en Parkinson', zegt Amelink. De eerste klinische studies met patiënten met oogziekten en hersenaandoeningen starten eind dit jaar.

### Kunstmatig oog

Voor de validatie van de netvliescamera's ontwikkelt TNO modellen. Een daarvan beschikt zelfs over een miniatuur hart-long machine waarbij menselijk bloed door een kunstmatig bloedvat stroomt in een nagebootst netvlies van een echt oog. 'Dit geeft ons de mogelijkheid om de zuurstofmeting in het netvlies goed te testen, want op een menselijk oog is dat te complex en ethisch niet verantwoord', vertelt Oderwald. Wanneer de eerste resultaten met de prototypes van de netvliescamera's succesvol zijn zullen er grotere klinische studies worden opgetuigd voor de diverse ziektes. Door het langdurige klinisch onderzoek zal het zeker nog enkele jaren duren voordat ziekenhuizen of huisartsen het gaan gebruiken. ■

*'Dit geeft ons de mogelijkheid om de zuurstofmeting in het netvlies goed te testen.'*



Bekijk hier de video

**Wie:** TNO, Rotterdams Oogheelkundig Instituut, Centre for Human Drug Research, Vrije Universiteit Amsterdam en Heidelberg Engineering.

**Doorlooptijd:** 2015 - heden.

**Budget:** verschillende projecten worden gefinancierd door een

Topconsortium voor Kennis en Innovatie (TKI). De twee lopende TKI-projecten hebben gezamenlijk een omvang van 1.400.000 euro.

# Zee van de toekomst in het SOSc

Hoe gaan autonome schepen straks opereren in druk vaarwater? Hoe kunnen we de mens het best ondersteunen bij het varen in onoverzichtelijke situaties. In het nieuwe Seven Oceans Simulator centre (SOsc) van MARIN bootsen de simulatoren situaties na met meerdere schepen die onder moeilijke omstandigheden op zee of in havens opereren. ►

*Large Motion  
Simulator.*



## MARIN

**?! Probleem:** maritieme operaties worden steeds complexer door toenemend verkeer op de zee, nog grotere containerschepen en de ontwikkeling van windmolenparken. De kans op ongevallen, zoals een botsing tussen schepen of een aanvaring met windturbines, neemt daardoor toe.

**💡 T02-oplossing:** de onderzoeksfaciliteit Seven Oceans Simulator centre (SOSc) van MARIN maakt maritieme operaties veiliger en efficiënter door realistische simulatie van de interactie tussen maritieme constructies, schepen, de omgeving en de mens.

**📄 Impact:** de simulatoren stellen ontwerpers en gebruikers in staat om samen schepen in operationele omstandigheden duurzamer, beter en veiliger te maken voordat ze worden gebouwd. Daarnaast spelen de simulatoren een rol bij het oefenen van operaties. MARIN draagt zo bij aan schone, slimme en veilige scheepvaart.

Het wordt steeds drukker op de Noordzee. Naast meer en grotere schepen neemt het aantal windmolenparken toe. Minder ruimte op zee betekent meer kans op ongevallen, zoals een botsing tussen schepen. Uit analyses blijkt dat ongevallen vaak het gevolg zijn van menselijk gedrag, of dat er onvoldoende is gereageerd op noodsituaties. Dat bevestigt het rapport ‘Schipperen met ruimte’ dat de Onderzoeksraad voor Veiligheid (OVV) in 2024 uitbracht. Het rapport waarschuwt dat garanties voor een veilige scheepvaart ontbreken, met mogelijk ernstige gevolgen voor mens en milieu. De vraag is dan: hoe bereiden we bemanningen voor op hun steeds complexere taken op zee? Hoe ontwerpen we schepen en hun activiteiten om bemanningen te ondersteunen in hun rol en hen bij dit proces te betrekken?

### 360 graden zicht

‘De maritieme operaties worden steeds complexer’, zegt Dimitri van Heel, teamleider Maritime Operations bij MARIN. Hij is een van de ‘bedenkers’ van het nieuwe Seven Oceans Simulator centre, de testfaciliteit die de werkelijkheid op zee realistisch kan simuleren met onder meer bewegingsplatforms en bolvormige simulatoren met 360 graden zicht. ‘We werken bij MARIN sinds de jaren zeventig met simulatoren, maar de simulatoren waren al 25 jaar oud. Ze waren aan vervanging toe en we wilden nieuwe technieken introduceren.’ Het SOSc bestaat uit verschillende simulatoren. Zo bootst de Full Mission Bridge een brug van een groot schip na en Traffic and Mission Control simuleert een verkeerscentrale voor de scheepvaart waarop maritieme partijen kunnen oefenen. ‘Alle simulatoren zijn modulair opgezet. Dat wil zeggen dat de opstellingen in een simulatorruimte makkelijk zijn aan te passen, van de inrichting van een groot cruiseschip tot een one-man bridge opstelling van een modern fregat.’

### Large Motion Simulator

Een van de paradepaardjes, de Large Motion Simulator (LMS) is, kort na de officiële opening in mei 2024 door Koning Willem-Alexander, al in gebruik genomen. ‘We zijn bezig met het project TopTier, waarin we testen doen met parametrisch slingeren. Door die bewegingen van het schip kunnen de opgestapelde containers van het dek in zee vallen. We hebben de opgenomen bewegingen in onze waterbassins

vertaald naar bewegingen in de simulator en kunnen zo onderzoeken of een bemanning in staat is om parametrisch slingeren te zien aankomen.’ De LMS is bolvormig met volledig zicht naar onder en boven, de zij-kanten, voor en achter. Liefst dertig projectoren koppelen realistische beelden van de zee aan elkaar. ‘Die 360 graden blik is nodig als een schip langszij komt, want de schipper heeft dan goed zicht op wat daar aan de zijkant gebeurt.’ De LMS staat op een bewegingsplatform en kan hoeken van dertig graden maken. ‘Zo kunnen we nabootsen hoe je in een storm een schip kunt draaien zonder dat je kapseist. We doen bijvoorbeeld onderzoek naar het kapseizen van vissersschepen, wat helaas nog te vaak gebeurt. Ook het klappen van de golven of de trillingen van een schip die een ijsschots raakt, kunnen we nabootsen. De ingenieurs en de bemanning kunnen samen schepen in operationele omstandigheden ervaren en verbeteren voordat ze worden gebouwd.’

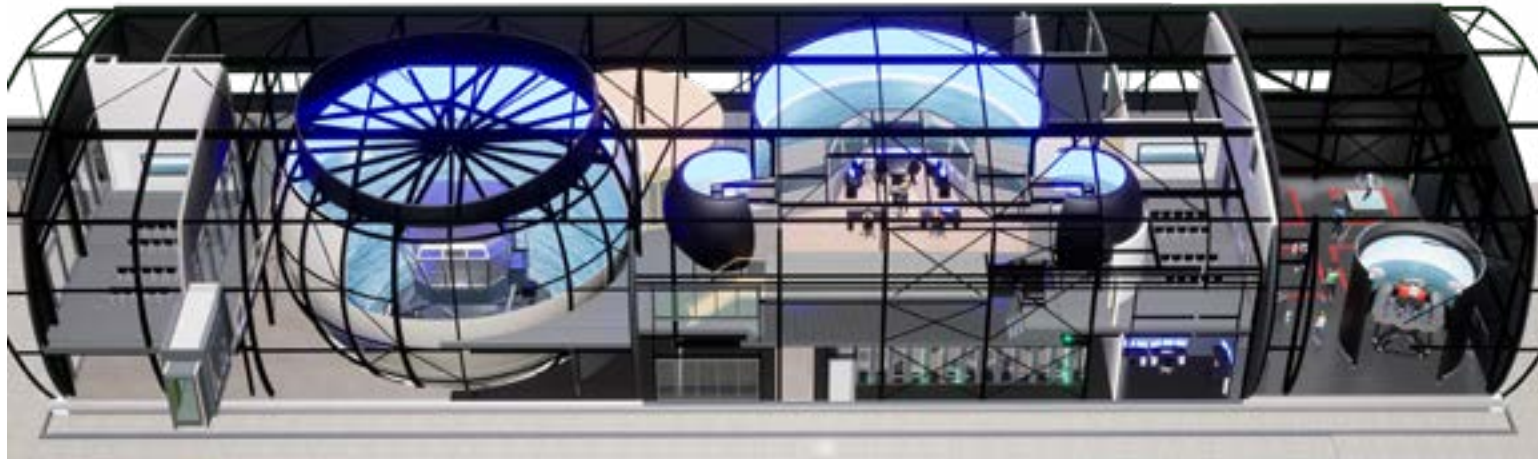
### Multifunctionele simulatoren

Voor kleinere schepen, zoals sleepboten en binnenvaartschepen, zijn er vier multifunctionele simulatoren beschikbaar. Ze bestaan uit een eenmansbrugopstelling met radar, ECDIS (Electronic Chart Display Information System) is een computersysteem dat het mogelijk maakt ▶



Dimitri van Heel.

## MARIN



Plattegrond van de begane grond van het SOSc.

- om elektronische zeekaarten te bekijken) commando- en alarm-schermen. Twee van de multifunctionele simulatoren zijn voorzien van extra schermen op de vloer en het plafond, zodat ook bijvoorbeeld kraansimulaties kunnen worden uitgevoerd. Alle simulatoren in het SOSc kunnen vanaf verschillende bedieningsstations worden gekoppeld en bediend. Dit maakt het mogelijk om simulaties uit te voeren waarbij een groot schip (op bijvoorbeeld de LMS) wordt bijgestaan door één tot vier sleepboten, bediend vanuit de multifunctionele simulatoren.

### Rampenbestrijding

In Traffic and Mission Control, een nagebouwde verkeerscentrale voor de scheepvaart, kunnen partijen, zoals de kustwacht, aan rampenbestrijdingsoefening doen. 'Vanuit T&MC kunnen ze de calamiteitenbestrijding coördineren. Op andere simulatoren kunnen ze dan andere delen van de operatie uitvoeren. Dat varieert van een schip dat slagzij maakt tot reddingsboten die te hulp komen. Alles wat mis kan gaan, kun je hier oefenen. De simulatoren bieden ongekende mogelijkheden om alle aspecten van operaties op zee te simuleren en de menselijke operator een centraal podium te geven. Samen ervaren ze situaties bij schepen nog voordat ze gebouwd zijn.' Met het nieuwe SOSc wil MARIN zijn ambities waarmaken om de 'zee van de toekomst' duurzamer en veiliger te maken. 'We gaan

meer gebruik maken van moderne technieken, zoals virtual en augmented reality.' MARIN wil in de toekomst ook de simulatoren laten aansluiten op andere (scheeps)simulatoren, zowel in Nederland als in het buitenland. 'Hierdoor kunnen we nog complexere scenario's simuleren, terwijl klanten ook aan de simulaties kunnen deelnemen zonder naar Wagingen hoeven te reizen.'

### Menselijke factor

Maar hoe belangrijk de techniek ook is, de menselijke factor blijft doorslaggevend. En daar is veel aandacht voor bij het SOSc. MARIN combineert technologie met onderzoek naar de menselijke factoren: hoe functioneren en reageren de bemanningsleden in moeilijke omstandigheden? 'Met eyetrackers zien we hoe ze reageren, met een hartritometer zien we wanneer het spannend voor de bemanning wordt. We hebben psychologen en gedragswetenschappers in dienst die dit meten en analyseren. Niet de technologie, maar de mens staat centraal, om bij te dragen aan een schone, slimme en veilige scheepvaart.'

**Wie:** MARIN.

**Doorlooptijd:** 2014 - 2024.

**Budget:** het SOSc kostte 15,8 miljoen euro,

gefinancierd door MARIN en de ministeries van IenW, Defensie en EZ.

**Vervolg:** het onderwaterrijk komt nauwelijks

aan bod in realistische simulaties. Het SOSc wil in de toekomst ook realistische visuele presentaties van de omgeving van het schip bieden.

*'De ingenieurs en de bemanning kunnen samen schepen in operationele omstandigheden ervaren en verbeteren voordat ze worden gebouwd.'*



Bekijk hier de video

# Samenwerken in het luchtruim

Door de komst van nieuwe luchtvaartuigen, van drones tot het F-35-jachtvliegtuig, neemt de druk op ons schaarse luchtruim toe. Hoe kun je deze 'nieuwkomers' inpassen en laten samengaan met de bestaande luchtruimgebruikers? Het programma Veilige en Concurrerende Operatie (VCO) van NLR zoekt naar oplossingen. ►

*Programmaleider  
Nick van den Dungen  
van Koninklijke NLR.*

## NLR

**?! Probleem:** het Nederlandse luchtruim wordt steeds drukker met passagiersvliegtuigen, helikopters, militaire toestellen en opkomende luchtvaartuigen zoals drones. Hoe kunnen deze bestaande en nieuwe gebruikers veilig en efficiënt samen gebruikmaken van het luchtruim terwijl de impact op de omgeving afneemt?

**T02-oplossing:** het kennisprogramma Veilige en Concurrerende Operatie van NLR onderzoekt hoe alle gebruikers op een veilige, duurzame en effectieve manier gebruik kunnen maken van het luchtruim.

**Impact:** voor Nederland is de luchtvaart onmisbaar, zowel op economisch als maatschappelijk gebied. De kennis uit de projecten van NLR kunnen vliegtuigmaatschappijen, luchthavens, en luchtverkeersleidingsorganisaties toepassen om hun concurrerende positie te behouden en beleidsmakers kunnen, in samenspraak met luchthavens, luchtverkeersleiding, drone-operators en Defensie, het in hun beleid verwerken om een veilige en duurzame luchtvaart in een verantwoorde maatschappelijke context te garanderen.

Met Schiphol behoort Nederland tot de top drie van de grootste Europese luchthavens, maar we hebben een veel kleiner luchtruim dan veel andere landen. 'Ons luchtruim zit al best vol', zegt programmaleider Nick van den Dungen van Koninklijke NLR – het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum. 'Drones hebben steeds meer vliegruimte nodig en het ministerie van Defensie heeft bijvoorbeeld aangegeven dat het F35-jachtvliegtuig meer luchtruim nodig heeft om te oefenen dan de voorganger F-16. Daar komt nog bij dat we duurzamer willen vliegen en efficiëntere systemen willen

ontwikkelen waardoor het vliegverkeer optimaal op elkaar aansluit. Om dit in goede banen te leiden, is veel onderzoek nodig.'

## ITARO

Het leidde tot het kennisprogramma Veilige en Concurrerende Operatie, dat uit meerdere projecten bestaat. Een van die projecten waar NLR bij betrokken was is het Europese project ITARO, dat zich richtte op de invoering van duurzamere vliegoperaties met vaste naderingsroutes. Als onderdeel van een optimaal vliegpada kunnen ▶



*De bemanning na de testvlucht met 'Interval Management': met twee vliegtuigen op de juiste tijd achter elkaar vliegen om zo duurzaam en efficiënt te landen op een vaste naderingsroute met continu dalen.*

## NLR

*‘Elektrische vliegtuigen vliegen minder snel en lager dan ‘gewone’ vliegtuigen en zijn meestal propeller aangedreven.’*

- ▶ vliegtuigen tijdens de landing continu dalen, waardoor minder motorvermogen nodig is, wat minder brandstofverbruik en geluidshinder veroorzaakt. ‘We hebben met luchtverkeerssimulatoren verschillende scenario’s doorgenomen om deze optimale routes te testen. Daarnaast hebben we door middel van een vliegproef onderzocht hoe dicht op elkaar de vliegtuigen het vliegveld kunnen naderen, om zodoende vertragingen en omvliegen te beperken.’ Het is belangrijk dat vliegtuigen niet te dicht bij elkaar in de buurt komen in verband met de veiligheid. Uit het onderzoek bleek dat de uitkomsten uit het onderzoek toepasbaar zijn in de praktijk. ‘Het is nu aan de airlines en luchtverkeersleidingsoperaties om dit in de praktijk te gaan gebruiken.’

### Elektrische vliegtuigen

NLR draagt ook bij aan het programma Luchtruimherziening van de Nederlandse overheid om het gebruik van het luchtruim beter in te delen en om duurzamer vliegen op grote schaal mogelijk te maken. ‘NLR heeft veel kennis opgebouwd over vliegtuigsystemen en -management en die kennis bundelen we in het programma.’ Toekomstig onderzoek zal zich ook steeds meer gaan richten op de integratie van nieuwe luchtvaartuigen in het luchtruim, voortgedreven door elektriciteit of waterstof. ‘Elektrische vliegtuigen vliegen minder snel en lager dan ‘gewone’ passagiersvliegtuigen en zijn meestal propeller aangedreven. Die propellers produceren ook geluid. Wat betekent dat voor de geluidsoverlast in de gebieden waar ze overheen willen vliegen? Uiteraard is dat een belangrijke factor naast het beperken van de klimaatimpact. Gelukkig doen we daar bij NLR ook veel onderzoek naar.’ ■



Nick van den Dungen van NLR.

**Wie:** in het ITARO-project waren naast NLR veel andere partijen betrokken, zoals het Duitse DLR, EUROCONTROL en de proefvlucht was ondersteund door LVNL en

Groningen Airport Eelde.

**Doorlooptijd:** 2022 - 2025.

**Budget:** Het gehele ITARO-project (van alle

partners, inclusief NLR) is 7,8 miljoen euro.

**Vervolg:** de verwachting is dat het VCO-programma na 2025 doorloopt met nieuwe projecten.



Bekijk hier de video

# Kenteken voor satellieten in de ruimte

Van overheden tot de European Space Agency, iedereen is op zoek naar oplossingen voor het groeiende probleem van ruimteafval en de explosieve groei van satellieten in de ruimte. De oplossing van TNO om nieuwe satellieten te kunnen identificeren met de Satellite License Plate, levert een bijdrage aan het verminderen van ruimtepuin. ►



## TNO

**?! Probleem:** elk jaar komen er duizenden nieuwe satellieten bij in een baan om de aarde. Veel daarvan kunnen na de lancering niet meer worden geïdentificeerd door het verlies van contact met de aarde. Dat kan gevaarlijk zijn voor andere satellieten en ruimtevaartuigen, vanwege een botsing. Na een botsing komt er puin vrij in de ruimte, wat weer een nieuwe botsingen kan veroorzaken.

**💡 T02-oplossing:** TNO ontwikkelde technologie die satellieten van een Satellite Licence Plate voorziet. Deze kentekenplaat voor satellieten is een unieke identificatiecode die elke satelliet nauwkeurig in kaart brengt.

**📄 Impact:** ons leven is in hoge mate afhankelijk van satellietnavigatie en satellietcommunicatie. Een uitvallende satelliet kan ernstige gevolgen hebben voor de samenleving, zoals het wegvallen van het internet of militaire inlichtingen.

In drie jaar tijd is de lancering van het aantal satellieten liefst verviervoudigd. In 2023 groeide het aantal lanceringen met ruim 2500 satellieten en ruimtevaartuigen, tegen 2030 zullen er naar verwachting zestigduizend satellieten boven ons hoofd cirkelen. Daarmee neemt de bezorgdheid over de drukte in ons luchtruim steeds verder toe. De Europese ruimtevaartorganisatie ESA meldde dat er naar schatting enkele tienduizenden objecten in de ruimte zweven die niet geïdentificeerd zijn. 'En als we niet weten waar deze ruimteobjecten of satellieten zich bevinden, is de kans op ongelukken met tegen elkaar botsende satellieten groter', schetst Optics System Engineer bij TNO Fabrizio Silvestri het probleem.

### Retroreflector

Daar heeft TNO een oplossing voor bedacht, het Satellite License Plan (SLP), dat satellieten kan identificeren. Binnen een jaar lukte het Fabrizio en zijn team samen met verschillende afdelingen van TNO om een optische opstelling te ontwikkelen. Het is vergelijkbaar met het kentekenstelsel van auto's, maar in plaats van een kentekenplaat krijgt een satelliet een unieke identificatiecode. De technologie bestaat uit een retroreflector die invallende straling (licht) in exact dezelfde richting terugkaatst als waaruit zij kwam, onafhankelijk van de invalshoek.



Meetapparatuur voor het Satellite License Plan.

'Een grondstation op aarde stuurt de laserstralen naar de satelliet. Het terugkerende retrogeïntegreerde signaal zorgt voor de identificatie van die satelliet.' Het voordeel van deze optische technologie is dat SLP geen extra signalen toevoegt aan het radiofrequentiebereik dat de meeste satellieten gebruiken voor bijvoorbeeld internet of televisie. Ook biedt ▶

## TNO

- ▶ de optische technologie een hogere resolutie dan radiogolven, waardoor satellieten nauwkeuriger te identificeren zijn.

**Satellietzwermen**

Het invoeren van een identificatiesysteem zal leiden tot meer veiligheid in de ruimte, verwacht Silvestri. 'SLP kan ondersteunen bij het identificeren van objecten die dreigen te botsen met satellieten. Of het kan een satelliet identificeren die het einde van zijn levensduur nadert.' Steeds meer bedrijven lanceren zogenaamde 'satellietzwermen', netwerken van soms wel duizenden kleine satellieten, zoals Starlink van het Amerikaanse bedrijf SpaceX. SLP kan in deze zwermen snel individuele satellieten identificeren, als die bijvoorbeeld niet werken zoals verwacht. 'Pas als een satelliet is geïdentificeerd, kunnen organisaties werken aan de verwijdering ervan.'

**Ruimtebewaking**

De techniek werkt, maar wanneer de markt of overheden dit oppakken is volgens Silvestri nog niet bekend. 'De Europese Commissie is bezig met het uitzetten van strategie en wetgeving op het gebied van ruimtebewaking en monitoring. We gaan de komende tijd contacten leggen met Europese ruimtevaartorganisaties en andere partijen om samen dit verder te ontwikkelen. Wij maken de techniek mogelijk, het is aan andere partijen om deze technologie te implementeren.' ■

**Wie:** TNO-teams Optica, Optomechatronica, Quantumtechnologie en Space System Engineering.

**Doorlooptijd:** zomer 2021 - voorjaar 2023.

**Budget:** 250.000 euro.

**Vervolg:** TNO is in gesprek met partijen om de technologie in de optische grondstations verder te ontwikkelen.





# Met satellieten 'praten' via laserstralen

Een satelliet die met 28.000 kilometer per uur overvliegt vanaf de grond raken met een laserstraal. En die verbinding daarna in stand houden. Zie daar de technologische uitdaging voor laser-satellietcommunicatie. Bij TNO weten ze er wel raad mee dankzij zestig jaar ervaring in ruimtevaartinstrumentatie. ►

*Kees Buijsrogge,  
Directeur  
Ruimtevaart  
bij TNO.*

## TNO, NLR

**?! Probleem:** vrijwel alle huidige communicatietechnologie (wifi, bluetooth, 5G) maakt gebruik van radiogolven. Maar door ons groeiende data-gebruik raakt het radiofrequentiespectrum vol en ontstaan storingen. Ook is de snelheid voor dataverkeer per radioverkeer beperkt en bovendien af luistergevoelig.

**💡 T02-oplossing:** optische communicatie is een sneller, betrouwbaarder en veiliger alternatief voor radioverkeer. Maar stelt ons ook voor technologische uitdagingen. TNO-onderzoekers hebben onlangs met succes data verzonden van een satelliet naar een grondstation op aarde, met hun eigen lasercommunicatiesysteem SmallCAT (Small Communications Active Terminal).

**📡 Impact:** SmallCAT maakt de weg vrij voor snellere en veiligere breedbandconnectiviteit voor zowel Nederland als Europa binnen een sterke NAVO. Ook draagt deze innovatie bij aan een opkomende Nederlandse industrie gespecialiseerd in optische satellietcommunicatie.

Ons dataverbruik is geëxplodeerd. Van de 4K-video's die we onderweg streamen op onze smartphone tot de eindeloze gegevensstromen die we genereren door, bijvoorbeeld, sensoren en camera's op alle mogelijke plekken. Data die we realtime rondpompen. Via glasvezelkabels, maar toch vooral via de ether, oftewel: via radiogolven. Want of het nu wifi, bluetooth, 4G of 5G is: al deze communicatietechnologie maakt gebruik van het radiofrequentiespectrum. Het gevolg laat zich raden: langzamerhand raakt het spectrum overvol, waardoor storingen ontstaan. 'Vergelijk het met de ouderwetse FM-radio. Als je vroeger aan die knop draaide en je kwam te dicht bij een andere zender, dan begon de radio te storen. Zo is de situatie nu met ons dataverkeer', verduidelijkt Kees Buijsrogge, Directeur Ruimtevaart bij TNO. Er kleeft nog een nadeel aan: radiofrequenties zijn eenvoudig af te luisteren. 'Er zijn ruimtefoto's waarop, naast een communicatiesatelliet nog een tweede object te zien is: dat is dan een af luistersatelliet die daar in het geheim is geplaatst.'

## Eiffeltoren

Het goede nieuws is: er is een alternatieve technologie in ontwikkeling die geen last heeft van de nadelen van radiocommunicatie. 'We hebben het dan over optische communicatie: snel, betrouwbaar en nauwelijks af te luisteren', zegt Buijsrogge. Máár, technologisch gezien stelt lasercommunicatie ons wel voor de nodige uitdagingen. Ga maar na: een satelliet komt op een hoogte van vijfhonderd kilometer overvliegen met een snelheid van 28.000 kilometer per uur. Vanaf daar een grondstation met een laser raken – dat is net zoiets als vanaf de vuurtoren van Texel een minuscuul doelwit op de



*'We hebben het over optische communicatie: snel, betrouwbaar en nauwelijks af te luisteren.'*

Eiffeltoren aanstralen, terwijl die vuurtoren in beweging is. Toch is dát wat TNO – onder andere in samenwerking met Airbus Netherlands – heeft gepresteerd met het SmallCAT-project. Vanaf een grondstation in Den Haag is een laserverbinding tot

stand gebracht met een overvliegende satelliet. Die stuurde het data-signaal vervolgens per laser door naar een grondstation in Tenerife. 'Een doorbraak', aldus Buijsrogge. 'Hiermee hebben we laten zien dat deze technologie onder reële omstandigheden werkt en klaar is om verder te industrialiseren.'

## Turbulentie

Om laser-satellietcommunicatie te laten werken, is ongekende precisie over grote afstanden nodig. TNO heeft hier de juiste kennis voor in huis. 'Wij werken al zestig jaar aan ruimtevaartinstrumentatie', vertelt Buijsrogge. 'We ontwikkelen hightech optische instrumenten om vanaf de aarde het heelal te bestuderen. En omgekeerd: om vanuit de ruimte onze atmosfeer te bekijken, bijvoorbeeld om luchtkwaliteit en broeikasgasemissies te monitoren. Daardoor hebben we veel kennis opgebouwd over optisch-systeemontwerp. Bijvoorbeeld: kijk je naar de sterren, dan zie je ze vaak twinkelen door turbulentie in de atmosfeer. Wij hebben technologie in huis om te compenseren

## TNO, NLR

- ▶ voor de die verstoringen onderweg. Technologie die je ook kunt gebruiken om met een laser een minuscuul 'doelwit' op vijfhonderd kilometer afstand te raken en vast te houden.' Wij noemen dat actie- of adaptieve optiek', verduidelijkt Buijsrogge. 'Denk aan een spiegel die we heel snel en nauwkeurig kunnen laten bewegen zodat hij continu in verbinding blijft met de satelliet of met de grond. In jargon: een 'fine steering mirror'. Een systeem meet de verstoringen in de atmosfeer. Zogenaemde 'actuatoren' duwen voortdurend tegen de achterkant van die spiegel en compenseren zo voor die verstoringen. Wat we daarmee doen, is echt van wereldniveau.' De technologie werkt zelfs zo goed dat TNO samen met Airbus Netherlands werkt aan laser-satellietterminals geschikt voor vliegtuigen. 'Daarmee kan een vliegtuig op tien kilometer hoogte verbinding maken met een satelliet veertigduizend kilometer verderop. Voor zover wij weten, is dat een wereldprimeur.'

## IRIS2

Met SmallCAT heeft TNO laten zien dat de technologie werkt en klaar is om grootschalig te worden gecommmercialiseerd en geïndustrialiseerd. En de tijd is rijp. Europa is bezig met het opzetten van een eigen constellatie van satellieten voor veilige communicatie, IRIS2 genaamd (mede ingegeven door de wens om niet langer afhankelijk te zijn van bijvoorbeeld Starlink van de Amerikaanse ondernemer Elon Musk). 'Onze droom is dat dit slaagt met Nederlandse bedrijven binnen de ontwikkelingsketen. En die droom lijkt nu werkelijkheid te worden', zegt Buijsrogge, die een laser-satellietindustrie in Nederland ziet ontstaan. 'Voorheen waren wij als TNO voortdurend in de lead, langzaamaan worden de rollen omgedraaid: er zijn nu projecten waarin wij als subcontractor voor een Nederlands bedrijf werken. Kortom, Nederland staat op het punt om met deze technologie commercieel succesvol te worden. Precies zoals je het wilt hebben.' Toch is dat geen reden om achterover te leunen, benadrukt Buijsrogge. 'Wij zijn alweer bezig met de volgende generatie: hoe kunnen die laser-satellietterminals nog sneller, nog beter. Maar ook: veiliger.' Hiervoor werkt TNO aan de integratie van quantumtechnologie. 'Als je een quantum sleutel toevoegt aan het optische signaal dan zijn je boodschappen onmogelijk te kraken', verklaart Buijsrogge.

*'Er zijn nu projecten waarin wij als subcontractor voor een Nederlands bedrijf werken.'*



*TNO's laser-communicatie terminal.*

De volgende stap: quantum-satellietcommunicatie waarmee een wereldwijd quantuminternet mogelijk wordt, eindelijk veel sneller en veiliger dan ons huidige internet. 'Ook op deze sleuteltechnologie willen we Nederlandse bedrijven helpen een wereldwijde koppositie op te bouwen', zegt Buijsrogge. 'Kortom, we staan nog maar aan het begin.' ■

**Wie:** SmallCAT is ontwikkeld door een TNO-geleid consortium, bestaande uit het Nederlandse bedrijf AAC Hyperion en het Britse bedrijf Gooch & Housego.

**Looptijd:** 2017 - 2024.

**Budget:** SmallCAT is ontwikkeld met financiële steun van het Netherlands Space Office (NSO) vanuit het ARTES-programma van het European Space Agency en uit de innovatiebegroting van het Nederlandse Ministerie van Defensie. Het programma

is medegefinancierd door TNO.

**Vervolg:** de volgende generatie laser-satellietterminals is in ontwikkeling: sneller, veiliger en bijvoorbeeld geschikt voor quantumcommunicatie.

TNO, NLR

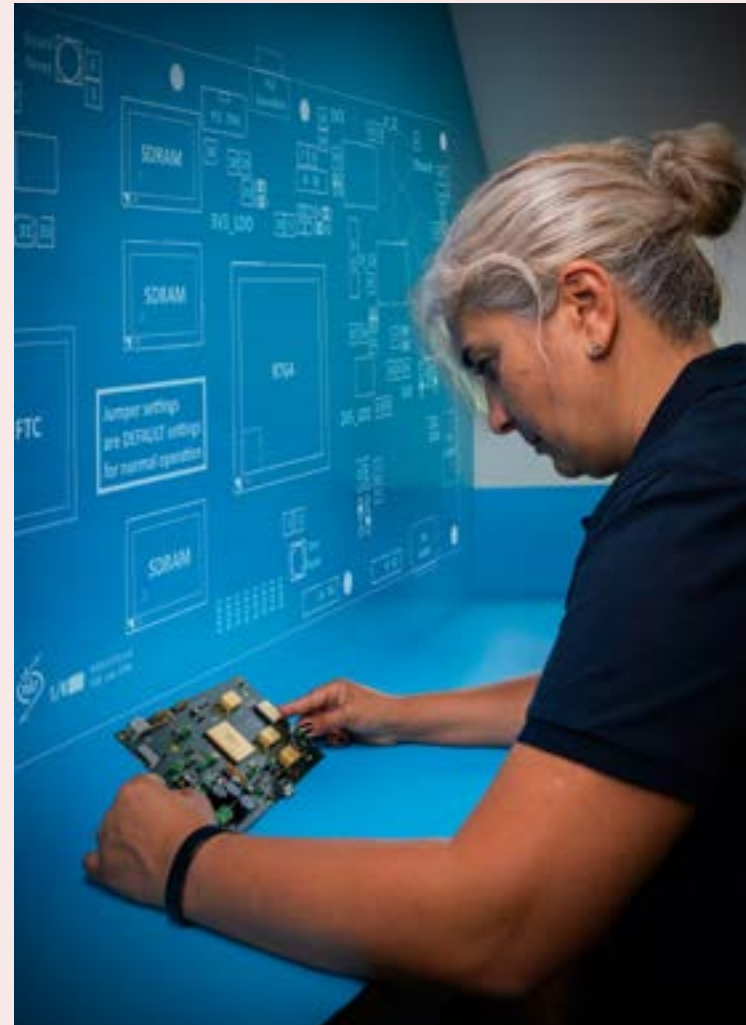
## Nederlandse industrie volop aangehaakt op ‘satcom’

Een satelliet vanaf de aarde met een laser ‘aanstralen’ is één ding. Maar voor effectieve laser-satellietcommunicatie is meer nodig: de satellieten moeten elkaar ook onderling weten te vinden. NLR werkt samen met Nederlandse partners aan de benodigde ‘inter-satellite link’.

Satellieten scheren met een snelheid van ongeveer 28.000 kilometer per uur door de ruimte. Ze vliegen weliswaar boven de atmosfeer, maar nog steeds betrekkelijk laag over de aarde, in de zogenoemde Low Earth Orbit (LEO). Zo’n satelliet kan daarom maar een klein deel van de aarde overzien, wat betekent dat hij telkens moet wachten tot het grondstation in beeld is voordat er data kunnen worden uitgewisseld. ‘Gemiddeld is de wachttijd voor deze satellieten zo’n anderhalf uur’, vertelt Oana van der Togt, Business Manager Space bij NLR. Anderhalf uur op onze data wachten, dat willen we niet. En dus is er een oplossing bedacht. De satelliet ziet weliswaar maar een deel van de aarde, maar heeft ook visueel contact met andere communicatiesatellieten. Zodoende kan de data via een laserverbinding naar een ‘bevriende’ satelliet worden doorgestuurd, en zo verder. Net zolang tot een satelliet is bereikt die wel boven het benodigde grondstation hangt. ‘Aangezien lasercommunicatie met de snelheid van het licht gaat, kan op deze manier realtime data worden verstuurd en ontvangen’, zegt Van der Togt. ‘Tegelijkertijd hoeft het aantal grondstations op aarde niet heel groot te zijn als je genoeg satellieten in je netwerk hebt.’

### Ruimtevaartcondities

Maar, die satellieten moeten elkaar wel weten te vinden met hun laserstraal. Met uiterste precisie over een afstand van enkele honderden



NLR ontwikkelt ‘high-speed modem’-technologie voor de luchtvaart.

*‘Het aantal grondstations op aarde hoeft niet heel groot te zijn als je genoeg satellieten in je netwerk hebt.’*

## TNO, NLR

- ▶ tot duizenden kilometers terwijl ze mogelijk ook nog om hun as draaien. ‘Om die ‘inter-satellite link’ tussen satellieten mogelijk te maken, bouwt een Nederlands consortium een terminal die uit allerlei subsystemen bestaat’, vertelt Van der Togt. Zo houdt NLR zich onder andere bezig met aansturingselektronica. Dit onderdeel maakt dat twee satellieten elkaar weten te vinden, ook als ze bijvoorbeeld door de ruimte roteren. Ook ontwikkelt NLR een ‘high-speed modem’ die de data codeert en decodeert zodat deze via een laserstraal kan worden verzonden en ontvangen. ‘De extra uitdaging is dat alle systemen bestand zijn tegen extreme ruimtevaartcondities, zoals temperaturen die variëren van -40 tot 120 graden Celsius en ruimtestraling. Of denk aan alle schokken en trillingen waaraan de apparatuur blootstaat tijdens de lancering met een raket. Bij NLR hebben we alle testfaciliteiten om dit soort condities natuurgetrouw na te bootsen.’

**Nationaal Groeifonds**

Binnen dit ontwikkelingstraject ziet NLR zich als een belangrijke kennispartner. Van der Togt: ‘We zetten onze kennis en kunde in om state-of-the-art technologie te ontwikkelen die voor Nederland en Europa van belang is. Uiteindelijk willen we onze kennis en technologie overdragen aan de Nederlandse industrie die het als product op de markt kan brengen.’

Dat geldt ook voor de satellietcommunicatieterminal. ‘Dit soort projecten – die onder ander via het Nationaal Groeifonds zijn bekostigd – biedt Nederland de kans om een prominente rol op de wereldwijde lasersatellietcommunicatiemarkt te bemachtigen. En zijn competitieve positie ook te behouden binnen een markt die zich razendsnel ontwikkelt.’

Dat is niet alleen economisch, maar ook strategisch van belang, want lasersatellietcommunicatie speelt op steeds meer terreinen een rol. ‘Hiermee kunnen we mensen overal ter wereld – ook op afgelegen plekken – snelle toegang geven tot internet. Maar ook voor defensietoepassingen – denk aan realtime informatie-uitwisseling over de situatie op het slagveld – willen overheden over hun eigen lasersatellietnetwerk beschikken.’ En de volgende



technologische horde komt al in zicht: quantumcommunicatie. ‘We bouwen als NLR nu al kennis op voor de ontwikkeling van deze sleuteltechnologie, zodat de Nederlandse industrie en overheid klaar zijn voor de toekomst.’ ■

*‘Bij NLR hebben we alle testfaciliteiten om dit soort condities natuurgetrouw na te bootsen.’*

# Kan een Optimist zelf leren zeilen met behulp van AI?

De Optimist dobert in het grote bassin van 45 bij 36 meter van maritiem onderzoeksinstituut MARIN in Wageningen, wind blaast uit de ventilatoren. Als het rechthoekige zeil wind vangt, helt het kleine bootje over naar stuurboord, en komt op gang. ►

*Fanny Rebiffé, onderzoeker bij MARIN, ontwikkelde een datagedreven kunstmatig intelligente methode om een Optimist zeilboot te besturen.*

## MARIN

**?! Probleem:** maritieme voorspellingsmethoden zijn vaak gebaseerd op computermodellen van de natuurkunde, ervaring met data-gedreven kunstmatig intelligentie (AI) is er minder.

**💡 T02-oplossing:** MARIN ontwikkelde een datagedreven kunstmatig intelligente methode om een Optimist zeilboot te besturen, waarbij de fysica niet expliciet in het model zit, maar impliciet in de data. De filosofie is: als kinderen kunnen leren zeilen zonder expliciete natuurkundige kennis, zou een AI-algoritme dat ook moeten kunnen.

**📊 Impact:** de zelflerende Optimist opent de deur naar toepassing van AI en datagedreven methoden in serieuzere en veeleisendere zeevaarttoepassingen, zoals autonoom afmeren van schepen, efficiënter varen met snelle schepen, of het snel en veilig installeren van offshore constructies.

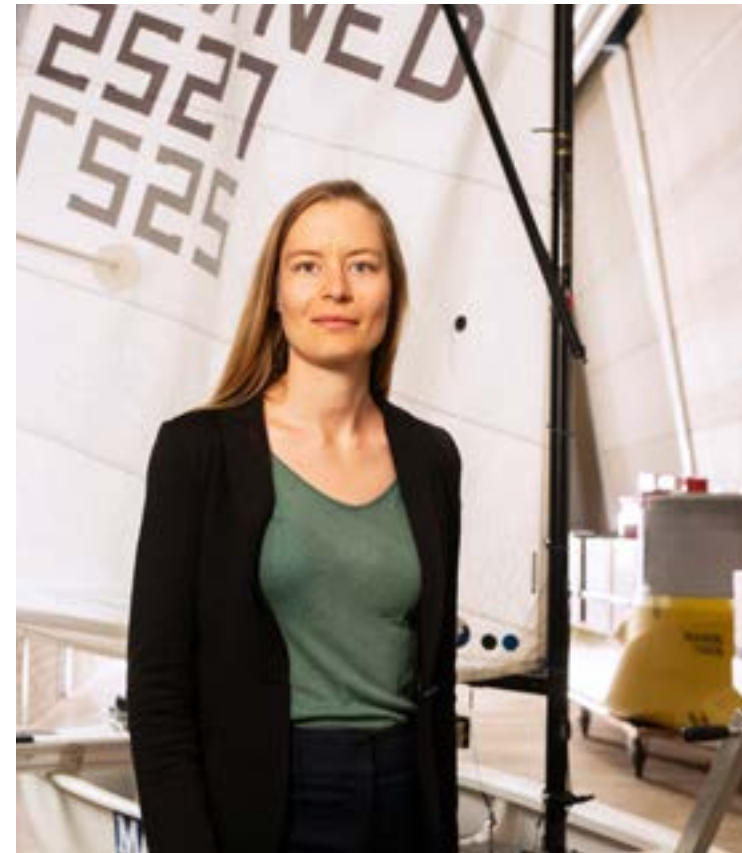
**A**an boord is geen kind, alleen een computer. Die stuurt de stand van het roer aan en de stand van het zeil, en beweegt – bij gebrek aan een kind – een gewicht van 42 kilogram van stuurboord naar bakboord. Kinderen leren zeilen in een Optimist zonder al te veel theorie te kennen over wind en krachten op het zeil. Dat zou kunstmatige intelligentie, oftewel AI, ook moeten kunnen, dachten ze bij MARIN. ‘We wilden de mogelijkheden en beperkingen van AI voor maritieme doelen verkennen’, zegt Fanny Rebiffé, onderzoeker in het team achter AI Sail. ‘En een Optimist was een heel intuïtief voorbeeld: een zeilbootje voor kinderen, relatief eenvoudig te besturen, het is gemakkelijk te interpreteren wat er gebeurt en hoe de AI reageert.’

### Gewenst gedrag

Gebruik makend van de AI-techniek Reinforcement Learning leerde Rebiffé’s systeem zelfstandig opkruisen: stukjes schuin tegen de wind varen en af en toe van richting wisselen door overstag te gaan. Bij deze techniek worden neurale netwerken, geïnspireerd op de werking van hersencellen, getraind door het gewenste gedrag te belonen, legt Rebiffé uit. ‘Aan het begin weet het AI-systeem niets. Het systeem probeert willekeurige dingen, en als het toevallig iets goed doet, volgt een beloning.’ Iets goed doen, is bijvoorbeeld een stukje de juiste kant op varen. Zulke beloningen duwen de parameters van het netwerk een eindje de goede kant op. Door trial-and-error maakt het systeem zo langzaam vorderingen, aanvankelijk nog binnen een computersimulatie. Maar toen AI Sail zijn eerste zeillessen achter de rug had, mocht het verhuizen naar de echte wereld in het waterbassin. Bij het trainen probeert Rebiffé zo weinig mogelijk expliciete instructies te geven. ‘We gingen het bootje bijvoorbeeld niet vertellen om overstag te gaan, of dat het niet mocht wrikken.’ ‘Wrikken’ is het heen en weer bewegen van het roer om vooruit te komen, wat veel energie kost en tijdens wedstrijden verboden is.

### Autonome Optimist

Het Reinforcement Learning-systeem wordt alleen beloond als het voortgang maakt richting het einddoel: de overkant van het bassin. Wel was er straf – een negatieve beloning – voor slecht zeemanschap,



Fanny Rebiffé van MARIN.

*‘We gingen het bootje bijvoorbeeld niet vertellen om overstag te gaan, of dat het niet mocht wrikken.’*

zoals tegen de rand van het bassin varen, of zo schuin gaan dat er water de boot in loopt. Rebiffé: ‘Dat is wel eens gebeurd, in het begin.’ AI Sail had het zeilen snel onder de knie. ‘We begonnen in mei 2023, en in november hadden we een autonome Optimist.’ Niet slecht voor een taak waarvan sommige experts verwachtten dat AI het niet zou

MARIN



*De Optimist leerde met AI in het waterbassin van MARIN zelfstandig zeilen.*

► kunnen. De zelfsturende kinderboot is nu een vaste gast bij open dagen en werkbezoeken van MARIN. ‘Maar het einddoel is natuurlijk geen autonome Optimist’, zegt Rebiffé, ‘wat we leren, kunnen we gebruiken voor andere maritieme AI-projecten, zoals autonoom afmeren (op een bepaalde positie stilleggen) van schepen, of het verminderen van ‘slamming’: het te hard op de golven klappen van snel varende schepen.’

**Onderzeeërs**

Andere toepassingen zijn autonome inspectiesystemen. ‘Er bestaan onderzeedrones voor metingen of inspecties onder water, maar als je bijvoorbeeld de paal van een windturbine wilt inspecteren, kan dat lastig zijn vanwege de golven of turbulentie in het zog van de paal. We proberen dat nu te voor elkaar te krijgen met AI en andere data-

gedreven technieken.’ Zelf moet Rebiffé, afkomstig uit Frankrijk, het zeilen trouwens nog onder de knie krijgen. ‘Mijn vader heeft me als kind een keer mee uit zeilen genomen, maar toen kreeg ik de giek tegen mijn hoofd, dus toen wilde ik niet meer. Maar ik ben nu wel nieuwsgierig. Ik ga het toch nog een keer proberen.’ ■

**Wie:** MARIN en TU Delft. Er waren workshops met scheepsbouwers Allseas, Feadship, Wagenborg, Damen, Oossanen.

**Looptijd:** 2023 - 2024.

**Budget:** 600 duizend euro

uit intern budget, bedoeld voor AI en samenwerking met industriële partners.

**Vervolg:** ervaring met AI, specifiek Reinforcement Learning, kan worden toegepast op autonome maritieme bestuurs-

systemen voor aanmeren, het inspecteren van structuren onder water in moeilijke stromingsomstandigheden, en voor efficiënter varen met snelle schepen.



**Bekijk hier de video**



# Met combinatie van technieken medicijnresten uit afvalwater halen

Meer en meer medicijnresten komen terecht in de natuur, vooral in waterwegen, zoals rivieren. De gevolgen voor onze gezondheid op de lange termijn zijn onbekend. Wageningen University & Research onderzoekt hoe geavanceerde zuiveringstechnologieën kunnen worden gecombineerd om medicijnresten effectief te monitoren en uit het water te halen. Ze verwijderen tegelijkertijd bacteriën die resistent zijn tegen vaak gebruikte antibiotica. ►

*Tania Mubita Zambrano van Wageningen University & Research: 'Een enkele technologie is niet voldoende om de medicijnrestanten te verwijderen.'*

## WUR

**?! Probleem:** de traditionele zuiveringsmethoden verwijderen niet alle medicijnresten en potentieel schadelijke bacteriën uit het afvalwater, waardoor deze terecht komen in het oppervlaktewater en zich opstapelen in de leefomgeving.

**💡 T02-oplossing:** WUR ontwikkelt geavanceerde zuiveringstechnologieën voor het verwijderen en monitoren van medicijnresten in afvalwater vanuit de bron.

**🏠 Impact:** decentralisatie van de afvalwaterzuivering is heel belangrijk. De combinatie van geavanceerde technologieën kan resistente verontreinigingen effectiever verwijderen dan de huidige zuiveringsmethoden. Samen met online monitoring kunnen deze technologieën verontreinigingen in afvalwater direct opsporen en ze eruit halen en dat voorkomt de ophoping in het milieu en negatieve effecten op mensen, dieren en de natuur.

Steeds meer farmaceutisch afval, restanten van de medicijnen die we gebruiken, komt via onze urine en ontlasting in het afvalwater terecht. De reguliere zuiveringsmethoden kunnen niet al deze medicijnresten verwijderen, legt onderzoeker Tania Mubita Zambrano van Wageningen University & Research uit. Dit vervuilde water stroomt via de afvalwaterzuiveringsinstallaties naar sloten, rivieren en meren, die ook de bronnen zijn van ons drinkwater. 'Enkele chemische stoffen zijn zeer persistent. Deze blijven in het water zelfs na de zuiveringsprocessen en hopen zich na verloop tijd op in het milieu,' zegt Mubita Zambrano.

### Steeds vaker medicijnresten

De waterschappen ontdekken steeds vaker medicijnresten in het water, zelfs na behandeling in de afvalwaterzuiveringsinstallaties waar het rioolwater wordt gezuiverd. Zoals resten van diverse soorten antibiotica, de veelgebruikte pijnstillers ibuprofen en carbamazepine, een middel tegen epilepsie en manisch-depressieve klachten. De precieze gevolgen van medicijnresten in het afvalwater voor de gezondheid van mens en dier zijn nog onbekend, al blijkt uit onderzoek wel dat sommige medicijnresten de voortplanting van vissen verstoort en hun gedrag verandert. 'Wat er precies gebeurt wanneer de vissen vervolgens door andere dieren of mensen gegeten worden, is onduidelijk. Misschien zijn deze stoffen niet schadelijk voor ons, maar misschien ook wel. We weten de langetermijneffecten gewoonweg niet. Daarom is het des te belangrijker om deze stoffen uit het water te halen,' benadrukt Mubita Zambrano.

### Onderzoek in de praktijk

Met haar collega's doet ze onderzoek naar de effectiviteit van drie innovatieve technologieën, samen met een waterschap, een farmaceutische onderneming en technologieleveranciers. De technologieën verwijderen medicijnresten en daarnaast schadelijke bacteriën waartegen bepaalde veelgebruikte antibiotica niet meer werken. 'Zo kunnen we gelijktijdig werken aan de reductie van antibioticaresistentie in het water,' licht Mubita Zambrano toe. De onderzoekers richten zich op dertien medicijnen en hebben monsters van het afvalwater genomen bij vier ziekenhuizen en twee zorginstellingen verspreid



Tania Mubita Zambrano van WUR.

*'Het gebruik van een combinatie van verschillende technologieën kan zeer effectief zijn.'*

## WUR



*Researchers (vlnr)  
Ruben Massop, Tania  
Mubita Zambrano,  
Mahmoud Alkhalid en  
Truus de Vrije werken aan  
verschillende technologieën,  
waarmee medicijnresten  
en bacteriën uit afvalwater  
worden verwijderd.*

- ▶ over Nederland. ‘Ziekenhuizen en zorginstellingen zijn bij uitstek geschikte locaties om te testen, aangezien ze een bron zijn van emissie van grote hoeveelheden medicijnresten in het rioolstelsel’, zegt Mubita Zambrano. In het laboratorium bestuderen de onderzoekers de effectiviteit van de drie verschillende technologieën om de medicijnresten en bacteriën te verwijderen. Samen met de HAN University of Applied Sciences werken de onderzoekers ook aan meetsystemen die in het afvalwater bij de ziekenhuizen geplaatst kunnen worden om voortdurend de concentratie van specifieke medicijnresten en antibioticaresistente bacteriën te detecteren en monitoren.

### Zuiveringstechnologieën

De eerste technologie, nanofiltratie, maakt gebruik van een poreuze barrière die water doorlaat en sommige medicijnresten tegenhoudt. De tweede technologie, UV licht in combinatie met waterstofperoxide, pakt de stoffen aan die toch langs de barrière gaan. Deze techniek breekt de stoffen af in kleinere moleculen, die vervolgens verdere afbraakprocessen kunnen ondergaan, wat mogelijk hun impact op het milieu vermindert. De derde technologie, plasmawater, breekt de

restanten af met behulp van elektriciteit en zonder toevoeging van chemicaliën. Uit het onderzoek is gebleken dat de combinatie van deze technologieën effectiever is dan de momenteel gebruikte zuiveringsmethoden. Mubita Zambrano: ‘Een enkele technologie is niet voldoende om de medicijnrestanten te verwijderen, het gebruik van een combinatie van verschillende technologieën kan zeer effectief zijn. Echter, de methoden vergen aanzienlijke investeringen en energie.’ Ze vervolgt: ‘Ik hoop dat overheden zullen investeren in de invoering van deze technologische oplossingen. Afvalwater aan de bron behandelen is een manier om de verspreiding van persistente afvalstoffen in de waterbronnen te verminderen. Het is ook belangrijk om mensen ervan bewust te maken dat alle medicijnen die we innemen in ons afvalwater terecht komen. Als ze niet goed worden behandeld, kunnen ze zich ophopen in onze leefomgeving.’ ■

**Wie:** WUR.

**Looptijd:** Vanaf april 2023 tot maart 2026.

## Colofon

**TO2MORROW** is een uitgave van de samenwerkende Toegepast Onderzoek Organisaties, verenigd in de TO2-federatie. Zij vormen de schakel tussen kennis en innovatie in dienst van overheid, bedrijfsleven en maatschappij. ©2024.

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

**Tekst en redactie:**  
 TO2, ministerie EZK en Maters & Hermsen.

**Eindredactie en vormgeving:**  
 Maters & Hermsen

**Beeld:**  
 Deltares, MARIN, NLR, TNO, WUR, TO2, iStock, fotograaf burgerbetrokkenheid, Niels Blekemolen, Rijkswaterstaat.

**Deltares**

