

# TO<sub>2</sub>MORROW

Magazine over resultaten uit het Open Innovatie Netwerk

2020



## Impact voor de samenleving Impactrapportage 2020



### Warmtebatterij energieopslag

Een warmtebatterij op basis van waterdamp en zout maakt per woning efficiënte warmteopslag mogelijk. **p.8**

### Droge zomers bestrijden

Een regioscan geeft inzicht in de kosten en baten van zoetwatermaatregelen bij boerenbedrijven. **p.14**

### FAIR data delen

De uitbraak van corona is een kans om serieus werk te maken van het FAIR delen van medische data. **p.28**



**D**e onderzoeker die vragen stelt, de ondernemer vol ambitie, nieuwsgierige consumenten, eerstelingen - early adapters - zij kijken altijd door een bijzondere bril - de bril die nieuwe verten laat zien of een ander perspectief op oude vondsten.

Dat mooie uitzicht kun je goed koppelen aan maatschappelijke opgaven. Dan krijg je missiegedreven innovatie. En van missiegedreven innovatie worden we allemaal wijzer. Als samenleving krijgen we er

schone, duurzamere en veiligere toepassingen voor terug. En Nederland wint aan concurrentie- en verdienvermogen.

Er werken volop missiegedreven mensen bij Deltares, MARIN, TNO, Wageningen University & Research en het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum, die samen, als zogeheten TO2-instellingen, een federatie vormen. Ze geven u graag een inkijkje. Daar zitten dit jaar veel adaptieve en snel inzetbare toepassingen tussen. De pandemie laat zien

hoe belangrijk dat is. Ik waardeer het enorm hoe TO2-instellingen zich daarvoor inzetten.

Wageningen University & Research werkt aan koppelingen en analyses van coronadata van ziekenhuizen. Uit samengestelde datapatronen komen nuttige inzichten naar voren. En straks nog veel meer als andere organisaties en zelflerende computers meedoen. TNO ontwikkelt met partners een warmtebatterij die energie opslaat door waterdamp en zout te combineren. Goedkoper dan gangbare batterijen, onder andere geschikt voor woningen, dus maatschappelijk kansrijk. Het Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum werpt zich op een waterstoftoepassing voor elektrisch vliegen. Commercieel interessant én duurzaam.

MARIN en Deltares kijken naar de bewegingen van het grootste type containerschip in extreme condities in de ondiepe Noordzee. Ook dat levert veel op: direct bruikbare kennis voor kustwacht en kapiteins, nuttige inzichten voor scheepsontwerpers, en om internationale vaartroutes te bepalen. U treft in dit rapport nog veel meer toepassingen aan, alle gezien door de bril van vijf TO2-instellingen, alle blikverruimend, maatschappelijk relevant en vaak verrassend.

Laat u erdoor inspireren!

**Mona Keijzer,**

*Staatssecretaris van Economische Zaken en Klimaat*

#### 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. ©2020 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, Wageningen Research & University, TO2, Rijksoverheid, PIPistrel, GE Renewable Energy en Kenniscentrum Eikenprocessierups 2019 en iStock  
**Drukwerk:** Puntgaaf

## Inhoud

### Korte berichten

#### **THEMA** Energietransitie en duurzaamheid

- Warmtebatterij voor energieopslag **6**
- Vliegen op waterstof **10**
- Het juiste hout op de juiste plek **12**
- Werken aan betrouwbare warmte **13**

#### **THEMA** Landbouw, water en voedsel

- Droge zomers bestrijden op boerderijen **14**
- Challenge: minder voedsel in de klinko **16**
- Verkeer op zee in goede banen **17**
- De natuur helpt graag een handje mee **18**

#### **THEMA** Gezondheid en zorg

- Zorgdata veilig en 'privacy-proof' delen **19**
- Vliegtuigverf zonder chroom-6 **20**
- Minder antibioticagebruik, meer diergezondheid **21**

#### **THEMA** Veiligheid

- Licht als wapen **22**
- Veilig en snel data versturen via satellieten **23**
- Containers aan boord **24**

#### **THEMA** Corona

- TNO zet brains in tegen bestrijding corona **26**
- Data (direct) delen was nog nooit zo belangrijk **28**

### **Korte berichten** **30**

In het onderstaande overzicht geven elk van de instituten, die deel uitmaken van de TO2-federatie, een samenvatting van hun belangrijkste werkterreinen en de sleuteltechnologieën die ze ontwikkelen en toepassen.

#### De TO2-federatie bestaat uit:



#### WUR

Wageningen University & Research is het samenwerkingsverband tussen Wageningen University en Stichting Wageningen Research. Onze ruim 5.500 medewerkers en 12.000 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 TO2-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.



#### 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.

## Deltares

#### Deltares

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we vanuit een systeembenadering aan slimme innovaties en toepassingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares kent een unieke combinatie van hoogopgeleide medewerkers, innovatieve sleuteltechnologieën, unieke experimentele faciliteiten en specialistische open source software. Als toegepast kennisinstituut zijn we succesvol wanneer onze 'diepe' kennis wordt verzilverd in en voor de samenleving. Samen met onze partners.

We gaan aan de slag met de maatschappelijke uitdagingen van nu én de toekomst. Vanuit het perspectief van water en ondergrond, inclusief infrastructuur, werken we vanuit vier missiegebieden: Toekomstige, Duurzame en Veilige delta's, en Veerkrachtige infrastructuur. Deltares | Enabling Delta Life



#### 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 negen domeinen: Bouw, Infra en Maritiem; Circulaire Economie en Milieu; Defensie en Veiligheid; Energie Transitie; Gezond Leven; Industrie; Informatie en Communicatie Technologie; Strategische Analyses en Beleid; Mobiliteit en Logistiek.

Het ontwikkelen en toepasbaar maken van sleuteltechnologieën is een van de kernactiviteiten van TNO binnen deze domeinen. Denk hierbij aan fotonica, nano- en kwantumtechnologie. Maar ook aan nieuwe vormen van productie-, materiaal- en chemische technologie. Sleuteltechnologieën worden gekenmerkt door een breed toepassingsgebied of bereik in innovaties en sectoren. Ze zullen de manier waarop we leven, leren, innoveren, werken en produceren ingrijpend veranderen. Sleuteltechnologieën zijn essentieel bij het oplossen van maatschappelijke uitdagingen, zoals veiligheid, energie en zorg. Ook maken sleuteltechnologieën baanbrekende proces-, product- en diensteninnovaties mogelijk en leveren daarmee een grote bijdrage aan de economie, het ontstaan van nieuwe bedrijvigheid en nieuwe markten, het vergroten van de concurrentiekracht en het versterken van de banengroei.



#### 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).



# Innovatiekracht



A hand in a blue nitrile glove holds a white test tube with a red cap. The test tube has a label that reads 'COVID-19' and 'Positive' with a large 'X' mark. The background is a soft-focus blue and white scene with several glowing, translucent virus particles floating around. The overall tone is clinical and scientific.

# tegen corona

In deze editie staan mooie voorbeelden van hoe de TO2-instellingen oplossingen bedenken in een wereldwijde crisis, die ons allen raakt. NLR doet onderzoek naar coronabesmettingen in vliegtuigcabines. WUR helpt mee aan het beter delen van data over corona uit de gezondheidszorg. TNO zet al haar innovatiekracht in en tientallen medewerkers bedachten praktische innovaties om het coronavirus te bestrijden. Lees er meer over in dit magazine.



TNO

## Positieve impact op bedrijvigheid door innovatie

TNO heeft daadwerkelijk impact op bedrijven met wie het samenwerkt in een innovatietraject. De groei in toegevoegde waarde van ondernemingen die TNO inschakelen bij hun onderzoek wordt geschat op veertien tot zeventien procent hoger dan bedrijven die ook aan R&D doen, maar niet met TNO. Dat is de belangrijkste conclusie van een econometrische analyse van de impact van TO2's op bedrijven. TNO gebruikt eigen data in combinatie met CBS-data over uitgaven aan R&D door bedrijven. Door het combineren van deze data is een unieke dataset ontstaan, waardoor voor het eerst de impact van een Nederlandse TO2 kon worden onderzocht met econometrische methoden.

De financiering van TO2-instellingen gebeurt deels met publiek geld, daarom worden ze regelmatig extern geëvalueerd. En dat is niet meer dan terecht, vindt TNO's CEO Paul de Krom. "Wij ontwikkelen kennis niet om de kennis, maar om tot praktische toepassingen te komen. En om Nederland vooruit te helpen. Het inzichtelijk maken van onze impact is nadrukkelijk een van onze eigen doelen", aldus De Krom.

NLR

## Onderzoek naar besmetting corona in vliegtuigcabines

Aan boord van vliegtuigen is het niet altijd mogelijk om anderhalve meter afstand tussen passagiers te garanderen. Met het verzoek van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat voor een inventarisatie van HEPA-filters in vliegtuigen op Nederlandse vliegvelden, beantwoordde Koninklijke NLR in juli echter nog niet de vraag: ook al is er een goed luchtfilter, welk risico loop je aan boord van een vliegtuig om besmet te raken met SARS-CoV-2?

Daarom vroeg het ministerie om een vervolgonderzoek dat NLR samen met RIVM uitvoert. De eerste bevindingen van een literatuurstudie werden medio oktober bekend gemaakt. In december 2020 zijn aanvullende resultaten - in overleg met nationale en internationale experts - op basis van metingen en simulaties bekend. Dit gebeurt voor twee vliegtuigtypes waar passagiers vanaf Schiphol het meest waarschijnlijk mee vliegen, zoals de Boeing 737-800 en 777-300ER.



TNO

## Haliade-X: windenergie voor 16.000 huishoudens

Het is de grootste en meest krachtige windturbine ter wereld: de Haliade-X van GE Renewable Energy. Met een capaciteit van twaalf megawatt kan de turbine zestienduizend huishoudens van energie voorzien. De Haliade-X heeft een hoogte van 260 meter en bladen met een lengte van 107 meter. "Door de metingen aan en het testen van de nieuwe turbines doen we nieuwe kennis op die we inzetten voor de volgende generatie", zegt dr. Peter Eecen, programmamanager Windenergie van TNO. Validatiemetingen door TNO en GE moeten aantonen dat de Haliade-X zijn beloften waarmaakt en certificering krijgt. Die is vereist om de turbine straks op grote schaal te mogen produceren en op zee te kunnen installeren. In het regeerakkoord en Klimaatakkoord is afgesproken dat er in 2030 tenminste 11,5 GW aan geïnstalleerd vermogen aan windmolens op zee staat. Windparken met grote turbines als de Haliade-X helpen die ambitie te verwezenlijken.

WUR

## Bio-asfalt op basis van lignine

WUR neemt het voortouw om bitumen (bestanddeel van ruwe olie) in het Nederlands asfalt op grote schaal te vervangen door de natuurlijke bindstof lignine. Dit gebeurt in het TKI-project CHAPLIN, waarin wordt samengewerkt met partners uit de productieketen van asfalt.

Bitumen wordt in het asfaltmengsel gebruikt als middel om de andere bestanddelen zoals steenslag, zand en vulstof aan elkaar te binden. "Door de helft van bitumen te vervangen door lignine, is minder fossiele grondstof nodig en wordt via de lignine CO<sub>2</sub> voor langere periode vastgelegd. Dat bespaart twintig procent uitstoot", zegt Richard Gosselink van WUR. Lignine is daarnaast op lagere temperaturen te produceren dan bitumen, zodat er minder energie nodig is.

De partners in het TKI-project CHAPLIN willen de toepassing van lignine als grondstof voor asfalt de komende jaren stimuleren. "In dit project gaan we deze technologie verder testen met andere typen lignine uit Nederlandse biomassa-reststromen, zoals hout, stro en gras. Daarnaast kijken we hoe we lignine-asfalt na gebruik kunnen integreren in het recycleproces van de asfaltsector."



*Het bio-asfalt fietspad dat bij de campus van WUR ligt.*



MARIN

## The Atmosphere meet druk én aerosolen

MARIN beschikt sinds 2019 over de autoclaaf The Atmosphere. Een autoclaaf is een vat waarin onderzoekers temperatuur, druk, gassamenstelling, vochtigheid en circulatie van gassen en vloeistoffen kunnen beheersen. Autoclaven zijn in veel laboratoria te vinden, maar niet eerder is er een gebouwd die de omgevingscondities zo nauwkeurig over zo'n grote range kan controleren. Hiermee kan MARIN de maritieme sector ondersteunen met kennis om LNG-tanks (vloeibaar aardgas) te ontwikkelen. De internationale scheepvaartorganisatie wil in 2050 vijftig procent minder CO<sub>2</sub> uitstoten. De overgang van stookolie naar aardgas is een eerste stap. Op zee is aardgas het best te ver-

voeren in vloeibare vorm door het af te koelen naar -162°C. In de toekomst zullen daar nog nieuwe alternatieve brandstoffen (gassen en vloeistoffen) bij komen die nader onderzoek vragen. Dit vraagt echter tanks met speciale isolatiesystemen.

In The Atmosphere is een prototype van de tank getest onder verschillende operationele condities. Hiermee is de ontwikkeling van de tank flink versneld. Het gebruik is veelzijdig, want ook universiteiten, instituten en bedrijven in Nederland kunnen The Atmosphere inzetten voor bijvoorbeeld het testen van proces equipment, fundamenteel onderzoek in biofysica en in onderzoek naar verspreiding van aerosolen.





**Probleem:** als de energieopwekking over een aantal jaar volledig duurzaam is, is grootschalige opslag van energie noodzakelijk. Maar wind- en zonne-energie zijn moeilijk of kostbaar om op te slaan.



**TO2-oplossing:** TNO heeft samen met de TU Eindhoven een warmtebatterij op basis van waterdamp en zout ontwikkeld, waarin je energie verliesvrij kan bewaren.



**Impact:** deze warmtebatterij van TNO is een doorbraak voor energieopslag. Het is veel goedkoper en milieuvriendelijker dan elektrische batterijen en is makkelijk opschaalbaar van individuele woning, woningblokken of appartement complexen, wijken of zelfs nog groter.

# Warmtebatterij voor energie opslag

TNO

TNO heeft samen met de TU Eindhoven een warmtebatterij op basis van waterdamp en zout ontwikkeld voor de verliesvrije en compacte opslag van energie. Deze methode maakt per woning of appartementencomplex efficiënte warmteopslag mogelijk.

Het aanbod van duurzame zonne- en windenergie is onzeker. Windmolenparken of zonnepanelen leveren niet continu energie, want niet elke dag waait het of schijnt de zon. Om efficiënter gebruik te kunnen maken van deze duurzame bronnen, is opslag van energie belangrijk. “Met deze extra capaciteit kun je periodes overbruggen dat er geen zon en windenergie is. Met dit extra vermogen kun je op momenten van grote vraag of aanbod de piekbelasting van het net

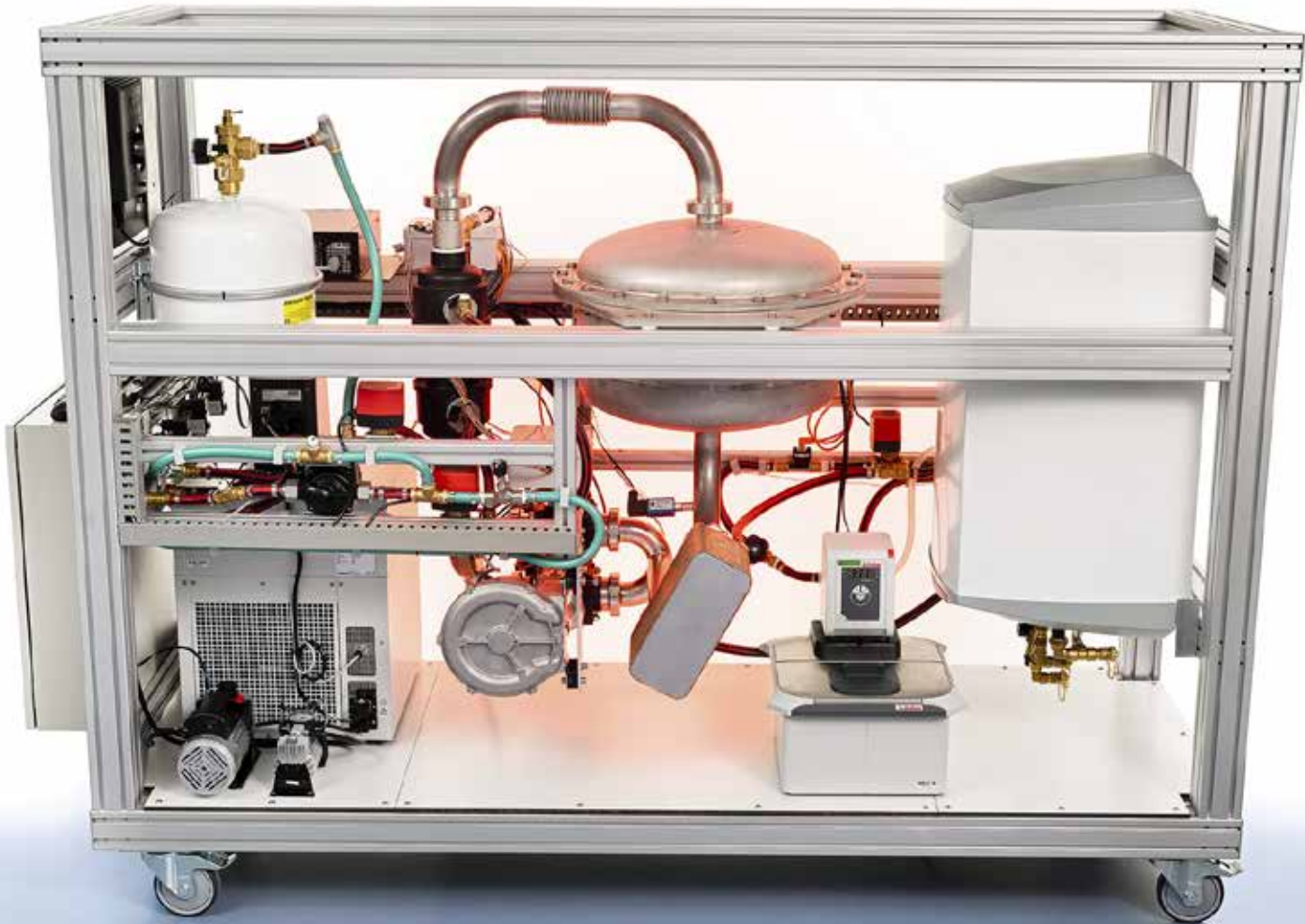
reduceren en het net beter balanceren of flexibeler maken”, zegt professor Olaf Adan van TNO.

#### Waterdamp en zout

TNO en de TU Eindhoven ontwikkelden een warmtebatterij die werkt met waterdamp en een zouthydraat. Door deze twee componenten bij elkaar te brengen, ontstaan nieuwe zoutkristallen. Bij dit proces komt warmte vrij. Als je opnieuw warmte in het systeem brengt, zoals de

energie van zonnepanelen, dan komen water en zout weer los van elkaar en houdt het zoutkristal de warmte vast. Zolang je beide componenten gescheiden houdt is die energie verliesvrij opgeslagen. “De uitdaging was om een geschikte zoutcompositie te maken die bleef functioneren bij herhaald (multicyclisch) gebruik. Stabiel in alle opzichten”, zegt Adan. “Dat is gelukt. We verwachten dat de batterij minstens twintig jaar meegaat, als je batterij eens per maand geheel op- en ontlad, maar





waarschijnlijk gaat deze veel langer mee. We maken in de basis gebruik van kaliumcarbonaat. Een veel voorkomend zout en makkelijk te produceren. Je maakt het door kaliumloog met CO<sub>2</sub> te binden. Je stopt er dus CO<sub>2</sub> in, maar het materiaal is uiterst simpel te recycleren of te hergebruiken." Naast dit opslagmateriaal is er een apparaat (de batterij) nodig. Een nieuw principe werd daarvoor ontwikkeld, dat uit vier componenten bestaat: een ventilator, warmtewisselaar, verdamper/condensor en reactorvat. Adan: "De eerste drie componenten zijn bestaande, volwassen technologie en daardoor - weliswaar met enige aanpassingen - te bouwen." De prijs van

de opgeslagen energie ligt minimaal tien keer lager dan van systemen voor elektrische opslag, zoals de Tesla Powerwall. De resultaten zijn zo veelbelovend, dat TNO en TU Eindhoven in samenwerking met (Nederlandse) industriële partners een bedrijf gaan oprichten om de warmtebatterij grootschalig te produceren. Er komen eerst pilots in Eindhoven, Zuid-Frankrijk en Polen. "Daar gaan we de batterij, ter grootte van een koelkast, ontwikkelen voor een gemiddeld huis in verschillende combinaties met duurzame energiesystemen", zegt Adan. Hij verwacht dat de warmtebatterij over vier jaar op de markt komt. ■

**Wie:** TNO en TU Eindhoven.

**Duur:** tien jaar is er gewerkt aan de warmtebatterij, maar de laatste drie jaar is de techniek sterk verbeterd.

**Budget:** zeven miljoen euro van Europese Unie en drie miljoen aan subsidies van private/publieke organisaties.

**Vervolg:** er volgt verder onderzoek naar de integratie en regeling van de warmtebatterij met verschillende systemen, zoals het elektrisch net, warmtenet, zonnecollectoren en warmtepomp.



**Probleem:** de commerciële luchtvaart zorgt voor ongeveer drie procent van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-uitstoot. Voor de coronacrisis groeide de luchtvaart sterk en waren er weinig voor de hand liggende reductiemethoden. Om de klimaatdoelstellingen te halen - in 2050 moet de CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn gehalveerd - is verduurzaming van de sector nodig. Echter, elektrisch vliegen kent beperkingen met name door de benodigde energieopslag in zware accu's.



**TO2-oplossing:** NLR doet technisch onderzoek naar hybride elektrisch vliegen. Het elektrische tweepersoons vliegtuig Pipistrel Velis Electro krijgt een waterstof-tank om langer te kunnen vliegen dan alleen op accu's.



**Impact:** door onderzoek te doen naar waterstof in combinatie met elektrisch vliegen draagt NLR bij aan belangrijke innovaties en onderzoek naar verduurzaming van de commerciële luchtvaart. Bovendien is toepassing van deze innovaties en dit onderzoek ook buiten de luchtvaart mogelijk.

# Vliegen op waterstof



NLR, TNO

**Hoe kunnen we waterstof gebruiken om schoner te vliegen?**  
Martin Nagelsmit, programmamanager elektrisch vliegen bij Koninklijke NLR, onderzoekt verschillende mogelijkheden om de klimaatimpact van de luchtvaart te verminderen.

Elektrisch vliegen kan het antwoord zijn op vliegschaamte. Nederland wil zich de komende jaren verder ontwikkelen op het gebied van hybride elektrisch vliegen, waarbij je een elektromotor combineert met verbrandingsmotor. In februari 2019 werd het Ontwerpakoord Duurzame Luchtvaart vastgesteld. 26 partijen uit de luchtvaartsector gaven hiermee het startschot voor het uitwerken van het Nationaal Actieprogramma Hybride Elektrisch Vliegen (AHEV). Overheid, bedrijfsleven en kennis- en onderwijsinstellingen werken samen om de ambities voor de commerciële luchtvaart, General Aviation (burgerluchtvaart met uitzondering van lijn- en chartervluchten) en de grondgebonden operaties op luchthavens te realiseren.

#### Tot vijfhonderd kilometer

Het streven voor 2030 is dat les- en rondvluchten worden uitgevoerd met hybride elektrische vliegtuigen en dat legt de basis

voor het vervoer van meerdere passagiers per hybride elektrisch vliegtuig over afstanden tot vijfhonderd kilometer. In 2050 moet de CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn gehalveerd ten opzichte van de uitstoot in 2005. En de ultieme stip op de horizon? Emissieloze luchtvaart in 2070.

“Deze ambitieuze doelstelling bereik je niet door één oplossing voor ogen te houden”, zegt Martin Nagelsmit, die meerdere sporen naast elkaar onderzoekt. “Allereerst elektrisch vliegen. Maar dat heeft veel beperkingen. Je hebt namelijk een zware accu nodig. Met de kennis van nu kun je hooguit kleine afstanden afleggen in kleine vliegtuigjes.” Het gebruik van waterstof is een andere mogelijkheid. Waterstof kun je omzetten in elektriciteit of direct verbranden, waarbij er waterdamp vrijkomt. Een andere optie is het gebruik van een ander soort brandstof. Bio-kerosine gemaakt van afgewerkt frituurvet of synthetische kerosine op waterstofbasis. Daarnaast is



Het elektrische vliegtuig Pipistrel



er onderzoek naar het bouwen van energie-efficiëntere vliegtuigen, met lichter materiaal bijvoorbeeld.

### Pipistrel Velis Electro

In het Living Lab Electric Flight test NLR hybride elektrisch vliegen stap voor stap, want het moet natuurlijk aan alle veiligheidseisen voldoen. De eerste stap was vorig jaar het vliegen met een drone op waterstof. Dit najaar ging NLR met een grotere drone langer en verder vliegen. Eind september kreeg NLR een elektrisch aangedreven vliegtuig: de Pipistrel Velis Electro. Streven is om dit elektrische tweepersoons vliegtuig om te bouwen en uit te rusten met een Range Extender en waterstoftank, zodat je langer dan vijftig minuten kunt vliegen en het geschikt is als lesvliegtuig voor piloten in opleiding. De technische kant is niet de enige uitdaging. Daarna volgt de certificering. Nagelsmit: "Stel dat vliegen op waterstof

mogelijk is, dan moet dit vliegtuig certificatie krijgen. Op dit moment zijn daar nog geen certificatiestandaarden voor. Hoe kunnen we dan aan alle veiligheidsvoorschriften voldoen?"

### Waterstoftank

Ook bij het inbouwen van een waterstoftank staat NLR voor allerlei keuzes, want waterstof bestaat zowel in gasvorm als vloeibaar. Om gasvormige waterstof samen te persen onder hoge druk, is een sterke tank nodig. Wil je waterstof vloeibaar opslaan voor een kleiner volume, dan is een temperatuur van -253 graden Celsius nodig. Dat vraagt een tank die tegen de lage temperaturen kan. Nagelsmit: "Waterstof heeft helaas een groot volume." Zo ideaal als het klinkt, is waterstof dus nog niet. "Daarbij komt dat de uitstoot van waterdamp hoog in de lucht mogelijk een opwarmend effect heeft. Dit moeten we nog verder onderzoeken. Waterstof is nog

niet de heilige graal voor de luchtvaart." NLR doet onderzoek naar oplossingen om de klimaatimpact van de luchtvaart te verminderen. Nagelsmit: "Het vergt out-of-the-box denken." Grootste boosdoener voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot zijn de intercontinentale vluchten. Je sleept namelijk veel brandstof mee. Een tussenlanding om te tanken voor het tweede deel van de vlucht kan slim zijn om de CO<sub>2</sub>-uitstoot binnen de perken te houden. Of bijtanken in de lucht, zoals Defensie doet met militaire vliegtuigen.

### Mooie stap

"Natuurlijk zijn er pessimisten die zeggen dat er nooit een elektrische Boeing 747 gaat komen. Maar als je in de toekomst met negentien personen elektrisch duizend kilometer kunt vliegen en piloten hun opleiding emissieloos kunnen afronden, dan is dat een mooie stap. Met het onderzoek in het living lab dragen we bij aan belangrijke innovaties en onderzoek naar verduurzaming van de commerciële luchtvaart." Bovendien vinden systemen ontwikkeld voor de luchtvaart vaak toepassingen daarbuiten en omgekeerd. ■

**Wie:** NLR, Technische TU Delft, TNO, Universiteit Twente, Defensie, DroneHub Groningen, RHIA, DEAC, AeroDelft.

**Duur:** tot 2030.

**Budget:** 500.000 euro per jaar.

**Vervolg:** emissie-loze luchtvaart is de ultieme stap op de horizon in 2070.





**Probleem:** er is een grote behoefte aan woningen. De schatting is dat het woningtekort oploopt tot ruim 400.000 woningen in 2025. Daarnaast moet de bestaande woningvoorraad in snel tempo verduurzamen om energieverbruik te verminderen.



**TO2-oplossing:** TNO deelt kennis over verduurzaming in de bouw met bouwbedrijven en woning-eigenaren en ondersteunt de overgang naar een circulaire bouwsector. Onder andere met projecten als de prefabricage van (onderdelen van) woningen, de toepassing van Cross Laminated Timber en de ontwikkeling van duurzame toekomstbestendige kozijnen.



**Impact:** het leidt tot sterk verminderde uitstoot van CO<sub>2</sub> zowel bij de productie van bouwmaterialen als de prefabricatie van houten woningen verkort de bouwtijd.

TNO

Houtexpert Jan de Jong juicht het toe dat er meer aandacht is voor de bouw van houten huizen in Nederland. Samen met zijn TNO-collega's en met bedrijven uit de bouwkolom zorgt hij dat kennis over en innovatie in houtbouw terecht komt op de plek waar het thuishoort, in de bouw.



## Het juiste hout op de juiste plek

Met de juiste kennis is het mogelijk een houten huis in vijf dagen bewoonbaar op te leveren. De Jong: "Houtbouw vereist de nodige kennis, je moet weten welk hout je op welke plek toepast. Door onze expertise in houtbouw te delen, stimuleren wij innovatie in een sector die vrijwel geheel op steen en beton is gericht. Dat doen we in nauwe samenwerking met de bouwers."

### Slimme kozijnen

Een voorbeeld van zo'n samenwerking is de ontwikkeling van het kozijn van de toekomst. Een kozijn dat gemaakt is van samengesteld hout dat duurzaam, circulair, energiezuinig en onderhoudsvrij is. Dat laatste door een slim ontwerp: aan de buitenzijde - het deel dat het meest door het weer wordt aangetast - zit minder hout dan aan de binnenzijde. Anders dan de maatwerkkozijnen die aannemers nu in de bouw gebruiken, is dit kozijn in serie goedkoper en eenvoudiger te produceren. TNO stimuleert ook de bouw van houten huizen door toepassing van Cross Laminated

Timber (CLT) ofwel kruislaaghout. CLT-panels bestaan uit drie of meer lagen kruislings verlijmd hout. In een fabriek op maat gezaagd, inclusief uitsparingen voor ramen en deuren, vormen deze houten panelen de basis voor prefab huizen die in een paar dagen gebouwd én bewoonbaar zijn.

### Hergebruik

Maar de grootste troef van houtbouw is duurzaamheid. Houtbouw veroorzaakt minder CO<sub>2</sub>-uitstoot en bomen (en daarmee hout) slaan van nature CO<sub>2</sub> op. Zolang bomen niet verbrand worden, komt die CO<sub>2</sub> ook niet vrij. Door kap en aanplant van nieuwe naaldbossen raakt de voorraad hout niet op. En daarnaast kun je hout hergebruiken. Jan: "Massief, door van oude balken nieuwe te maken. Versnipperd vormt hout de basis voor spaanplaat. Van houtstof of lignine kun je houtlijm maken. Wat overblijft, is goede biobrandstof. Nu verdwijnt negentig procent van het sloop-hout in ovens." Ook de omslag naar hergebruik van hout in de bouw begeleidt TNO. Omdat Nederland weinig bossen en dus

een beperkte eigen houtproductie heeft, werkt TNO aan de ontwikkeling van meer circulaire duurzame alternatieven, zoals kruislaaghout gemaakt van afvalhout. "Willen we in 2050 circulair zijn, dan moeten we nu alle bouwmaterialen hergebruiken en de weg vrij maken voor standaardisering van houtbouw. Zorgen dat het juiste hout op de juiste plek komt." ■

**Wie:** TNO samen met partners (architecten, aannemers, woningbouwcorporaties en gemeenten).

**Duur:** kozijn van de toekomst loopt tot 2024.

**Budget:** het verschilt per project, voor het kozijn van de toekomst 600.000 - 1.200.000 euro.

**Vervolg:** de vervanging van het maatwerkkozijn door het kozijn van de toekomst.



**Probleem:** Nederland wil van het gas af om de CO<sub>2</sub> uitstoot te reduceren. Duurzame warmtenetten zijn een alternatief om woningen en gebouwen te verwarmen. Daarmee vormen ze een belangrijke schakel om de doelstellingen van het Klimaatakkoord te halen en de CO<sub>2</sub>-emissies te reduceren. Zulke collectieve systemen moeten wel betrouwbaar, duurzaam en betaalbaar zijn. Samenwerking vanuit de hele warmteketen is nodig om versnelling en opschaling te kunnen realiseren voor duurzame warmtenetten.



**TO2-oplossing:** warmtecollectief WarmingUP is een innovatief samenwerkingsverband. Partijen uit de hele warmteketen ontwikkelen hier samen nieuwe kennis, samenwerkings- en financieringsvormen. TNO en Deltares leveren hier een belangrijke bijdrage aan. Zo combineren ze slim duurzame warmtebronnen binnen hetzelfde warmtenet en werken ze aan de grootschalige warmteopslagsystemen die in zo'n duurzaam warmtenet nodig zijn.



**Impact:** de resultaten helpen om de opschaling van 340.000 aangesloten woningen in 2018, naar 1.100.000 aansluitingen in 2030 mogelijk te maken. De inzet van duurzame bronnen leidt tot substantiële CO<sub>2</sub>-reductie; de systeem- en procesinnovaties en het in samenhang ontwerpen van warmtenetten leidt tot efficiencywinst.

Deltares,  
TNO

In 2050 moeten alle Nederlandse woningen van het gas af om aan de klimaatdoelstellingen te voldoen. We moeten miljoenen woningen anders verwarmen, bijvoorbeeld met geothermie. En daar zijn nieuwe infrastructuur en regels voor nodig. Deltares, TNO en KWR werken samen met partijen uit de warmtesector aan de puzzel.



# Werken aan betrouwbare warmte

*Huizen in de woonwijk in Hoog Dalem, verwarmd door aquathermie.*

Een warmtenet is een soort centrale verwarming: ergens in de wijk is een warmtebron - een centrale 'ketel' - en via buizen stroomt het warme water vanuit de bron naar de huizen. De meeste warmtenetten zijn nog relatief klein en leveren warmte voor één nieuwbouwwijk. Nederland telt momenteel grootschalige warmtenetten in zo'n zeventien steden; samen verwarmen ze 300.000 woningen (Warmtemonitor 2019).

## Collectieve warmtesystemen

Ruim een miljoen huizen in 2030 verwarmen via 'netten' vraagt om een andere manier van denken: van kleine warmtenetten naar collectieve warmtesystemen. Dit zijn complexe constructies die warmte moeten kunnen halen uit het water én de ondergrond, deze opslaan en leveren aan afzonderlijke huizen. De bronnen - aquathermie en geothermie - hebben verschillende temperaturen en volumes. Dat is een technische uitdaging voor transport en opslag. Gerda Linselink, strategisch adviseur bij Deltares: "Bestaande bouw aanpassen is de grote opgave. We moeten opschalen, verduurzamen en kosten verlagen als we de CO<sub>2</sub>-vermindering uit de klimaatdoelen van Parijs willen halen."

## Gezamenlijke vooruitgang

Voorheen werkten bedrijven, particulieren en overheid apart aan stukjes van de oplossing. Alle schakels uit de warmtesector zijn nu bij elkaar gebracht in het project WarmingUP: van warmtebedrijven tot gemeentes en waterschappen. TNO is penvoerder voor het collectief WarmingUP, dat verder bestaat uit de onderzoeksinstituten Deltares en KWR en 35 deelnemers. TNO coördineert de slimme aansturing van warmtenetten, geothermie en sociaal-maatschappelijke inpassing van warmtenetten. KWR coördineert het onderzoek naar mogelijkheden voor hoogtempera-

tuurwarmte-opslag. Deltares richt zich op de aanleg van grootschalige infrastructuur en aquathermie. WarmingUP zorgt dat alle nieuwe informatie bij de juiste partijen terecht komt, zodat zij de inzichten meteen in de praktijk kunnen toepassen. Deltares heeft bijvoorbeeld in kaart gebracht hoeveel warmte uit aquathermie, waar én tegen welke prijs kan worden gewonnen en geleverd. De potentie-berekeningen zitten inmiddels ook in de modellen van het Planbureau voor de Leefomgeving. Linselink: "Aquathermie is pas een serieus duurzaam alternatief als je kunt berekenen welke potentie het heeft in een bepaalde wijk."

## Betaalbaar en betrouwbaar

Naast de technische aspecten is er aandacht voor de sociaal-maatschappelijke kant van warmtenetten, vertelt ze. "Niet elke locatie heeft dezelfde bronnen. Hoe zorgen we dat het betaalbaar en acceptabel is voor de eindgebruiker? Hoe kunnen gemeenten, woningcorporaties en warmtebedrijven het aantrekkelijk maken om voor een collectief warmtesysteem te kiezen? WarmingUP legt de verbindingen zodat we dit samen kunnen vormgeven." ■

**Wie:** Deltares, TNO en KWR werken samen met 35 deelnemers: warmte- en netbedrijven, de water- en bodemenergiesector, gemeenten, provincies, universiteiten, hogescholen en testlocaties.

**Duur:** 2020-2022.

**Budget:** negentien miljoen euro.

**Vervolg:** via nieuwe tenders voor Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie en de Stimuleringsregeling Duurzame Energieproductie. Lees meer op [www.warmingup.info](http://www.warmingup.info).





**Probleem:** zoetwatertekort door droge zomers in Nederland zorgt voor schade in de landbouw.



**TO2-oplossing:** Regioscan Zoetwatermaatregelen, mede ontwikkeld door Deltares, geeft inzicht in de kosten en baten van zoetwatermaatregelen bij boerenbedrijven. Zo kunnen waterbeheerders boeren adviseren over maatregelen die helpen regenwater slim op te slaan. Dat maakt de boeren minder afhankelijk van oppervlakte- of grondwater.



**Impact:** de tool geeft een beeld van mogelijke effecten, kosten en baten van droogtemaatregelen in de landbouw. Dat leidt tot een beter onderbouwd gebiedsproces in de regio, en beleid op landelijk niveau.



# Droge zomers boerderijen

Deltares,  
WUR

**Zoetwater is onmisbaar voor landbouw en daarmee de voedselvoorziening. De afgelopen jaren waren steeds droger. Gelukkig zijn er verschillende mogelijkheden voor boeren om zoetwater uit regenval op te slaan en efficiënter te gebruiken. Welke maatregel werkt waar het best? De Deltares Regioscan Zoetwatermaatregelen geeft inzicht.**

Het KNMI heeft klimaatscenario's voor de toekomst opgesteld. Qua droogte schetsen ze twee mogelijkheden: die blijft hetzelfde of het leidt tot meer droogte. In de landbouw leiden droge periodes nu al tot gewasschade. De 'hoge' delen van Nederland, zoals Brabant, Gelderland en Overijssel, merken dat het eerst, vertelt Joost Delsman van Deltares. "De lage polders in het westen, daar kun je makkelijker water naartoe voeren. Toch hadden ze in 2018 ook daar last van watertekort, omdat de Rijn laag stond."

#### Minder afhankelijk

Droogte is funest voor de productie van boerenbedrijven, en daarmee de voedselvoorziening. Het goede nieuws: er zijn veel maatregelen die boeren kunnen nemen om grond- en oppervlaktewater langer vast te houden. Dat maakt ze minder afhankelijk van directe regenval. "Slootbodems verhogen, perceelstuwen die werken als dammen, druppelirrigatie in plaats van sproeien of zoet water opslaan in de bodem", somt

Delsman er een paar op.

Wat werkt op de ene plek, is niet overal even effectief. Dat is afhankelijk van ruimtelijke factoren: zit er veel zout in de bodem? Ligt een boerderij in een beekdal of op hoge zandgrond? Aangezien het kostbare aanpassingen zijn, is het belangrijk om vóór de aanleg kosten en baten zo goed mogelijk in beeld te hebben. Zo is de Regioscan Zoetwatermaatregelen ontstaan. Delsman: "Deze tool maakt inzichtelijk wat maatregelen kosten en welk effect waterschappen ervan kunnen verwachten in hun regio. Waterbeheerders kunnen zo lokale agrariërs adviseren over hoe ze zo efficiënt en goedkoop mogelijk zoetwaterbeschikbaarheid kunnen stimuleren."

#### Prototype in de polder

De onderzoekers begonnen met een prototype voor de Anna Paulowna-polder (Noord-Holland) en De Raam bij Grave (Noord-Brabant). Delsman: "We bekeken welke maatregelen op deze plekken gewasschade konden verminderen. Dat



# bestrijden op

verschilt per grond, grondwaterpeil en soort gewas. Het resultaat hebben we vertaald in euro's. Daarnaast hebben we gekeken of de resultaten van de Regioscan overeenkwamen met andere studies die lokaal al waren gedaan."

Daaruit bleek dat het prototype bruikbare informatie leverde, maar alleen voor die specifieke locaties. In Noord-Holland bleek het met name voor bollentelers interessant om zoet water in de bodem op te slaan. In De Raam verslaan weinig maatregelen de gangbare beregeningsinstallaties. Waterbeheerders hebben daar dus een flinke opgave. Ook bleek de tool nog moeilijk in gebruik. In de tweede fase, met een pilot in Chaamse Beken en Twello, is hard gewerkt aan de gebruiksvriendelijkheid en landelijke toepassing. Delsman: "Het droogteprobleem speelt in heel Nederland, daarom is het zinvol in meer gebieden en zelfs landelijk te rekenen."

## Interactieve kaart

De verbeteringen zijn geslaagd. Delsman:

"Op een interactieve kaart kunnen waterbeheerders bepaalde maatregelen of pakketten aanklikken om te zien wat de kosten en baten zijn, zonder dat de watervraag toeneemt. Ook kunnen ze bekijken wat er gebeurt als bijvoorbeeld twintig procent van de boeren maatregelen neemt. Wat is dan de meest kosteneffectieve combinatie? Aspecten als leefbaarheid of hoe iets eruitziet in de omgeving, dat moeten gebruikers zelf nog meewegen in hun beslissing."

Waterbeheerders kunnen met deze informatie goed geïnformeerde gesprekken voeren met agrariërs in hun regio. Uiteindelijk zijn het de boeren die beslissen of ze een maatregel wel of niet nemen. Waarom dan juist de waterbeheerders als uitgangspunt nemen, en niet de boeren zelf? Delsman: "Eerst kijken we juist breder, om de impact van maatregelen op grote schaal te berekenen. De volgende stap is lokaal, daarvoor is veel specifieke kennis nodig over een bedrijf en een bezoek aan de boer of gedetailleerd lokaal onder-

zoek. Door eerst breed te kijken, is het mogelijk te berekenen of het zin heeft om maatregelen te concentreren in bepaalde gebieden of zelfs provincies, zodat andere gebieden er ook van kunnen profiteren."

## Deltaprogramma

De nieuwe Regioscan is inmiddels al gebruikt in het Deltaprogramma om ook op nationale schaal de impact van zoetwatermaatregelen te berekenen. Zo bleek dat landbouwmaatregelen in specifieke gebieden rendabel zijn, maar zeker niet overal. Daarom is het essentieel zulke maatregelen te koppelen aan andere beleidsthema's - bijvoorbeeld wateroverlast. Haalt een maatregel baten op verschillende gebieden, dan weegt dat beter op tegen de kosten.

De volgende stap is waterbeheerders in heel Nederland te leren omgaan met de tool.

Delsman: "De kennis is al veel toegankelijker, maar het is belangrijk de resultaten goed te leren interpreteren. Daarin begeleiden Deltares, KWR en twee Wageningse instituten de waterschappen." ■

**Wie:** Deltares, KWR, Wageningen Environmental Research, Wageningen Economic Research en ingenieursbureau Acacia Water, Stowa - het kenniscentrum voor de waterschappen, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, waterschap Brabantse Delta, Zoetwaterregio IJsselmeergebied, Zoetwatervoorziening Oost-Nederland en Maasstroomgebied.

**Duur:** 2016 - 2020.

**Budget:** 400.000 euro.

**Vervolg:** de tool verspreiden bij alle waterschappen en gebruikers leren resultaten te interpreteren.



**Probleem:** Nederlanders gooien samen jaarlijks miljoenen kilo's voedsel weg. Voedselverspilling gebeurt overal: na de oogst, tijdens opslag en transport, in supermarkten en horeca en bij consumenten thuis. Dat is niet alleen zonde van goed voedsel, maar ook van alle grondstoffen, water en energie die nodig zijn voor de productie en vervoer. Dat heeft gevolgen voor het milieu en klimaat, circa zes procent van de totale uitstoot van broeikasgassen kan worden voorkomen door voedselverspilling te verminderen.



**TO2-oplossing:** WUR onderzoekt hoe we voedselverspilling kunnen voorkomen of verminderen en reststromen kunnen hergebruiken. Zo werken Wageningse onderzoekers aan het meten en monitoren van grondstoffefficiency en verspilling. Dat doen ze op nationaal niveau, per ketenschakel, per sector en voor individuele bedrijven.



**Impact:** het onderzoek en de aanjaagfunctie van WUR kan in 2030 de voedselverspilling halveren. Dit levert een belangrijke bijdrage aan een toekomstbestendig voedselsysteem (meer voedselzekerheid, minder negatieve effecten op klimaat). Voor Nederland betekent dat jaarlijks een miljoen ton aan voedselgrondstoffen extra binnen de voedselketen zo hoogwaardig mogelijk benutten.

Nederlanders verspillen ongeveer een kwart van al het voedsel. Zo'n zestig procent van het verspilde eten verbranden we. Dat is zonde van de miljarden euro's en van de gebruikte grondstoffen, water en energie, zegt Sanne Stroosnijder van Food & Biobased Research bij Wageningen University & Research. De Stichting Samen tegen Voedselverspilling, een 'ecosysteem' van bedrijven, organisaties, consumenten en overheid, wil koploper zijn in de wereld. Hiervoor kunnen we jaarlijks een miljoen ton aan voedselgrondstoffen extra binnen de voedselketen zo hoogwaardig benutten.

#### Honderd partijen

Als onafhankelijke kennispartner jaagt WUR inmiddels meer dan honderd partijen aan,

# Challenge: minder voedsel in de kliko



WUR

Niemand wil eten weggooiden, toch gebeurt het op grote schaal. Wageningse wetenschappers willen samen met consumenten, bedrijven en overheid in 2030 de voedselverspilling met de helft terugbrengen. Welke obstakels komen zij daarbij tegen?

van kleine startups tot grote corporates. Nationaal en per sector meet en monitort WUR verspilling en brengt verbeterkansen in kaart, bijvoorbeeld in de horeca. Stroosnijder: "In de Food Waste Challenge bleek hoe restaurants met eenvoudige ingrepen de verspilling met een vijfde kunnen terugbrengen." Een bekende hotelketen kwam zelfs tot een reductie van zeventig procent. Zo ziet WUR het graag. "Uiteindelijk zijn het de bedrijven, overheden en consumenten die het verschil maken."

#### De drie grootste belemmeringen volgens Sanne Stroosnijder:

1. Consumenten zijn een niet te onderschatten factor bij voedselverspilling. Maar een duurzame gedragsverandering is uitdagend. "Vaak zijn mensen zich niet eens bewust van hoeveel ze weggooiden." De Verspillingsvrije week in september, die de stichting samen met het Voedingscentrum organiseert, moet hierin verandering brengen, met extra aandacht voor houdbaarheid van producten (en het verschil tussen de houdbaarheidsdatum 'tenminste houdbaar tot' en 'te gebruiken tot').
2. Bij bedrijven zit voedselverspilling vaak verstopt in de bedrijfsvoering: inkoop, opslag, afvalverwerking. Een benchmark maakt inzichtelijk dat de ene supermarkt

veel verspilt met brood, terwijl de ander aan de slag moet met groente en fruit. Zo kunnen bedrijven met vergelijkbare problemen van elkaar leren. "We kwantificeren elke verspilling in kilo's en euro's, maar ook in termen van nutriëntenvoerloon en CO<sub>2</sub>-emmissies."

3. Het meest hardnekkig? Dat zijn systemische veranderingen. Dat vraagt namelijk om ketensamenwerking, bijvoorbeeld tussen horeca en leverancier. Zijn bedrijven bereid om data en ervaringen uit te wisselen en nieuwe afspraken te maken? "Soms heeft een kleine aanpassing in de planning al een groot effect." ■

**Wie:** WUR en consortium van honderd grote en kleine bedrijven, overheden, kennisinstituten en consumenten.

**Duur:** Stichting tegen Voedselverspilling is opgericht in december 2018 met 25 partijen, inmiddels is dat aantal verviervoudigd.

**Budget:** 900.000 euro per jaar voor monitoring, kennisvouchers, spelregels en beheer.

**Vervolg:** na 2021 verder met innovaties en oplossingen, vooral voor bovengenoemde knelpunten.





**Probleem:** de Noordzee wordt steeds drukker met windparken, zonnepanelen en scheepvaart. Veiligheid voor de scheepvaart, het milieu en de infrastructuur handhaven, is een steeds grotere uitdaging in een complexe internationale context.



**TO2-oplossing:** met data-analyse van de verkeersstromen en kwantitatieve en kwalitatieve risicoanalyses biedt MARIN inzicht in het veiligheidsniveau en impact van bijvoorbeeld nieuwe windparken of autonome schepen. Daarnaast onderzoekt MARIN samen met TNO en Deltares mogelijke veiligheidsmaatregelen.



**Impact:** het onderzoek van MARIN zorgt voor gedetailleerde en gedeelde kennis over veiligheid, zowel voor de scheepvaart als het marine-ecosysteem. TNO en Deltares voegen daaraan kennis rondom veiligheidsmaatregelen toe. Dit tezamen is een voorwaarde om gefundeerd en proactief verdere economische groei op zee mogelijk te maken.

# Verkeer op zee in goede banen



MARIN, TNO,  
Deltares

Windturbines, zonnepanelen, zeewierkwekerijen en scheepvaart - de Noordzee raakt steeds voller en wordt steeds drukker. Om te zorgen dat schepen, milieu en infrastructuur beschermd blijven, analyseert MARIN verkeersstromen. Met TNO en Deltares onderzoekt het instituut maatregelen om ongelukken te voorkomen en omgevingschade te beperken.

In het Nederlandse deel van de Noordzee zijn continu honderdvijftig koopvaardij-schepen onderweg. Die schepen krijgen een steeds grotere omvang en vervoeren steeds meer spullen, waaronder gevaarlijke stoffen. Bovendien varen er recreanten, vissers en een toenemend aantal werkvaartuigen. Tel daar het groeiend aantal parken met windturbines, zonnepanelen of zeewierkweek bij op. Verkeersveiligheid op de Noordzee is een steeds grotere uitdaging, vertelt Yvonne Koldenhof van MARIN. "Het is een snelweg dwars door een industrieterrein op zee. Aan beide kanten is de weg smaller en is er minder uitwijkruimte. Hoewel een auto met motorproblemen meteen stilstaat, blijft een schip bewegen."

## Trends in risico's

De kustwacht monitort schepen live en treedt waar nodig op. Sinds 2005 deelt ze data van scheepsbewegingen met MARIN. Onderzoekers gebruiken rekenmodellen en economische voorspelmodellen om te zien hoe de verkeerssituatie verandert, bijvoor-

beeld door extra windparken of zelfsturende schepen. Koldenhof: "Vroeger werden schepen alleen geteld, nu weten we precies hoe ze varen en waar ze elkaar kruisen. Dat geeft inzicht in mogelijke risico's en potentieel gevaarlijke verkeerssituaties."

Een belangrijk onderzoek betreft de gevolgen van een mogelijke aanvaring tussen schip en windturbine: kunnen molens tegen een stootje, kan bemanning het schip verlaten en wat is de kans dat gevaarlijke stoffen weglekken? TNO kan samen met MARIN de belasting op en de sterkte van de windmolens en schepen berekenen. Deltares analyseert dan de verspreiding en brengt met ecologische kennis van bijvoorbeeld NIOZ de milieuaspecten van toenemende drukte op de Noordzee in beeld.

## Veiligheidsmaatregelen

Bij de bouw van de eerste windparken werd de omgeving nog niet meegenomen. Inmiddels is er een integrale aanpak waarbij de overheid proactief bouwgebieden aanwijst om voor 2030 twaalfhonderd windturbines te realiseren. Koldenhof: "Daardoor stijgen

de aanvaringskansen voor schepen onderling gelukkig niet significant. Wel stijgt het verwachte aantal schepen dat tegen een windmolen aan drijft of vaart. We onderzoeken daarvan nog de gevolgen."

Mogelijke veiligheidsmaatregelen zijn actievere monitoring vanaf de wal en andere inrichting of belichting van nieuwe windparken. Of emergency towing vessels; sleepboten die een schip in nood helpen. Koldenhof: "Kennis over de verkeerssituatie is essentieel voor Nederlandse en internationale kaders voor verkeersveiligheid. De Noordzee houdt namelijk niet op bij de grens." ■

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

**Duur:** doorlopend, sinds 2013.

**Budget:** jaarlijks 200.000 - 500.000 euro.

**Vervolg:** plan van aanpak, monitoring, onderzoeksprogramma Wind op Zee en invulling Maritieme Veiligheidsbeleidskader.





**Probleem:** de noordkust van Java (Indonesië) kampt met massale kusterosie en overstromingen veroorzaakt door mangrove-ontbossing, niet-duurzame aquacultuur en grondwateronttrekking.



**TO2-oplossing:** Wageningen Marine Research en Deltares zijn partner in een innovatief kustherstelproject, dat werkt met kleinschalig 'zachte' bouwkundige ingrepen (waterdoorlatende dammen) die zorgen voor herstel van mangroves. Deze zijn afgekeken van de eeuwenoude Nederlandse techniek om de golfslag van de Waddenzee te breken. Dit voorkomt overstromingen en kusterosie, de mangroves komen terug en de teelt van onder meer garnalen is weer mogelijk.



**Impact:** het leidt tot herstel van de ecologische en economische veerkracht van twintig kilometer kustgebied, die met lokale middelen uitgebreid kan worden en in potentie dertig miljoen mensen beter beschermd tegen overstroming. Erosie wordt een halt toegevoerd, kustgemeenschappen krijgen nieuwe economische perspectieven met duurzame kweek van garnalen en vis.

Volgens Dolfi Debrot, senior onderzoeker bij Wageningen Marine Research, zijn er verschillende redenen voor de massale kusterosie in Noord-Java. Een daarvan was de garnalenteelt, waarvoor de bevolking mangrovebossen kapte en vijvers groef, waardoor het land steeds verder verzakte. Maar ook grondwaterwinning zorgde ervoor dat meer dan drie kilometer van de kustlijn verdween. Het maakte het gebied extra kwetsbaar voor noodweer en zeespiegelstijging en zorgde voor een afname van de visstand.

#### Veerkracht van de natuur

In 2015 startte een consortium van waterdeskundigen en kennisinstellingen een programma voor mangroveherstel op Noord-Java. Langs de kust kwamen honderd meter lange doorlatende dammen

# De natuur helpt graag een handje mee

WUR,  
Deltares

Ooit plaatsten eilandbewoners dammen van palen en takken in de Waddenzee om de golfslag te breken. Nu passen Wageningse wetenschappers, samen met Deltares en bedrijfspartners, deze eeuwenoude techniek toe voor herstel van mangroves op Java (Indonesië). Een kwestie van bouwen met de natuur, dat voorkomt dat de kustlijn verdwijnt.

van hout die het slib vasthouden, waardoor de bodem ophoogt en er mangroves kunnen groeien. Dolfi Debrot, die vergelijkbare projecten doet op de Antillen en in Bangladesh, kan zich nog steeds verbazen over de veerkracht van de natuur. "Je helpt een beetje door dammen te plaatsen en de mangroves te beschermen tegen golven en de natuur neemt het over. Op een paar uitzonderingen na is het niet nodig om bomen te planten, de ronddobberende zaden ontkiemen vanzelf."

#### Marker Wadden

Het project is een goed voorbeeld van bouwen met de natuur, een concept waarbij de natuur de risico's van klimaatverandering vermindert, zoals golfslag en zeespiegelstijging. Nederland past het onder meer toe in de oeverzones van Marker Wadden. Natuureilanden van zand, klei en slib worden zo aangelegd dat er voldoende voedsel beschikbaar komt voor vogels. Ook op Java herstelde de visstand in rap tempo, waardoor de lokale bevolking weer in haar levensonderhoud kan voorzien. Een nieuw experiment zijn dammen van minder

vergankelijke en lokale bamboepalen. Ze zijn makkelijker te onderhouden dan takken en kunnen als ondergrond dienen voor de mosselkweek. "De inkomsten geven de bevolking een extra stimulans om deze walletjes te onderhouden." Deze pilot kan door de lokale bevolking met lokale materialen over de Noord-Javaanse kust worden toegepast. ■

**Wie:** consortium van waterdeskundigen en kennisinstellingen (WUR, TU Delft, Deltares, EcoShape, Wetlands International) en plaatselijke overheden.

**Duur:** 2015-2021.

**Budget:** vijf miljoen euro, waarvan meer dan de helft ingebracht door betrokken partijen.

**Vervolg:** vanaf september 2020 starten drie NWO-onderzoekers met kweek van groene mosselen. Dit gebeurt op dammen van minder vergankelijke bamboestokken.



**Probleem:** om de zorg effectiever te maken is inzicht nodig uit gecombineerde data van verschillende zorgorganisaties. Het delen van die data is echter onwenselijk vanwege privacy of bedrijfsgevoeligheid.



**TO2-oplossing:** TNO ontwikkelde met partners in de zorg het Care for Data platform, gebaseerd op Secure Multi-Party Computation (MPC). Door de inzet van cryptografische technieken kunnen partijen statistische verbanden ontdekken en monitoren alsóf ze toegang hebben tot elkaars data, zonder data daadwerkelijk te delen of herleiden - niet met elkaar, niet met TNO, niet met andere partijen.



**Impact:** het Care for Data platform maakt continue analyse van zorgdata door diverse partijen mogelijk voor het meten van effectieve zorgtoepassingen, dit alles privacy-proof.



## Zorgdata veilig en 'privacy-proof' delen

TNO

**Het delen van gegevens tussen ziekenhuis en zorgverzekeraar maakt nuttige effectiviteitsanalyses mogelijk. Maar dat mag niet zomaar; privacy en dataveiligheid moeten gewaarborgd blijven. Daarom ontwikkelde TNO samen met partners het innovatieve platform Care for Data.**

De kosten voor zorg rijzen de pan uit in Nederland. Om de stijging in te dammen, worden nieuwe toepassingen van (digitale) zorg bedacht. Zo leveren zorgprofessionals van projectpartner Zuyderland Medisch Centrum zorg op afstand via een online coaching app aan patiënten met chronische darmontsteking. Dit leidt tot flinke kostenbesparing, terwijl de gezondheid en ervaren kwaliteit van de patiënten hoger is.

"Om te meten of zo'n app daadwerkelijk effectief is, en voor welke doelgroepen, moet je de resultaten continu analyseren", vertelt Pieter Verhagen, senior business development manager bij TNO.

### Multi-Party Computation

Maar in de zorg mag je niet zomaar data delen en daarom zijn analyses lastig te

maken of heel prijzig. TNO en partners bedachten daar iets op: Care for Data. "Met deze software kun je data uit diverse bronnen analyseren, zonder deze daadwerkelijk te delen of herleiden", aldus Verhagen. Care for Data is gebaseerd op Multi-Party Computation. Hierbij zorgen cryptografische technieken ervoor dat verschillende partijen (bijvoorbeeld ziekenhuizen en zorgverzekeraars) samen centraal data kunnen analyseren en conclusies kunnen trekken, zónder dat de partijen elkaars data ooit kunnen zien.

### Operationaliseren

De eerste fase, die startte in 2017, is nu succesvol afgerond. Met Care for Data hebben TNO en partners een prototype dat in staat is doorlopend inzicht te bieden in effectiviteit van zorg, zonder patiëntge-

gegevens te delen. "We zijn inmiddels gestart met de volgende stap: het systeem verder operationaliseren. Dat betekent dat we naast technische verbeteringen ook een waterdichte juridische analyse neerleggen, voordat we échte persoonsgegevens via het systeem gaan analyseren. Als dat allemaal goed gaat, kunnen we het systeem in 2021 in de praktijk inzetten." TNO zoekt nu naar zorgpartijen die Care for Data volgend jaar willen gebruiken. ■

**Wie:** TNO, in co-creatie met Zuyderland Medisch Centrum, zorgverzekeraar CZ en het Centraal Bureau voor de Statistiek binnen Techruption; het fieldlab verbonden aan de Brightlands Smart Services Campus in Heerlen, en de topsector HTSM.

**Duur:** Research en prototype: 2017-2020. Operationaliseren: 2020-2021. Opschalen 2021 en verder.

**Budget:** € 500.000.

# Vliegtuigverf zonder chroom-6



**Probleem:** verf met chroom-6 verlengt de levensduur van metalen objecten, maar kan na blootstelling leiden tot ernstige gezondheidschade.



**TO2-oplossing:** NLR heeft in samenwerking met AkzoNobel milieuvriendelijke alternatieven ontwikkeld die corrosie van metalen objecten tegengaan zonder schadelijk te zijn voor de gezondheid.



**Impact:** als dit leidt tot een bruikbaar alternatief, betekent dit dat de gezondheidsrisico's die gepaard gaan met werken met chroom-6 tot het verleden behoren.

Chroom-6 werd twintig jaar geleden nog vaak gebruikt in de verf van bruggen, treinen en vliegtuigen, omdat het goed werkt om corrosie tegen te gaan en schimmelvorming voorkomt. "Eigenlijk is het slecht voor alles wat leeft", zegt 't Hoen. Inmiddels is bekend hoe schadelijk chroom-6 is voor de gezondheid. Het kan leiden tot kanker en auto-immuunziekten, chronische longziekten en contacteczeem. Reden voor NLR om - in overleg met Defensie - op zoek te gaan naar een alternatief, dat minder schadelijk

NLR

Ludmila 't Hoen, onderzoeker bij Koninklijke NLR, is op zoek naar een verfsysteem zonder chroom-6, dat zelfs geschikt is voor vliegtuigvleugels.

is voor mens en milieu.

Een verfsysteem bestaat uit drie lagen. Allereerst de oppervlaktevoorbehandeling: een dun laagje waarin een chromaathoudende oplossing zit. Dan volgt de grondverf: deze laag heeft de grootste hoeveelheid chroom-6. Tot slot een chroomvrije toplaag. Chroom-6 heeft een bijzondere eigenschap: als chroom-6-houdende verf beschadigd raakt, dan vormt het chromaat een beschermlaag in de kras, waardoor het onderliggende metaal beschermd blijft.

## Uitzondering

Volgens Europese regels mag je geen chroomhoudende verf meer gebruiken op bruggen en treinen, maar voor de luchtvaart wordt een uitzondering gemaakt omdat er nog geen geschikt alternatief is gevonden. 't Hoen: "Verf op vliegtuigvleugels moet echt voldoende bescherming bieden bij beschadigingen. Anders is de veiligheid in het geding." NLR en AkzoNo-

bel onderzoeken samen of er andere corrosiewerende stoffen bestaan die goed mengen in de verf en geschikt is voor gebruik op vliegtuigen in de burger- en militaire luchtvaart.

## Magnesiumdeeltjes

AkzoNobel heeft twee varianten gevonden die goed werken: verf op basis van lithiumzout en verf met magnesiumdeeltjes. Beide lijken geschikt voor gebruik op vliegtuigen. "Een gedeelte van de testen en procedures hebben we al doorlopen om aan te tonen dat de bescherming langdurig is en het materiaal van vliegtuigen niet aantast", zegt 't Hoen.

Dat is lastig aantonen in een laboratorium, vandaar dat de verf eerst is getest op een klein stukje vliegtuig. Onderzoekers van de TU Delft hielpen bij het uitvoeren van corrosiemetingen en de resultaten waren veelbelovend. Dit najaar laat de Koninklijke Luchtmacht het eerste volledige vliegtuig spuiten in drie lagen chromaathoudende verf. Voordat Defensie de nieuwe verf kan gebruiken, moet gebruik van de verf eerst worden goedgekeurd door de Nederlandse Militaire Luchtvaart Autoriteit. Want dit is vereist voor alles wat de luchtwaardigheid van vliegtuigen kan veranderen en dus invloed kan hebben op de veiligheid. NLR ondersteunt de Luchtmacht bij de certificering van het chroomarme verfsysteem voor één type vliegtuig. ■



**Wie:** AkzoNobel en NLR.

**Duur:** twee jaar.

**Budget:** 190.000 euro.

**Vervolg:** certificering van een chroomarm verfsysteem voor gebruik op vliegtuigen en verder zoeken naar andere, nog betere technologieën voor chroomarme verf.





**Probleem:** antibioticagebruik in de veehouderij zorgt voor groeiende resistentie tegen antibiotica bij mensen en dieren. Veehouders vrezen dat een reductie in gebruik ten koste gaat van productie en opbrengst.



**TO2-oplossing:** onderzoek van WUR toont aan dat maatwerkadvies van dierenartsen over diergezondheidsmanagement in de slachtkuiken- en varkenssector bijdraagt aan het verminderen van het gebruik van antibiotica. De angst dat antibioticareductie voor productieverlies en een verslechtering van de concurrentiepositie zorgt is ongegrond.



**Impact:** sinds 2009 is er een reductie van 58 procent (varkens) en 74 procent (vleeskuikens) van het gebruik van antibiotica door meer preventief diergezondheidsmanagement door maatwerkadvies van WUR. Daarbij heeft een daling van het antibioticagebruik geen nadelige invloed gehad op de economische resultaten van de bedrijven.

# Minder antibioticagebruik, meer diergezondheid



WUR

**Sinds 2009 daalde het gebruik van antibiotica in de veeteelt fors. Veebedrijven vreesden voor productieverlies en verslechtering van de concurrentiepositie. Ten onrechte, blijkt uit een onderzoek van Wageningen University & Research naar vleeskuiken- en varkensbedrijven.**

Expats kijken ervan op dat Nederlandse artsen zo terughoudend zijn met het geven van antibiotica. In het buitenland worden deze veel vaker voorgeschreven. Maar antibioticaresistentie, waardoor infecties niet meer effectief zijn te bestrijden, is een groot gevaar voor de volksgezondheid. In de veeteelt werden antibiotica tot 2009 nog wel veel toegediend. Inmiddels is het gebruik teruggebracht met 69 procent. Zonder aantoonbaar negatief effect op de productie, blijkt uit een Wageningse steekproef in 2019 onder vijftienhonderd varkens en vleeskuikenbedrijven. Dat is belangrijk nieuws voor Nederland, maar ook voor de landen die nog wel veel antibiotica gebruiken, zegt Ron Bergevoet van Wageningen Economic Research, onderdeel van WUR.

## Knop omzetten

Wereldwijd is nog maar weinig onderzoek

gedaan naar de economische effecten van maatregelen die antibioticagebruik terugdringen. Voor de reductie bij vleeskuiken- en varkenshouders werden relatief eenvoudige en goedkope maatregelen uitgevoerd, vertelt de onderzoeker economie van diergezondheid. Voor de veehouders kwam het vooral neer op 'de knop omzetten' en nieuwe routines aanleren op het gebied van diergezondheidsmanagement. Denk aan meer aandacht voor hygiëne, gebruik van pijnstillers, ontstekingsremmers of preventieve vaccinaties als vervangende maatregelen voor antibioticagebruik. De grootste daling (van 74 procent) werd gehaald bij de vleeskuikenhouders, deels dankzij de introductie van langzaam groeiende slachtkuikens met meer ruimte per dier en minder 'kinderziektes'. De varkenshouders bereikten een reductie van 58 procent. Een centrale rol was daarbij weggelegd voor dierenartsen, die vanuit een

coachende rol alternatieven aanreikten. En per bedrijf een risicoprofiel en adviezen op maat over diergezondheid. "Gezonde dieren produceren beter dan zieke dieren, met betere resultaten tot gevolg."

## Vervolgonderzoek

Nog niet alle veehouders omarmen het nieuwe beleid enthousiast. Juist naar deze groep is aanvullend onderzoek nodig om nog een volgende stap in de reductie te realiseren. "Van de voorlopers weten we dat ze meer openstaan voor hun omgeving en minder beren op de weg zien." Maar hoe haal je de veehouders over die reductie van antibiotica op hun bedrijf nog niet weten te realiseren? Vervolgonderzoek van WUR moet uitwijzen hoe zij alsnog gaan meedoen. ■

**Wie:** Wageningen Economic Research, hogescholen en testlocaties.

**Duur:** 2019 (een jaar).

**Budget:** 90.000 euro.

**Vervolg:** projecten naar verder terugdringen van antibioticagebruik, projecten rond kritische succesfactoren die leiden tot minder gebruik.



**Probleem:** het aantal ongewenste drones neemt toe, niet alleen onder particulieren. Steeds meer krijgsmachten en staatloze groeperingen zetten drones in als wapen. Drones worden steeds kleiner, kunnen langer en volledig autonoom vliegen zelfs in formatie met grote aantallen. Het maakt de bestrijding van ongewenste drones lastiger.

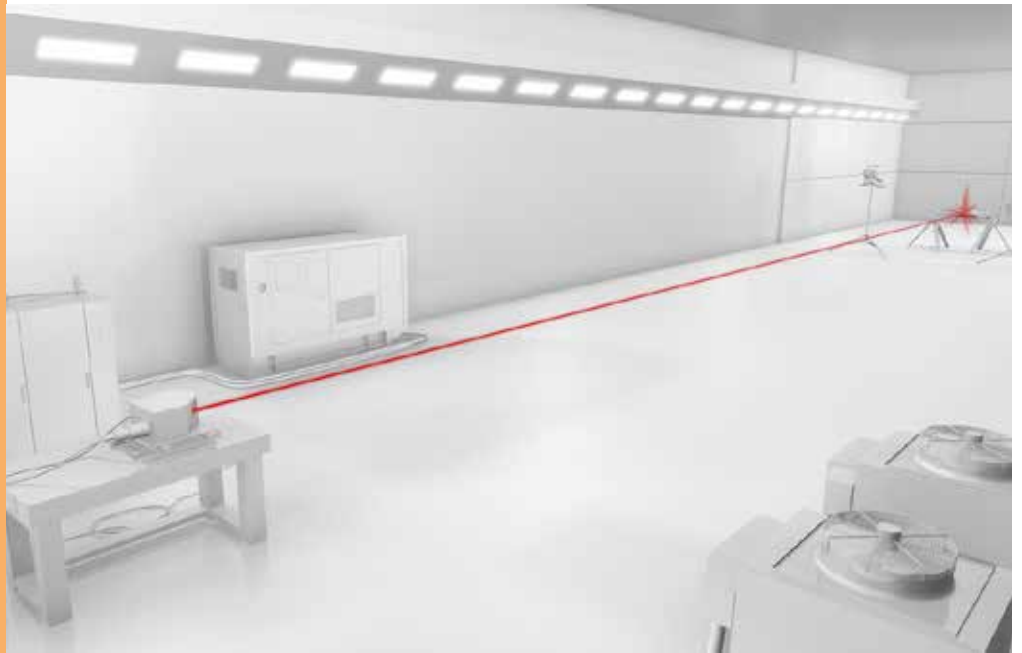


**TO2-oplossing:** TNO ontwikkelt, in samenwerking met NLR, verdedigingswapens tegen drones op basis van high energy laserstralen. Dit zijn wapens die ook tegen andere doelen zoals vijandige munitie en raketten zijn in te zetten.



**Impact:** de droneverdedigingswapens van TNO en NLR maken de Nederlandse krijgsmacht weerbaarder tegen drones en op termijn andere dreigingen. Bovendien kan Nederland met de techniek van high energy laser, zogenaamde optica, een internationale speler worden.

# Licht als wapen



TNO,  
NLR

**Licht om vijandige drones uit de lucht te halen en straks ook raketten op afstand te houden. Een team van wetenschappers en ingenieurs van TNO en NLR werkt in opdracht van Defensie aan de ontwikkeling van high energy laser verdedigingswapens.**

“Het verhaal gaat dat Archimedes met een zonnespiegel een vijandig schip op zee in brand zette. Hoe dan ook, het idee achter deze techniek is al heel oud”, vertelt Federica Valente, Business Development Manager Protection, Munition and Weapons bij TNO. “High energy laserwapens die laserstralen via telescoopenlenzen en spiegels snel op een bepaald punt brengen, zijn de laatste jaren interessanter geworden voor de krijgsmacht en daarmee voor TNO. De industriële

wereld gebruikt laserstralen om door staal te snijden, vandaaruit ontstond de techniek om laserstralen met een hoge temperatuur en scherpe focus vijandige voorwerpen als drones uit de lucht te laten halen.”

## Kleine spiegeltjes

Een straal kan van een paar meter tot kilometers ver reiken, maar de kracht neemt af. Het vermogen van de straal bij de start van de lancering en de afstand tot het doel zijn bepalend voor het effect. Door de technologie die TNO ontwikkelt, is het mogelijk om de verstoring van de laserstraal in de atmosfeer continu te corrigeren. Federica: “Vooral de atmosfeer is van invloed op de werking van de straal. Wind, regen of vocht in de lucht verstoren het effect. Druppels breken de kracht van de laserstraal, ze werken als spiegeltjes die het licht verstrooien.”

Regelmatig testen de ontwikkelaars van TNO de werking van het laserwapen en evalueren de modellen. Federica: “Elke drie maanden gaan we een paar weken de bunker van TNO in. Die is aangepast aan het hoge vermogen van de laser van dertig kilowatt. Er kan zelfs een pantserwagen de bunker in om als doel te fungeren.”

Defensie vroeg TNO en NLR in 2014 om kennis op te bouwen voor de toekomstige (mogelijke) aanschaf van laserwapens. Federica: “Amerika en Duitsland waren toen de enige spelers in deze markt. Met de jaren groeiden onze kennis en expertise. Nu we de techniek snappen, werkt TNO mee aan de ontwikkeling van laserwapens in Europese consortia. Ons sterkste punt is dat we kennis vanuit verschillende domeinen - zoals wapeneffectiviteit, atmosferische propagatie, sensoren en optica - combineren met de unieke *advanced optics*-technologie.” ■

**Wie:** TNO samen met Defensie en NLR.

**Duur:** start 2014, verlenging 2020-2024.

**Budget:** de komende vier jaar: 2 miljoen euro.

**Vervolg:** het ontwikkelen van een volledig Europees laserwapen en de Nederlandse krijgsmacht adviseren en ondersteunen bij invoeren van laserwapens in haar arsenaal.

# Veilig en snel data versturen via satellieten

TNO

TNO Space & Scientific Instrumentation maakt veilige breedbandconnectiviteit mogelijk die de groeiende vraag naar data ondersteunt. Nederland en Europa varen er wel bij: het zal bedrijven in staat stellen nieuwe producten en business te realiseren en hun concurrentiepositie te verbeteren.



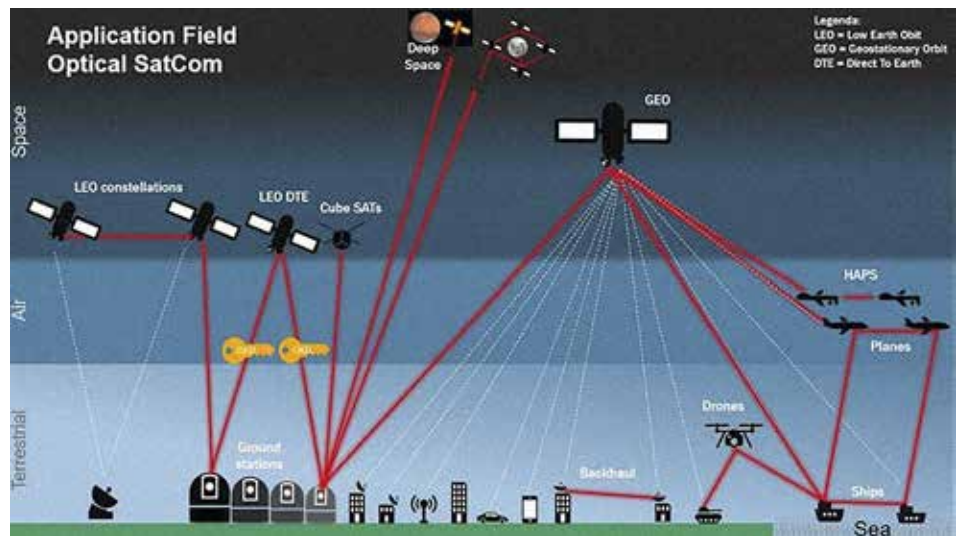
**Probleem:** de uitwisseling van data groeit het komende decennium exponentieel. De huidige infrastructuur voor communicatie met radiofrequenties loopt tegen z'n grenzen aan, is te detecteren, af te tappen en te verstoren. De kans op schaarste aan beschikbare communicatie breedte neemt toe.



**TO2-oplossing:** TNO werkt aan lasersatellietcommunicatie, dat via lasersignalen gebruik maakt van satellieten om informatie te verzenden tussen optische communicatieterminals op de grond, in de lucht, op zee en in de ruimte.



**Impact:** de lasers maken grotere gegevensoverdracht mogelijk, zijn beter te beveiligen en zeer moeilijk te detecteren. Financiële instellingen kunnen veilig hun bankverkeer afhandelen en telecombedrijven verwerken zo grotere hoeveelheden data. Verder kunnen mobiele operaties door defensie (bijvoorbeeld in vliegtuigen) veilig communiceren. Deze baanbrekende techniek die TNO samen met de Nederlandse hightechindustrie, eindgebruikers en diverse internationale partijen op de markt wil zetten, versterkt de Nederlandse positie in het internationale speelveld en levert hoogwaardige werkgelegenheid in de hightechindustrie.



scheppen, af te luisteren of te verstoren, vertelt Truyens. "TNO ontwikkelt technologie waarbij netwerken van honderden satellieten over duizenden kilometers data tussen elkaar uitwisselen en met gebruikers op de grond. De datalinks zijn supersnel en zeer veilig. Nieuwe constellaties van dergelijke satellieten met laserlinks ertussen kunnen de dataverbindingen naar iedere plek op de wereld transporteren. We kunnen bijvoorbeeld data beveiligen met encryptiesleutels op basis van quantumtechnologie. Je kunt vanuit een satelliet een quantum sleutel naar zowel een kantoor in Amsterdam als New York versturen. Daarna zorgt de sleutel ervoor dat het netwerk over de grond tussen deze twee steden veilig is."

"TNO helpt bedrijven bij research en innovatie om de benodigde nieuwe systemen te realiseren. We ontwerpen bijvoorbeeld deze systemen en bouwen demo-modellen en prototypes om de technologische haarbaarheid aan te tonen. We hebben al uitgerekend: het kan de Nederlandse Hightech en Space industrie een business perspectief van vijf miljard euro opleveren." ■

**Wie:** TNO werkt samen met Nederlandse bedrijven in de optomechanica, FSO Instruments (VDL, DEMCON, Nedinsco and Hyperion Technologies) en ruimtevaartbedrijven zoals Airbus Defence & Space.

**Duur:** in 2019 waren de eerste testen met de stabiliteit van de laserstraal tussen twee grondterminals. Binnen een paar jaar zullen naar verwachting de eerste commerciële orders voor serieproductie van de lasercommunicatie apparatuur worden gerealiseerd. Het doel is om in een nieuwe Hightech waardeketen te realiseren die de serieproductie doet.

**Budget:** voor de komende vijf jaar is 170 miljoen euro nodig, dit gaat over technologie-ontwikkeling, innovatie en overbruggen 'valley of death'.

**Vervolg:** werken met ketenpartijen aan het verwerven van het benodigde budget en verder uitbouwen toekomstige product markt combinaties.

De opkomst van Internet of Things, zelfrijdende auto's of bijvoorbeeld digitale oplossingen 'op afstand' in de zorg: de uitwisseling van data neemt de komende jaren explosief toe en dat moet veilig gebeuren. TNO werkt daarom aan de ontwikkeling van technologieën voor laser satellietcommunicatie, die grotere hoeveelheden data sneller en veiliger kan versturen. "Wij ontwikkelen samen met bedrijven optische subsystemen (zoals geavanceerde optomechanica) en lasercommunicatieterminals voor op de grond, in de lucht, op zee en in de ruimte", zegt senior business developer Niel Truyens van TNO.

## Voorbeelden

Door de extreme smalle laserbundel is lasercommunicatie erg moeilijk te onder-





# Containers ~~overboord~~ aan



**Probleem:** een schip heeft containers verloren op de Noordzee die vervuiling veroorzaakten in kwetsbaar natuurgebied op de Waddeneilanden.



**TO2-oplossing:** MARIN en Deltares brachten de impact van golven op (ultragrote) containerschepen in kaart, specifiek in extreme zeecondities en in ondiepe delen van de Noordzee.



**Impact:** op korte termijn helpt deze kennis de overheid en kustwacht om kapiteins op deze routes te adviseren en te waarschuwen voor slechte weersomstandigheden. Op de lange termijn leidt het mogelijk tot betere vaarroutes op internationaal niveau, Bijvoorbeeld met Duitsland als het gaat om de Waddenzee. Hoewel de opties voor het ontwerpen van containerschepen beperkt zijn, dragen de onderzoeksresultaten toch bij als input voor scheepsontwerp.

MARIN,  
Deltares

**342 containers sloegen in januari 2019 overboord van het schip MSC Zoe, voor de kust van de Waddeneilanden. Een groot aantal spoelde aan middenin een kwetsbaar natuurgebied. Hoe is zo'n ramp in de toekomst te voorkomen? MARIN en Deltares onderzochten het voor de Onderzoeksraad voor de Veiligheid.**

Van de 226 miljoen containers die schepen elk jaar wereldwijd op zee vervoeren, raken er volgens de officiële statistieken veertienhonderd te water (World Shipping Council 2019). Een relatief klein aantal, maar de impact op de omgeving kan groot zijn.

## Reconstructie

Om effectieve maatregelen te nemen, moet eerst duidelijk zijn waar het misgaat. Wat kan een ultragroot containerschip in problemen brengen in dit specifieke stuk zee? Nogal wat, ontdekten MARIN en Deltares tijdens hun reconstructie van de storm. "We hebben niet dé oorzaak van het ongeluk met de MSC Zoe onderzocht", zegt

Bastien Abeil, projectleider bij MARIN. Het schip voer onder de vlag van Panama en dus leidt dat land het onderzoek. De Nederlandse instituten hebben onderzocht hoe een schip van dezelfde grootte beweegt bij vergelijkbare weersomstandigheden. Daarbij keken ze naar het effect van de golven en het ondiepe water – kenmerkend voor dit gebied in de Noordzee – op een schip. Abeil: "Als je alleen zou kijken naar de oorzaak van het ongeluk, focus je op één fenomeen en zie je andere mogelijkheden misschien over het hoofd."

## Storm simuleren

Deltares simuleerde de weersomstandigheden op 1 en 2 januari 2019 met een water-

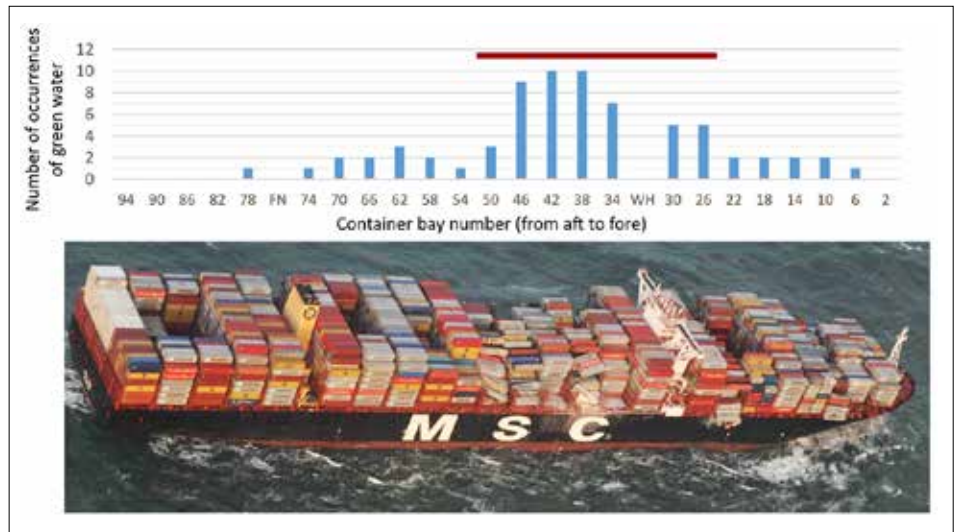
bewegingsmodel, ontwikkeld door Deltares en de TU Delft. Op basis van deze berekeningen en gemeten data zoals het getij en weeromstandigheden, reconstrueerden ze hiermee wind, waterniveau, golven en stroming op de vaarroute gedurende de storm. In het bewuste gebied lopen twee routes: de noordelijke was op dat moment zo'n 35 tot veertig meter diep en de zuidelijke tussen 21 en 27 meter (on)diep. Met die gegevens konden onderzoekers van MARIN gaan rekenen. Toen liepen ze echter tegen een probleem aan. Abeil: "Schepen varen voornamelijk in diep water, daar zijn de wiskundige modellen wereldwijd op gebaseerd. Een volledige impact van golven op schepen in ondiep water kunnen we simpelweg nog niet berekenen."

De oplossing: een proef in het testbassin van MARIN. MARIN bouwde een schaalmodel van een ultragroot schip, alleen 63 keer kleiner. Op ware grootte kan zo'n schip 22.000 standaardcontainers van zes meter lang vervoeren. Een beladen schip heeft een diepgang van ruim vijftien meter. Het model werd uitgerust met meet-





Bastien Abeil



apparatuur en onderwatercamera's om alle bewegingen te meten en observeren. Ook de waterdiepte moest op schaal. Abeil: "Normaal gesproken is ons testbassin tien meter diep. Nu moesten we de beweegbare vloer instellen op kniehooft, dertig tot veertig centimeter onder de oppervlakte."

#### Combinatie van factoren

Wat ontdekten ze? Allereerst: er is zoiets als een té stabiel schip. Tot voor kort onderzochten wetenschappers vooral de gevolgen van te lage stabiliteit, daardoor kunnen schepen namelijk omslaan. Hoe breder een schip, hoe stabiel. Het schommelt dan niet langzaam maar snel. Toen de 'slingerperiode' van dit model dichtbij de periode van de golven kwam, versterkten ze elkaar en ontstonden grote slingerhoeken, tot wel zeventien graden. "Schippers noemen dat extreem. Het model werd flink geschud en raakte zelfs de bodem", vat Abeil samen. Daarnaast maten de onderzoekers de impact van de golven. De containers staan normaal gesproken achttien meter boven het water. Doordat brekende golven tegen

de zijkant van het slingerende schip sloegen, bereikten ze de onderste laag containers van het schaalmodel. "Daar is de rest van de stapel - zo'n vijf containers - aan verankerd. Hierdoor kunnen containers kapotslaan, of hele stapels vallen om als dominostenen."

Tot slot sloeg er water tegen de romp en veroorzaakte trillingen in de romp die nog extra kracht uitoefenden op de containers. Containers worden aan boord verankerd, maar hoeveel kracht die verbindingen in de praktijk aankunnen is onbekend. Of verankering altijd goed gebeurt, is een tweede vraag.

#### Trend

Wat kunnen we nu met deze kennis? Abeil: "In eerste instantie kan de kustwacht adviezen geven zodat de kapiteins zich meer bewust zijn van de risico's als ze in dit gebied gaan varen. De golven en bodem kunnen we niet veranderen. De routes en het scheepsontwerp eventueel wél. Zo kunnen we deze nieuwe kennis over stabiliteit gebruiken bij het ontwer-

pen van schepen."

Wat de routes betreft: een vaarroute verbieden of verleggen is niet zo simpel. In het overgrote deel van de Noordzee heeft Nederland niet als enige zeggenschap.

Met dit onderzoek van de Onderzoeksraad voor de Veiligheid kan de overheid onderzoeken welke maatregelen het meest passend zijn en daarvoor internationale steun zoeken. ■

**Wie:** Deltares, MARIN en Onderzoeksraad voor de Veiligheid.

**Duur:** één jaar (2019).

**Vervolg:** onderzoek naar de situatie voor kleinere schepen in dit gebied, in opdracht van het ministerie van Infrastructuur & Waterstaat.



**Probleem:** de coronacrisis heeft grote impact op onze samenleving en de wereldeconomie. Er is behoefte aan kennis en deskundigheid om acute problemen en tekorten, ontstaan door de coronacrisis, op te lossen.



**TO2-oplossing:** TNO zet haar innovatiekracht in om oplossingen te vinden die snel inzetbaar zijn voor de bestrijding van het coronavirus. Het speciaal opgerichte 'Brains4corona-team' van TNO coördineert projecten die door eigen medewerkers zijn bedacht en gestart én beantwoordde corona-gerelateerde vragen die door derden aan TNO zijn gesteld.



**Impact:** op korte termijn bedacht TNO een verzameling van oplossingen, van klein tot groot, die bijdragen bij aan de strijd tegen het coronavirus. Zo kan een sneltest voor coronabesmetting de drukke, bestaande teststraten ontlasten.



# TNO zet brains in tegen

TNO

Toen in maart de coronacrisis in alle hevigheid uitbrak, zette TNO haar innovatiekracht in om de coronacrisis te bestrijden. Onder de naam Brains4corona bedachten medewerkers tientallen voorstellen, waarvan er een aantal in heel Nederland zijn toegepast.

TNO voelde zich in maart 2019 direct geroepen om bij te dragen aan de coronacrisis. Het idee ontstond bij Peter Werkhoven, lid van de Raad van Bestuur, die de 'brains' van TNO'ers wilde inzetten tegen het virus. Vanuit alle gelegingen van TNO kwam hulp van medewerkers. Liefst 79 voorstellen dienden zij in, waarvan er 21 werden geselecteerd. Er was wel een belangrijke randvoorwaarde. De projectvoorstellen moesten binnen acht tot tien weken tot een oplossing leiden en praktisch toepasbaar zijn. "Normaal gesproken doen wij als instituut onderzoek en research met langere aanlooptijden. Door het acute probleem van de coronacrisis moesten we snel handelen", zegt Jaap Lombaers, die als Directeur Kennismanagement en Partnerships het programma Brains4corona leidde.

#### Veelbelovende projecten

De projecten varieerden van het ontwikkelen van koelvesten tegen oververhitting bij

het dragen van coronakleding in ziekenhuizen tot een model dat Nederlandse ziekenhuizen helpt beter te reageren op het aantal patiënten dat op de IC's terecht komt. Inmiddels zijn de meeste projecten afgerond en uitgevoerd. Lombaers noemt drie succesvolle projecten:

#### 1. Expertpanel beantwoordt vragen van ziekenhuizen over huisvesting en luchtbeheersing in het kader van corona

Er waren veel vragen van ziekenhuizen: wat te doen met hun installaties als een reguliere verpleegafdeling werd omgebouwd tot een afdeling voor coronapatiënten. Moet je de instellingen aanpassen, wat zijn besmettingsrisico's? De unit BIM (Buildings, Infrastructure & Maritime) van TNO heeft veel kennis over klimaat- en luchtbehandeling van installaties in gebouwen. Zij zochten contact met experts van andere instellingen en hebben de handen ineengeslagen. Vanaf maandag 23 maart 2020 was een helpdesk ingericht door





# bestrijding corona

TNO, samen met Royal Haskoning DHV, VCCN en TU Eindhoven, om vragen van ziekenhuizen over klimaat- en luchtbehandeling te beantwoorden. Tientallen ziekenhuizen en verzorgingstehuizen zijn zo van praktische adviezen voorzien.

## 2. Sneltest voor coronabesmetting

TNO heeft een test ontwikkeld die in een uur tijd een uitslag geeft, de zogenaamde LAMP-test: loop-mediated isothermal amplification. Het is een techniek om genetisch materiaal sneller te kunnen analyseren om het coronavirus te traceren. De techniek is eerst acht weken in het TNO-lab getest en is daarna in samenwerking met de GGD en het RIVM ingezet tijdens een teststraat in de RAI Amsterdam. Bij succes volgt verdere opschaling. De sneltest, die werkt met een wattenstaafje dat weefsel uit de keelholte haalt, kan een oplossing zijn om de bestaande, overbelaste teststraten te ontzien. Door de veel snellere uitslag dan bij bestaande testen die

een tot twee dagen vergen, komen nieuwe nuttige toepassingen in beeld. Denk bijvoorbeeld aan het testen van vliegreizigers direct bij hun check-in.

## 3. ICT-tool voor vraagbundeling van winkels

Mensen gingen tijdens de coronacrisis meer online bestellen. Grote bedrijven hebben dat bezorgproces goed geregeld, maar voor het mkb was het lastig om efficiënte, betaalbare thuisbezorging op te zetten. TNO ontwikkelde het thuisleveringsconcept PUPPY (Pop-Up, Pick-Up and Home Delivery). Via een online portaal kunnen klanten bij verschillende winkels bestellen. De thuisbezorging voor deze winkels wordt vervolgens gecombineerd. De winkeliers zetten de bestellingen klaar, een logistieke partij haalt het op en bezorgt ze bij de klant. Of de klant kan de bestellingen ophalen op de centrale verzamelplaats in de wijk. Het concept is in Dronten en Kampen getest en daarna zijn

alle lessons learned vrijgegeven. Winkelcentra en winkeliersverenigingen gebruiken deze oplossing op meerdere plekken in Nederland.

Los van de eigen projecten is TNO tijdens de coronacrisis vaak benaderd door externe partijen voor vragen en hulp rondom corona. Reden om een multidisciplinair team (op het gebied van gezondheid, infrastructuur, ICT) samen te stellen om de binnenkomende vragen te behandelen of door te verwijzen naar de juiste plek.

## Onorthodoxe aanpak

Het succes van de onorthodoxe aanpak (geen jarenlang onderzoek en research, maar snel tot een praktische oplossing te komen) van Brains4corona heeft TNO aan het denken gezet. Lombaers: "Het boorde de creativiteit aan in de hele organisatie. Collega's waren gedreven en vonden het zo leuk, dat we met deze aanpak doorgaan. We denken erover na om een of twee keer per jaar op vergelijkbare wijze een maatschappelijk probleem aan te pakken, waar we snelle en praktische oplossingen voor verzinnen. Denk aan het tekort in de woningbouw of vereenzaming onder ouderen, thema's die ons allen raken." ■

**Wie:** TNO in samenwerking met (semi)overheden, instellingen en het bedrijfsleven. Zo werkte TNO in het expertpanel/helpdesk samen met TU Eindhoven, VCCN en Royal HaskoningDHV.

**Duur:** acht tot tien weken.

**Budget:** circa 1,5 miljoen euro voor de uitvoering van de 21 geselecteerde projecten.

**Vervolg:** enkele projecten krijgen een vervolg. Zo onderzoekt TNO of ze de sneltest voor het coronavirus kunnen doorontwikkelen, vergelijkbaar met een zwangerschapstest. En in bredere perspectief: TNO wil vaker maatschappelijk issues oppakken om snel toepasbare oplossingen te realiseren.



**Probleem:** data over corona uit de gezondheidszorg is slecht beschikbaar voor wetenschappers en professionals. Terwijl dit wel nodig is voor het in kaart brengen van de verspreiding van het coronavirus en het verbeteren en opschalen van diagnostiek.



**TO2-oplossing:** het Virus Outbreak Data Network (VODAN) zorgt dat ziekenhuizen coronadata FAIR delen, dat wil zeggen dat de data Findable (vindbaar) Accessible (toegankelijk), Interoperable (uitwisselbaar) en Reusable (herbruikbaar) is, zowel voor mensen als machines. Waarna een koppeling mogelijk is met FAIR data van onderzoeksinstituten, bedrijven en overheden. WUR stelt data beschikbaar en gaat op zoek naar bruikbare allianties.



**Impact:** nu en bij toekomstige virusuitbraken kunnen we sneller verbanden tussen data leggen, gericht opschalen voor het testen. In het geval van Wageningse onderzoekers bijvoorbeeld met onderzoek naar luchtkwaliteit of uitbraken in nertsenfokkerijen.



# Data (direct) delen was nog nooit zo belangrijk

WUR

De uitbraak van corona is een kans om serieus werk te maken van het FAIR delen van (medische) data, vinden internationale wetenschappers. In een netwerk (VODAN) mobiliseren ze ziekenhuizen en andere eigenaren van relevante data om deze direct wereldwijd beschikbaar te maken. Aan Wageningen University & Research, onderdeel van VODAN, zijn ze hier al volop mee bezig.



**H**oe het mis kan gaan met het delen van data, zegt Ben Schaap van het Wageningen Data Competence Center, bewijst de gang van zaken rond ebola. Over de uitbraken van de afgelopen jaren is nauwelijks data vindbaar en, voor zover ze er zijn, al helemaal niet raadpleegbaar. En daarmee is het onmogelijk om gegevens te vergelijken of te hergebruiken. “Wetenschappers uit Europa en de VS namen monsters en verzamelden data, maar de artsen en wetenschappers in Afrika kregen zelf nooit de beschikking over deze logboeken en gegevens. Waardoor bijna niemand in Afrika van de eigen data kon leren.”

Het onderstreept voor Ben Schaap het belang van FAIR data. De Europese Commissie omarmt het principe van FAIR data.

Er wordt gewerkt aan een European Open Science Cloud (EOSC) waarin deelnemers data FAIR kunnen delen. GO FAIR, een initiatief van Nederland, Frankrijk en Duitsland, werkt sinds 2017 aan de implementatie van de FAIR data-principes in een Europese open science cloud.

### Treintjes

De coronacrisis werkt volgens Schaap als een snelkookpan: opeens ziet iedereen hoe belangrijk het is dat data internationaal toegankelijk is voor wetenschappelijk onderzoek. Dat maakt de wereldwijde pandemie ‘een ideale case’ om het belang van FAIR data te onderstrepen en sneller een antwoord te vinden op urgente vragen. Wat zijn de belangrijkste symptomen van corona, hoe lang bezet een patiënt de intensive care? De antwoorden staan in de patiëntgegevens die inmiddels ziekenhuizen met elkaar delen.

Nu richt dit Virus Outbreak Data Network zich voornamelijk op patiënten data, maar Schaap ziet ook mogelijkheden in combinatie met onderzoekgebieden van WUR. Zo beschikt Wageningen over omgevingsdata die relevant kan zijn voor corona, zoals bijvoorbeeld luchtkwaliteit. En doet Wageningen onderzoek naar uitbraken van corona in bijvoorbeeld de nertsenhoudery, waarbij onderzoekers veel leren over de transmissie van het virus van mens op dier. Met deze data is er wellicht in combinatie met (FAIR) verspreidingsdata van het RIVM beter inzicht te geven in de verspreiding van het virus.

Mogelijk zijn ook met data over de luchtkwaliteit interessante links te leggen. Hebben patiënten in regio's met een slechte luchtkwaliteit bijvoorbeeld meer last van corona? “Hoe meer experts naar een probleem kijken, des te beter inzicht we krijgen in de beheersing ervan”, denkt Schaap. Het netwerk is nu vooral bezig met de voorwaarden om de data op te slaan. Daarvoor worden datastations gebouwd. Straks komen ‘treintjes’ met algoritmes langs de datastations van onderzoeksinstituten om resultaten op te halen voor verdere analyse.

### Cultuuromslag

WUR zelf wil dat over vier jaar alle data FAIR zijn, maar het zal nog even duren voordat iedereen deze stap heeft gezet.

“Het is een cultuuromslag en dat kost tijd.” Een wetenschapper met een prachtige dataset is niet gewend om deze direct beschikbaar te maken voor anderen. “Die wil eerst zelf publiceren voordat anderen inzage krijgen. Toch is dat laatste precies wat we met FAIR data willen.” De data science alliance manager merkt dat de FAIR data-principes steeds meer toepassingen krijgen. En uiteindelijk vragen steeds meer onderzoekfinanciers zoals NWO om de data FAIR te maken.

### Digital twins

Een volgende stap is dat de data ook van meet af aan bruikbaar is voor machine learning en artificial intelligence en daarmee het verloop van corona beter kan voorspellen. Op andere onderwerpen, zoals tomatenkweek, diëten en preciselandbouw, werkt WUR al met zogeheten digital twins, digitale modellen die deze processen volledig digitaal nabootsen. Een voordeel van een digital twin-model is dat deze voortdurend wordt geüpdate wanneer er iets verandert in de kas, op de weegschaal of in de stikstofkringloop op een boerderij. Het model is daardoor steeds nauwkeuriger, ook in de voorspelling van ontwikkelingen in de toekomst. Voorlopig is dat nog toekomstmuziek, benadrukt Schaap. Daarvoor kun je immers alleen data inzetten waarvan de herkomst bekend is. “Met andere woorden: ook de metadata van modellen moet machine readable zijn. Zodat we erop kunnen vertrouwen dat de data FAIR is, gegenereerd door de modellen.” ■

**Wie:** GO FAIR Foundation, ZonMW, LUMC en diverse universiteiten in Nederland (WUR, Universiteit Twente) en de rest van de wereld.

**Duur:** startte bij de uitbraak van corona (Go FAIR startte in 2017).

**Budget:** onderdeel van ontwikkeling op Data Driven & High Tech en Digital Twins ongeveer 3.1 miljoen euro per jaar.

**Vervolg:** met FAIR data is met artificial intelligence en machine learning het verloop van een virusuitbraak te voorspellen.





## WUR

## Natuurlijke bestrijding eikenprocessierups werkt

In de afgelopen jaren is in Nederland de overlast door de eikenprocessierups sterk toegenomen. De rupsen veroorzaken huidirritaties en soms ernstige gezondheidsklachten bij mens en dier. WUR is betrokken bij een tweejarig onderzoek naar de maatschappelijke impact en beheersing van de rups. Door de toename van de rupsen maken mensen minder gebruik van de natuur. Daarnaast zorgt de rups voor hoge beheerkosten en staat de biodiversiteit onder druk door bestrijding met biologische middelen die ook dodelijk zijn voor rupsen van andere vlindersoorten. In het onderzoek kijkt WUR naar de effectiviteit van de verschillende beheersmaatregelen die gemeenten toepassen. Bijvoorbeeld door het inzetten van natuurlijke vijanden, zoals het ophangen van nestkastjes voor vogels die de rupsen eten. Het duurt enige tijd tot natuurlijke vijanden zich hebben gevestigd en de effecten zijn vaak na enkele jaren zichtbaar. Echter, bij een kleinschalige pilot in Drenthe blijkt dat een gecombineerde aanpak (ander maaibeheer bermen, gericht ecologisch randenbeheer aangrenzende boerenbedrijven, plaatsen nestkastjes, plaatsen van oude eikenprocessierupsnests besmet met natuurlijke vijanden) leiden tot minder besmette bomen en minder nesten van de eikenprocessierups.

## Deltares

## Stevige kademuren en bruggen voor Amsterdam

Achthonderd bruggen en tientallen kilometers aan kademuren in Amsterdam kampen met achterstallig onderhoud en/of zijn aan het einde van hun levensduur. Enkele kades zijn al verzakt met alle gevol-

gen van dien. Deltares ontwikkelde in samenwerking met TU Delft een methode met satellietmetingen aan te tonen welke risico's er bestaan voor huizen, voordat de renovatiewerkzaamheden van kades of bruggen beginnen. "Op dit moment kijken we ook of die metingen kunnen waarschuwen wanneer de kades of bruggen gaan bewegen en mogelijk dus van slechte kwaliteit zijn", zegt Mandy Korff, geotechnisch expert bij Deltares. Daarnaast ontwikkelt Deltares ook de bijbehorende software. Deze software kan ook bij andere bouwprojecten toegepast worden. Er zijn proeftuinen uitgevoerd om de sterkte en capaciteit van de houten palen onder bruggen te onderzoeken. De resultaten hiervan zijn opgenomen in het beoordelingsmodel van kades en bruggen met als doel deze langer veilig te kunnen blijven benutten.



WUR

## Extra kosten biodiversiteit voor boeren in kaart

Veel melkveehouders en akkerbouwers willen bijdragen aan het verbeteren van de biodiversiteit, zoals de bescherming van weide- en erfvogels of vermindering van gewasbeschermingsmiddelen. In het Deltaplan Biodiversiteitsherstel werken alle betrokkenen hier samen aan. Maar door onduidelijk-

heid over de investering en het terugverdienen daarvan, gaan de boeren vaak niet tot actie over.

In het rapport 'Meerkosten biodiversiteitsmaatregelen voor melkvee- en akkerbouwbedrijven' geven onderzoekers van WUR een indicatie van de meerkosten voor een grotere biologische variatie op hun

grondgebied. Een melkveehouder kan volgens de onderzoekers voor tussen de twee en drie euro per honderd kilo melk extra maatregelen doorvoeren die zorgen voor een meer biodiverser bedrijfsvoering. Voor een akkerbouwer liggen deze meerkosten gemiddeld tussen de €185 en de €324 per hectare.



TNO

## Zeewier als brandstof voor vrachtwagens

Na zeewier als brandstof voor personenauto's beginnen TNO en de TU Eindhoven met de ontwikkeling van brandstoffen (zoals ethanol en butanol) uit zeewier voor toepassing in zwaar materieel en meer specifiek in het zware wegtransport. Deze sector is interessant omdat volledige elektrificatie van het vrachtverkeer niet goed mogelijk is en alternatieven voor verduurzaming nodig zijn. Zeewier is een duurzame biomassa met meerdere voordelen: er is geen claim op land, geen concurrentie met de voedselketen en zeewier heeft geen bemesting nodig. Zo draagt het gebruik van zeewier bij aan de ambitie om de energietransitie te versnellen.

Metingen van TNO en TU Eindhoven laten het potentieel voor diverse toepassingen zien van de uit zeewier gewonnen brandstoffen ethanol en butanol. De gemeten motor-uit NOx emissies zijn zeer laag en laten het potentieel zien om te voldoen aan de meest strenge emissie-eisen, zelfs zonder gebruik van uitlaatgasnabehandeling. Daarnaast is de behaalde efficiëntie ongeveer twintig procent hoger dan die van de huidige benzinemotoren en minimaal gelijk aan de behaalde efficiëntie in dieselmotoren toegepast in zwaar wegtransport.

NLR

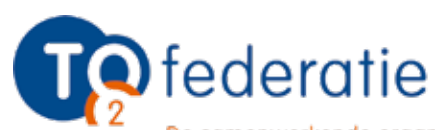
## Veilig door het luchtruim met drones

Drones spelen een steeds grotere rol in onze samenleving. Om het luchtruim veilig te kunnen delen met bemande luchtvaart is gedegen onderzoek nodig. Koninklijke NLR voerde daarom met toestemming testvluchten uit met een drone in het normaal afgesloten vlieggebied rondom Schiphol. Deze test sluit goed aan bij initiatieven van andere dronevluchten in samenspraak met Dutch Drone Delta (DDD), een coalitie van een tiental partijen, die onderzoekt wat de mogelijkheden zijn voor het vervoeren van goederen en personen met drones. DDD legt de focus op veilige, sociaal

geaccepteerde en duurzame toepassingen voor het oplossen van knelpunten in de stedelijke mobiliteit.

NLR gaat de resultaten van deze testvluchten evalueren: "Deze stap helpt ons om met mobiliteitsoplossingen te komen die in de toekomst aansluiten bij behoeften op luchthavens en in steden", zegt projectleider Wesley Poland. Op de lange termijn kan dat leiden tot de ontwikkeling van een nieuwe NLR-faciliteit: een DronePort, een luchthaven voor drones nabij de A10, vlakbij het centrum van Amsterdam en op steenworpafstand van luchthaven Schiphol.





De samenwerkende organisaties  
in toegepast onderzoek