



DELFT | Nr. 4 | DEC 2018 | JAAR-GANG 35
INTEGRAAL |  TU Delft

HUUB SAVENIJE
'Het is mooi geweest'

NIEUWE OPLOSSINGEN
ZEESPIEGELSTIJGING
*Het nieuwe
Nederlandje*

100 jaar
stromingsleer
Naar ultrasnelle meettechniek

THEMA
Alles
elektrisch



Cover:
Het plan was om het nieuwe type hoogspanningsmast te fotograferen in combinatie met het oude type en een trein op een viaduct. Maar eigenlijk is een vers omgeploegde akker en een blauwe lucht voldoende als decor. Simpel is vaak mooier. (Fotograaf Sam Rentmeester)

REDACTIONEEL
Dorine van Gorp

Alles elektrisch

Afgaand op wat onderzoekers vertellen in deze Delft Integraal, zal Nederland er over een paar decennia heel anders uit kunnen zien.

Want die tijd is zeker nog nodig om de Energiewende naar volledig elektrisch te voltooien. Met de elektrische auto lijkt het wel goed te zitten. De ANWB noteerde deze maand ruim veertig modellen binnen onze landsgrenzen. Laadpalen zijn altijd bezet, dus ze rijden ook daadwerkelijk rond. Maar met een elektrisch vliegtuig op vakantie gaan, je in de supersonische Hyperloop door een tunnelbuis laten schieten en elektrische commerciële scheepvaart, is volgens wetenschappers nog verre toekomst.

Wat natuurlijk telt, is dat we van fossiel overstappen naar duurzaam elektrisch. Wat dat betreft is er genoeg goed nieuws.

Vooraf op het gebied van opslag van wind- en zonne-energie worden stappen gemaakt. Zo wijdt een start-up op de campus zich aan de bouw van een waterbatterij waaraan geen zuren of chemicaliën te pas komen. Andere onderzoekers houden zich bezig met het omzetten van elektriciteit in waterstof, met het geschikter maken van het elektriciteitsnet voor groene opwekking en met het omschakelen van wisselstroom naar door zonnepanelen geproduceerde gelijkstroom.

Wat je zelf kunt doen aan het opvangen van het groene-energieoverschot op zonnige, winderige dagen? 'Meer energie verbruiken', zegt energie-expert Kornelis Blok. Dus mocht het stormen met kerst, hang dan gerust een extra snoer lampjes in de boom.

Dorine van Gorp,
eindredacteur

Pagina 07
Alles elektrisch



04

KORT DELFTS
04

OUD & NIEUW
BLIK OP EWI
26

DE ZAAK
DOPPER
25

NA DELFT
SANDRA BRUIJL
33

COLUMN
REMCO DE BOER
34

DOCENT VAN HET JAAR
CALVIN RANS
35

SPOT OP ALUMNUS
VASUDEVAN LAKSHMINARAYANAN
36

ALUMNINIEUWS
38

COLOFON

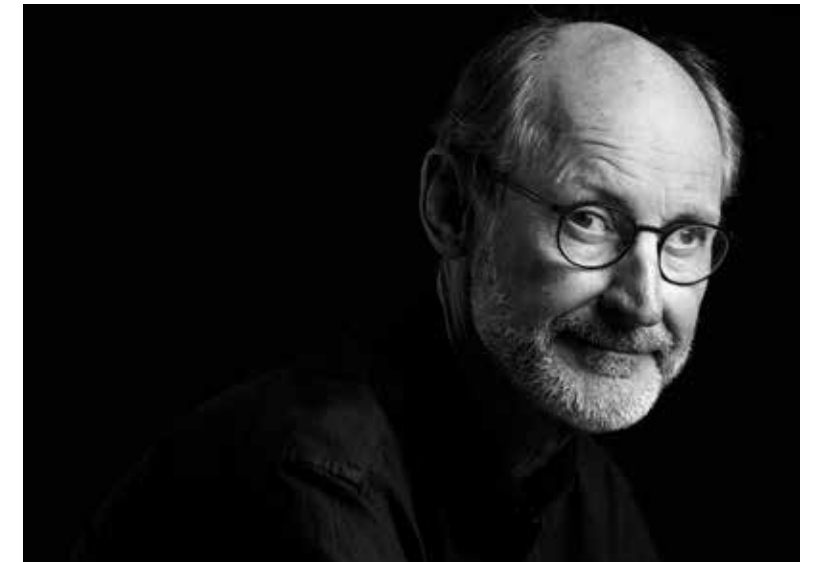
Coverfoto Sam Rentmeester
Redactie Saskia Bongers (hoofdredacteur),
Dorine van Gorp, Katja Wijnands, Florine Koning
(eindredactie), Tomas van Dijk,
Sam Rentmeester (beeldredacteur),
Marjolijn van der Veldt, Connie van Uffelen,
Jos Wassink
Telefoon (015) 278 4848,
e-mail delftintegraal@tudelft.nl
Medewerkers aan dit nummer
Remco de Boer, Agaath Diemel, Auke Herrema,
Mirjam van der Ploeg
Ontwerp Maters en Hermesen
Vormgeving Saskia de Been, Liesbeth van Dam
Druk Quantas
Abonnementsadministratie
delftintegraal@tudelft.nl
Advertentie H&J Uitgevers, (010) 451 5510

Delft Integraal is een uitgave van de TU Delft

18

Huub Savenije

'Onze roem is gebaseerd op onze kennis van de wereld'



22

Het nieuwe Nederlandje

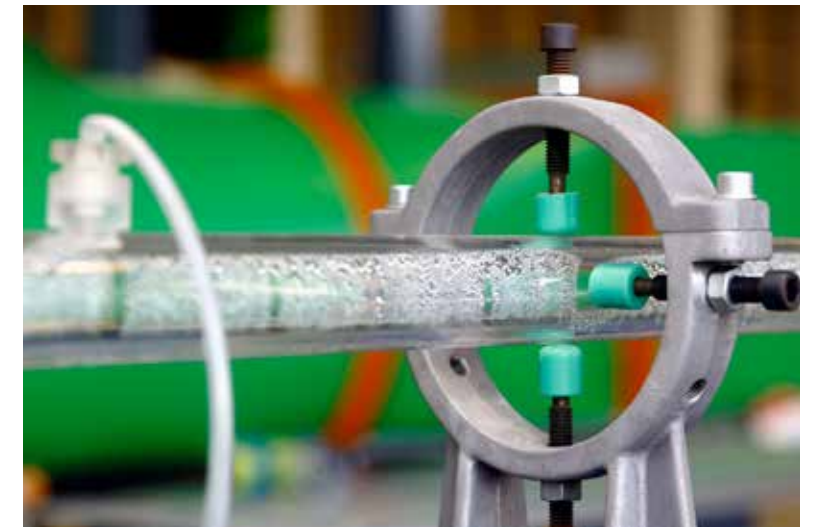
Radicale oplossing voor zeespiegelstijging



28

Een eeuw stromingsleer

In het spoor van professor Burgers



KORT DELFTS

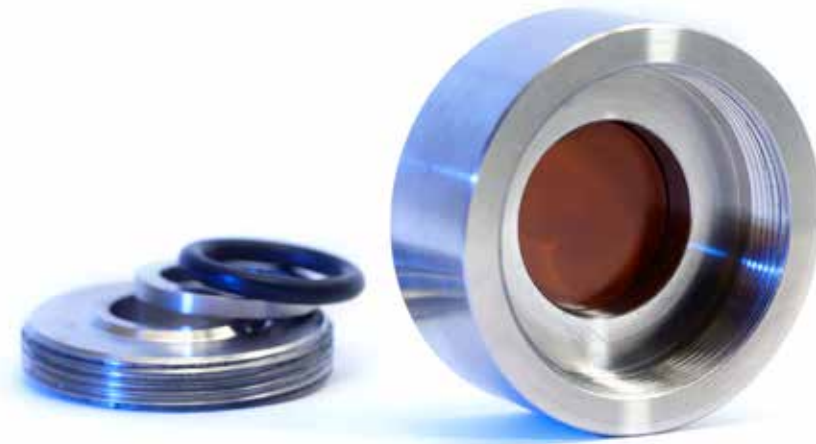


FOTO: SAM RENTMEESTER

Miljoenen voor quantuminternet

De Europese Commissie steekt tien miljoen euro in een project dat de contouren moet schetsen van een quantuminternet. Deze blauwdruk wordt ontwikkeld door de Quantum Internet Alliance, een consortium van Europese onderzoeksgroepen en high-techbedrijven onder leiding van het Delftse QuTech. Quantuminternet maakt gebruik van een intrigerend

quantumfenomeen om de verschillende knooppunten binnen het netwerk met elkaar te verbinden: verstrengeling. Hierbij is een verandering in de toestand van het ene knooppunt direct van invloed op het andere, zonder dat er informatie heen en weer wordt gestuurd. Dit maakt communicatie mogelijk die inherent veilig is.



Veelbelovend membraan

Onderzoekers van de groep katalyse engineering (TNW) hebben een nieuw type membraan ontwikkeld dat selectief waterstof doorlaat. Dat kan belangrijke industriële toepassingen krijgen. Waterstoffilters worden gebruikt in allerlei primaire industriële processen, zoals waterstofproductie en -zuivering, CO₂-afvang, en energiezuiniger productie van ammonia, een grondstof voor kunstmest. Het ronde filter is niet groter dan een euro. Het combineert een hoge selectiviteit voor waterstof aan een hoge gasdoorlatendheid, en het is bestand tegen industriële druk en temperatuur. Het membraan laat waterstof door, maar het houdt kooldioxide goeddeels tegen.



Bumperkleven op het spoor

Het spoor moet op de schop, zei de nieuwe spoorhoogleraar Rob Goverde (CITG) bij zijn intrede. De relai-technologie van het spoor is 100 jaar oud. Hij pleit ervoor om zo snel mogelijk over te stappen naar het draadloze Europese communicatiesysteem ERTMS. Goverde doet onderzoek naar het virtueel koppelen van treinen. "Het idee is om treinen vlak achter elkaar te laten rijden. Het

voerste voertuig is leidend en bepaalt de snelheid. Dit druist in tegen alle principes van het spoorwezen. Treinen dienen nu altijd op remafstand van de voorligger te blijven." Omdat de vereiste technologie hiervoor complex is, verwacht hij dat dit niet voor 2050 is gerealiseerd.



FOTO: SAM RENTMEESTER

Vliegende weerstations

Om veilig te vliegen moeten vliegtuigen over de meest accurate wind- en temperatuurgegevens beschikken. Onderzoekers van L&R hebben bedacht hoe ze de toestellen kunnen voorzien van nog nauwkeuriger gegevens: door de vliegtuigen zelf als sensoren te gebruiken. De onderzoekers plaatsten een antenne op het dak van het faculteitsgebouw waarmee ze de informatie tussen vliegtuigen en de verkeersleiding konden oppikken. Vliegtuigen versturen onder andere informatie over hun barometrische hoogte. Uit die gegevens kunnen de onderzoekers de omgevingstemperatuur- en windgegevens herleiden.



Halsslagader real-time in beeld

Onderzoeker dr. Maysam Shabanmotlagh van de sectie acoustical wavefield imaging (TNW) heeft een methode ontwikkeld waarmee de bloedstroming in de halsslagader zichtbaar gemaakt kan worden. Hij maakte een zogenaamde ultrageluid-transducent (omzetter) met ingebouwde elektronica. Het bijzondere van dit apparaat is dat hij snel achter elkaar driedimensionale beelden kan maken (tot 1000 per seconde), waarmee onder meer de ruimtelijke stroming van bloed in de halsslagader zichtbaar gemaakt kan worden. De techniek is van belang voor het uitwendig screenen van personen op mogelijke vaataandoeningen.



Chaise longue wordt bed

Een robotisch 3D-geprinte chaise longue die vervormbaar is tot een bed (en weer terug). Deze creatie is te zien in het Delftse Science Centre. De makers, van de vakgroep Robotic Building (Bouwkunde), verwachten dat dit soort vervormbare materialen in de toekomst breder toepasbaar worden in de bouw en (binnenhuis)architectuur. Zaken als 3D-printen, variabele stijfheid en vervormbare structuren zijn nog relatief nieuw, maar de onderzoekers houden zich nu al bezig met voorwerpen die zich kunnen aanpassen en veranderen, afhankelijk van de wensen van de gebruiker. Je zou dit '4D' kunnen noemen.



Scanner gaat voor goud

Industriële goudwinning is als het zoeken naar een naald in een hooiberg. Een ton aan erts bevat gemiddeld een gram goud. Om dat te vinden wordt steen vermalen tot poeder. Dan gaat er cyanidezuur overheen omdat goud daarin oplost. Erg efficiënt is dit proces niet. Voor zijn promotieonderzoek ontwikkelde dr.ir. Marinus Dalm (CiTG) een methode om waardevol van waardevol erts te onderscheiden. Met een infrarood scanner bepaalt hij het soort gesteente. Gesteenten als pyriet, aluniet en rutiel hebben kenmerkende infrarood absorptiespectra die indicatief zijn voor goudafzettingen. Ontbreekt zo'n vingerafdruk, dan bevat het gesteente waarschijnlijk geen goud en kan het terzijde geschoven worden.



Bacteriën in de ruimte

Als we naar Mars willen, moeten we urine zeer efficiënt omzetten in drinkwater. Aan boord van het ruimtestation ISS haalt men met filters een efficiëntie van 75 procent. Volgens dr. Ralph Lindeboom (CiTG) kan het hergebruik efficiënter met bacteriën die ureum afbreken. Hij stuurde deze organismen met een Russische raket de ruimte in om te onderzoeken of ze gedijen bij gewichtloosheid. Na anderhalve maand om de aarde te hebben gedraaid bleken ze zich nog even goed te kunnen vermenvuldigen, schreef Lindeboom dit najaar in het blad Scientific Reports.



Nederland zinkt

Een team van onderzoekers onder leiding van prof. Ramon Hanssen (CiTG), heeft drie verschillende soorten meetdata verwerkt - satelliet-radars, GPS, en zwaartekrachtmetingen - tot een interactieve kaart (bodemdalingkaart.nl), die de grond daling van Nederland toont. Met de kaart hebben de onderzoekers voor het eerst onderscheid kunnen maken tussen de diepe oorzaken van bodemdaling, zoals gaswinning, en de effecten in de bovenste paar meter. Het blijkt dat die 'ondiepe' bodemdaling op verschillende plekken in Nederland groter is dan die door de bekende, diepe oorzaken. Vooral in de veen- en kleigebieden in het westen is deze bodemdaling nu duidelijk meetbaar.



FOTO: SAMRENTMEESTER



Gendoping

Delftse studenten hebben een eiwit ontwikkeld dat gendoping kan opsporen in bloed van atleten. Ze presenteerden hun idee dit najaar in Boston tijdens de International Genetically Engineered Machine (iGEM) wedstrijd. Het eiwit is een fusie van twee kleinere eiwitten. Eén ervan maakt deel uit van de CRISPR-Cas-familie, een familie eiwitten die kunnen knippen en plakken met DNA. Dit zogenaamde dxCas9-eiwit hebben zij dusdanig geprogrammeerd dat het op zoek gaat naar het gendoping-DNA. Het andere eiwit voegt een soort streepjescode toe waarna het kan worden afgelezen met nanopores, dat zijn heel kleine gaatjes waar DNA doorheen getrokken wordt. Dit levert een elektrisch signaal op dat specifiek is voor het doping-DNA en op een computerscherm afgelezen kan worden.



FOTO: iGEM

THEMA

Alles Elektrisch

De Groningse aardgaskraan gaat dicht en aan de verschillende klimaattafels is de afgelopen maanden geconcludeerd dat een oplossing voor het terugdringen van de CO₂-uitstoot in elektriciteit ligt. 75 Miljoen zonnepanelen erbij, woningen van het gas af en het vervoer elektrisch, is de ambitie. Kan dat eigenlijk wel, alles elektrisch?



FOTO: SAMRENTMEESTER

'We kunnen best zonder kerncentrales'

Kernenergie is hot. Nadat Arjen Lubach vorige maand op tv pleitte voor kerncentrales, is ook de VVD op de nucleaire tour. Een rare ontwikkeling, vindt energie-expert Kornelis Blok.



Badderen in het koelwater van de centrale bij Borssele.

Kernenergie heeft opeens de wind mee in Nederland. Het IPCC, het klimaatpanel van de Verenigde Naties, concludeerde onlangs in een rapport dat de wereld meer moet inzetten op kernenergie, willen we de temperatuurverhoging in 2050 beperken tot maximaal 1,5 graden Celsius ten opzichte van 2010. Arjen Lubach maakte er een item over in zijn show Zondag met Lubach. Toeval of niet, de volgende dag vertelde VVD-fractievoorzitter Klaas Dijkhoff op tv dat Nederland, wat zijn partij betreft, in rap

tempo kerncentrales bouwt. En uit een opinieonderzoek van 1Vandaag zou blijken dat inmiddels ruim de helft (53 procent) van de Nederlanders vóór het gebruik van kernenergie is. Energie-expert Kornelis Blok (faculteit Techniek, Bestuur en Management) volgt de ontwikkeling met grote verbazing.

Is dit een tijdelijke oprisping, of is er echt een kanteling ten gunste van kernenergie?

"Laat ik allereerst een misverstand uit de weg ruimen. In

het recente rapport van het IPCC waar naar verwezen wordt, 'Global Warming of 1.5 °C', wordt nucleaire energie genoemd in diverse scenario's waarmee de temperatuurstijging beteugeld kan worden. Dat klopt, maar dat is niets nieuws. In de voorgaande rapporten kwam kernenergie ook steeds naar voren als een van de opties. Dat is nu niet méér het geval dan daarvoor. Sterker, de nadruk lijkt nu juist iets meer verschoven te zijn naar wind- en zonne-energie."

Dat de VVD nu, ongeveer een maand na de publicatie van het IPCC-rapport, campagne begint te voeren voor kernenergie vindt u dus opmerkelijk?

"Waar ik me over verbaas, is dat een cabaretier op tv iets zegt, en dat de VVD daar vervolgens vol op duikt. Ik heb kernenergie altijd als een van de vele opties beschouwd om de CO₂-uitstoot mee te verminderen. Er kleven nadelen aan, maar er zijn ook voordelen. Ik ben geen fervent voor- of tegenstander. Maar mensen die zeggen dat we niet zonder kunnen, hebben ongelijk. We kunnen best zonder. Het is mogelijk om volledig over te stappen op duurzame bronnen zoals wind en zon. Een paar maanden geleden heb ik met vijf collega's uit Zuid Afrika, Finland, Duitsland en Denemarken beschreven hoe dat zou kunnen in het blad *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Ons overzichtsartikel was een reactie op een publicatie een jaar eerder (in datzelfde blad) van een onderzoeker die uitlegde waarom nucleaire energie volgens hem onontbeerlijk was. Ik zeg niet dat het simpel is. Wind- en zonne-energie zijn natuurlijk variabel. Je kunt daar op allerlei verschillende manieren mee omgaan."

Op welke manieren kun je omgaan met wind- en zonne-energie?

"Je zou de energienetten kunnen uitbreiden zodat je tekorten kunt opvangen met energieoverschotten elders op het continent. Mensen moeten gestimuleerd worden om meer energie te verbruiken (denk aan het laden van auto's) als het hard waait of zonnig is. Je hebt opslag nodig. En je hebt back-up nodig die op brandstof werkt, zoals waterstof (die je kunt aanmaken met wind- en zonne-energie). De beste combinatie van technologieën zal per land verschillen."


Wat zijn volgens u de voor- en nadelen van kernenergie?

"Het voordeel is natuurlijk dat het niet leidt tot CO₂-uitstoot. Het nadeel is het radioactieve materiaal waarmee je blijft zitten, de (kleine) kans op een incident en de kans dat radioactief materiaal, of de nucleaire technologie, wordt aangewend voor de fabricage van kernwapens. Nu worden kerncentrales wel steeds veiliger. Nucleaire installaties kunnen het kernafval weer verbruiken, waardoor het probleem van het radioactieve restmateriaal minder wordt. De thoriumreactor in Delft, is een voorbeeld van een heel ander type reactor, die de genoemde problemen veel minder heeft. Maar het duurt nog vele jaren voordat deze technologie klaar is voor gebruik."

Toch zeggen mensen nu al, 'laat maar komen die kerncentrales'. Tenminste, als we de peiling van 1Vandaag mogen geloven.

"Het kan best dat veel mensen positief gestemd zijn over kerncentrales. Maar vraag diezelfde mensen of ze ook blij zijn als die centrale een paar kilometer van hun huis gebouwd wordt en het enthousiasme is een stuk minder. In het klimaatakkoord staat (impliciet) dat in 2030 70 procent van onze elektriciteit uit duurzame bronnen moet komen, zoals zon en wind. 'Doe toch niet zo moeilijk en bouw in plaats van windturbines wat kerncentrales', klinkt het nu in bepaalde hoeken. Maar je zult dan maar liefst zes à zeven grote kerncentrales moeten bouwen. Ik kan je vertellen, dat gaat heel lastig worden in een dichtbevolkt land als Nederland. Afgezien nog van het feit dat het op zo'n korte termijn technisch nauwelijks te doen is."

Is het bouwen van al die windmolens en zonneparken haalbaar?

"Laten we even focussen op windturbines. Om die doelstelling van 70 procent duurzame elektriciteit te behalen in 2030 met alleen windturbines, moet er vanaf 2022 jaarlijks 1 gigawatt aan windenergie bijkomen. Dat zijn honderd grote turbines. Op zee is dat vrij gemakkelijk te realiseren." 



Dag wisselstroom, hallo gelijkstroom

Wisselstroom heeft zijn beste tijd gehad, menen de Delftse onderzoekers achter het project DC Distribution Smart Grids.

Met financiële steun van de EU – het Horizon 2020-programma – onderzoeken dr. Pavol Bauer en dr. Laura Ramirez Elizondo van de afdeling DC Systems, Energy Conversion & Storage (EWI) wat moet gebeuren om de transitie naar duurzame laagspanning DC-netten (gelijkstroom) mogelijk te maken.

“Wisselspanning is een erfenis uit het verleden”, vertelde Ramirez Elizondo eerder aan Delta. “Al onze apparaten, van laptops, tot broodrooster en tv’s, werken op gelijkspanning (DC). Omzetters veranderen de wisselspanning (AC) uit het stopcontact in gelijkspanning. En dat terwijl zonnepanelen gelijkspanning produceren.” Volgens Ramirez Elizondo is het onhandig dat we elektriciteit omzetten van DC, naar AC en weer terug naar DC.

Er zijn nogal wat problemen die moeten worden opgelost voordat we kunnen overstappen op duurzame laagspanning DC-netten. Zo moeten de gelijkspanningsnetwerken beter bestand worden tegen storingen als kortsluiting. Dat is een van de onderwerpen waar de Delftenaren binnen het Europees project aan werken. Daarnaast werken ze aan algoritmes om vraag en aanbod op DC-netten te balanceren. De komst van een nieuw elektriciteitssysteem zal de manier van onze energieconsumptie veranderen. De elektriciteitsproductie van zonnepanelen en windturbines varieert sterk. Daar moet je op een handige manier mee om gaan. Dat kan door middel van *smart grids*; dit zijn netwerken waarbij netbeheerders, producenten en consumenten hun verbruik onderling op elkaar afstemmen. 

Elektrisch vliegen is voorlopig kansloos


“Amsterdam – New York elektrisch? Gaat niet gebeuren”, voorspelt professor Leo Veldhuis. Hij en onderzoeker Joris Melkert laten hun licht schijnen over elektrisch vliegen.

Elektrisch vliegen staat nog in de kinderschoenen, maar het kan wel. “Er is al een tweezitter te koop waarmee je een uurtje kunt vliegen” zegt Joris Melkert. Het betreft een vliegtuigje van de Sloveense firma Pipistrel. Met dat bedrijf begint de TU een onderzoeksproject voor het ontwerp van een wat groter model. Voor langeafstandsvluchten is elektrisch vliegen ‘kansloos’, zeggen Veldhuis en Melkert. De energiedichtheid van batterijen is een factor vijftig of zestig lager dan die van kerosine. “Je moet veel gewicht aan batterijen meenemen, wat je vervolgens niet verbruikt”, zegt Veldhuis. Voorlopig komt daar niet veel verandering in: ontwikkelingen in accu’s gaan in stapjes van één tot drie procent per jaar, aldus Melkert. Een tussenoplossing is een hybride-elektrische variant met kerosine. “Die verbranden we in een turbinemotor waarmee je een generator aandrijft”, zegt Veldhuis. “Vervolgens geeft die zijn elektriciteit aan motoren verdeeld over het vliegtuig.” Een voorbeeld is Airbus’ E-fan X die in 2020 moet gaan vliegen. “Een van de vier motoren is daarbij vervangen door een elektromotor met wat accu’s.”

De TU is door Airbus gevraagd om een radicaal nieuw vliegtuigconcept te ontwikkelen gebaseerd op deze hybride-elektrische voortstuwing. “Voor een vrij groot vliegtuig, dat achthonderd mijl moet kunnen vliegen met honderd passagiers”, zegt Veldhuis. Het is een van de Europese projecten uit het onderzoeksframework Clean Sky.



De TU is door Airbus gevraagd om een radicaal nieuw vliegtuigconcept te ontwikkelen

De luchtvaart is verantwoordelijk voor twee tot drie procent van de uitstoot wereldwijd. Elektrisch taxiën, de elektrische systemen aan boord laten aandrijven door een systeem op basis van brandstofcellen: het blijft schraapwerk voor enkele procenten minder uitstoot. Veldhuis: “Als je echt goed je best doet, kun je met hybride-elektrisch vliegen in 2050 ongeveer tien tot vijftien procent minder CO₂ uitstoten.” Het echte probleem is volgens beide wetenschappers de groei van de luchtvaart: jaarlijks wereldwijd vijf procent. Daar valt op dit moment niet tegenop te innoveren. Tel daarbij op dat een standaard vliegtuig zoals de Airbus A320 zo’n honderd miljoen euro kost en al gauw twintig jaar meegaat, en het wordt duidelijk dat commercieel hybride-elektrisch vliegen een paar generaties toestellen gaat duren. Veldhuis denkt dat er stappen zijn te maken met een combinatie van maatregelen. “Eén: zo goed mogelijk dat vliegtuig elektrificeren voor de korte en middellange afstand. Twee: minder vliegen, dat is écht nodig! Drie: langzamer vliegen, dan verbruik je beduidend minder energie.” 

Volledig elektrisch varen een utopie?

Een sloep die stil en emissievrij door het water glijdt. De toekomst van elektrisch aangedreven motoren in de pleziervaart oogt rooskleurig. Die van de grote scheepvaart een stuk minder.

Rinze Geertsma, marine-officier en promovendus maritieme & transport-technologie, werkte in Groot-Brittannië ooit mee aan een *all electrical ship*. Dit fregat wekt energie volledig elektrisch op en gebruikt deze vervolgens voor aandrijving én alle andere systemen aan boord. “Maar de benodigde elektrische systemen legden zoveel beslag op de ruimte van het schip, dat de Engelsen inmiddels terug zijn naar hybride oplossingen.”

Sneller en stiller

De afgelopen vier jaar onderzocht hij daarom andere mogelijkheden om uitstoot te verminderen. In een tijdperk waar de commerciële beschikbaarheid van batterijen en andere elektrische alternatieven exponentieel toeneemt, voerde hij naast emissiereductie nog twee belangrijke motivaties toe. Schepen moeten dankzij elektrische oplossingen snel(ler) accelereren en stil(ler) varen. In lektaal is het volgens Geertsma heel simpel: “Je wilt het concept van de Toyota Prius met de prestaties van een Tesla.”

Hij startte zijn proefschrift met literatuuronderzoek en ontdekte dat er al flink wat elektrische scheepvaart bestond. “Vooral ferry’s die van A naar B gaan.” De TESO tussen Den Helder en Texel, zou volgens hem volledig elektrisch kunnen. “In Noorwegen hebben ze er eentje, de Ampère. Die vaart op batterijvermogen met elektrische motoren. Zodra het schip aanlegt, pluggen ze in en voordat de nieuwe passagiers aan boord zijn, is de batterij alweer opgeladen.”

Op de Delftse campus staat een boot die wél honderd procent duurzaam is

Toch is ook deze optie niet volledig klimaatneutraal. “De levensduur van batterijen is beperkt en vraag je daarnaast eens af waar de energie vandaan komt om deze batterijen op te laden.” Hij vergelijkt het met elektrisch rijden in Nederland. “Een groot deel van onze energie is niet groen opgewekt, dus hoe groen rijd je dan daadwerkelijk?” Noor-

wegen, dat tachtig procent van de energie duurzaam opwekt uit waterkracht, doet het in dat opzicht beter. Ter vergelijking, in Nederland wordt slechts veertien procent van de elektriciteit groen verkregen.

Innovatie via Dreamteam

Toch staat er op de campus een boot die wél honderd procent duurzaam is. Hij vaart op zonne-energie en is eigendom van het Solar Boat Dreamteam, een groep enthousiaste studenten die ieder jaar bouwt aan een nieuwe duurzame variant. Voorgaande jaren voeren ze nog door kanalen en havens, maar komende zomer gaan ze de zee op. Dat betekent dat de boot een volledige metamorfose ondergaat. Het moet nu golven, flinke stromingen en heftige weersomstandigheden aankunnen zodat drie inzittenden van Monaco naar Cannes en terug kunnen varen. “Ook willen we een wereldrecord neerzetten door volledig op zonne-energie het Kanaal over te steken”, vertelt exposure manager Redmer Aarnink. Daarnaast hoopt hij met door zijn team bedachte technieken en innovaties bij te dragen aan verduurzaming van de maritieme sector. “Al denken wij niet dat een boot volgooien met zonnepanelen de oplossing is.” Zelf kijkt hij liever naar hybride opties. “Of naar een andere manier van varen”, besluit hij. “In Noorwegen testen ze vanaf 2020 met kleine autonome bootjes waar één container op kan.” Hierdoor hoeft een vrachtwagen niet onnodig te rijden, maar vaart een bootje mét container tussen verschillende havens. “Als je dat op grote schaal kan doen, dat zou geweldig zijn!” 

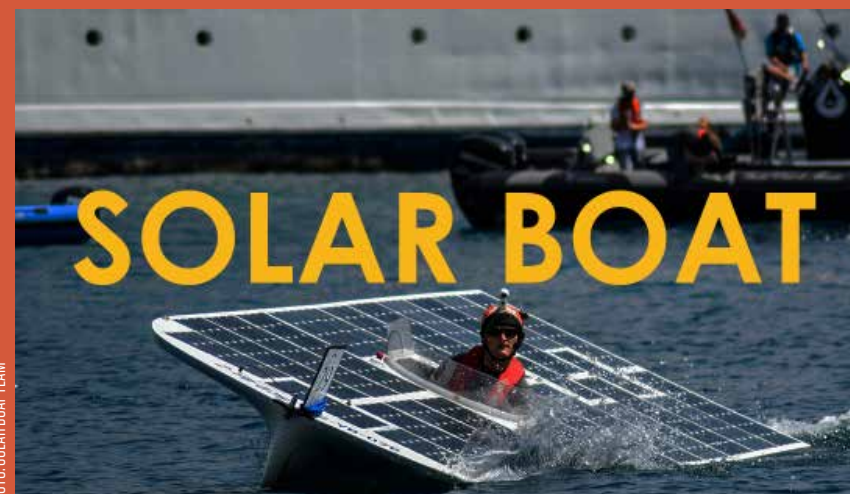


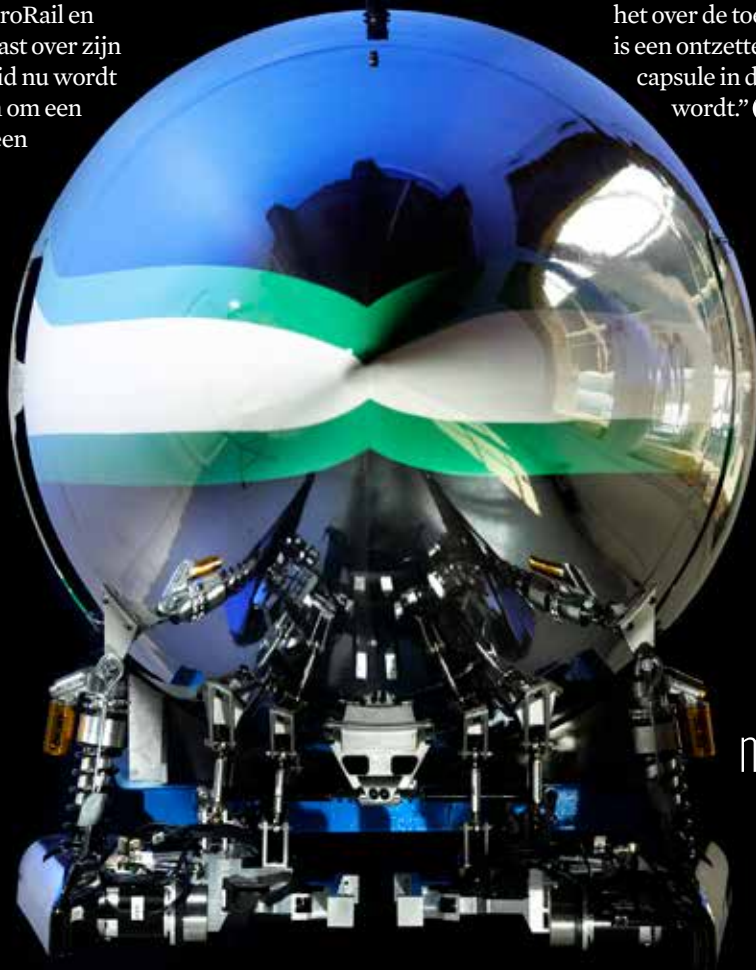
FOTO: SOLAR BOAT TEAM

Supersonisch met elektriciteit

Hoge snelheid is straks niet alleen weggelegd voor kerosine slurpende vliegtuigen. De Hyperloop werkt op elektriciteit en belooft ook mensen en goederen met de geluidssnelheid te vervoeren. Al kan het nog wel even duren voordat het zo ver is. Het Delftse Hyperloopteam wil dit voorjaar laten zien dat het boven de driehonderd kilometer per uur uitkomt, en tests uitvoeren in een van de nog ongebruikte spoorbuistunnels bij NS-station Delft. Twee van de vier tunnelbuizen worden voorlopig niet gebruikt voor treinverkeer en dat biedt perspectief. Asja Föllmi, van het Delftse studententeam, laat weten dat het gaat "om een idee waar beide partijen, ProRail en Delft Hyperloop, enthousiast over zijn en waarvan de haalbaarheid nu wordt onderzocht". Het zou gaan om een stuk tunnel van ongeveer een kilometer lang.

De Hyperloop is een conceptueel *high-speed* transportsysteem met buizen die onder lage druk staan waarin capsules met passagiers of vracht reizen, zwevend op magneten. Hierdoor is de luchtweerstand zo laag dat men efficiënt en met zeer hoge snelheid kan reizen. Dat is de belofte. Om de ontwikkeling van een werkend prototype te stimuleren, organiseert Elon Musk's bedrijf SpaceX de Hyperloop Pod Competition. Bij de vorige wedstrijd, afgelopen juli bij het hoofdkantoor van SpaceX in Hawthorne, California, eindigde het Delftse Hyperloopteam als tweede. De Delftse Atlas 01 capsule behaalde een snelheid van 142 kilometer per uur. Winnaar was de WARR Hyperloop van de TU München


met een snelheid van maar liefst 467 kilometer per uur. "Dat record willen we volgend jaar verbreken", zegt Föllmi van het Delftse studententeam. "En ja, het zou mooi zijn als we voor de tests een van de spoor-tunnels kunnen gebruiken." Dat de Delftse capsules bij de vorige wedstrijd 'slechts' een snelheid van 142 kilometer per uur haalden, komt doordat de motor oververhit raakte. "In de Hyperloop in Californië is het ontzettend heet. Onze capsule was niet op die hoge temperatuur berekend." ProRail-persmedewerker Coen van Kranenburg laat weten dat men bij ProRail "zijn stinkende best gaat doen om de testlocatie mogelijk te maken". "Heb je het over Hyperloop, dan heb je het over de toekomst van het spoor. Het is een ontzettend gaaf verhaal als de capsule in de tunnelbuis getest wordt." 



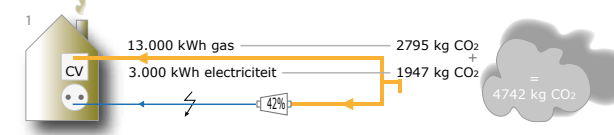
ProRail gaat zijn stinkende best doen om de testlocatie mogelijk te maken

Hoe duurzaam is elektrisch verwarmen?

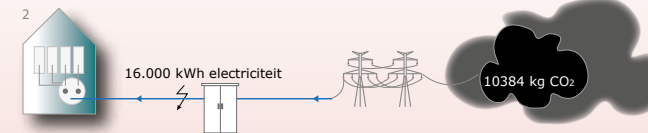
De gaswinning wordt afgebouwd, de vertrouwde cv-ketel moet plaatsmaken voor elektrische vormen van verwarming. Energie-epidemioloog prof.dr. Laure Itard (faculteit Bouwkunde) maakte een berekening van de CO₂-uitstoot. Is elektrisch altijd duurzaam?

"Er moet nog veel gebeuren om de elektriciteitsproductie duurzaam te maken en er is veel onderzoek nodig naar de beste keuzes voor een andere verwarming dan met gas", zegt Itard. Er zijn volgens haar veel verschillende opties. Neem een warmtenet dat gevoed kan worden uit diepe geothermie, warmte-koude-opslag, of restwarmte. Een gebruiker kan de temperatuur omhoog brengen met een warmtepomp, of een basistemperatuur in huis aanhouden en die met infraroodpanelen plaatselijk verhogen. Wat in welk geval de beste keuze is, qua aanschaf, gebruikskosten en CO₂-uitstoot, is een flinke puzzel. Wat het lastiger maakt is het gebrek aan seizoensopslag van warmte of elektriciteit. 

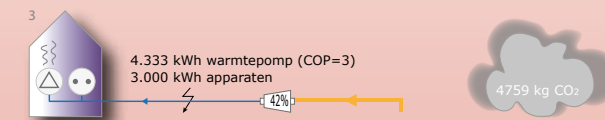
1 Als referentie dient een modern, redelijk geïsoleerd huis van 120 m², uitgerust met balansventilatie (ventilatie met warmteterugwinning) en een dak van 60 m². Met een warmtevraag van 8.000 kWh voor ruimteverwarming en 5.000 kWh aan tapwater plus een elektriciteitsgebruik 3.000 kWh staat de totale uitstoot gelijk aan 4.742 kg CO₂ per jaar (zie uitgangsetallen).



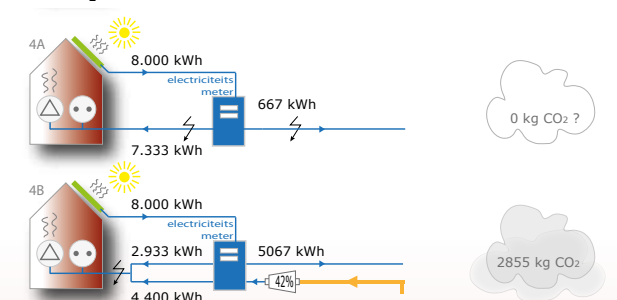
2 We gaan gasloos met elektrische kachels en boilers. Het elektriciteitsverbruik stijgt nu naar 16.000 kWh, wat overeenkomt met 16.000 x 0,649 (gemiddelde uitstoot Nederlandse energiemix) = 10.384 kg CO₂ per jaar. Dat is meer dan het dubbele (219%).



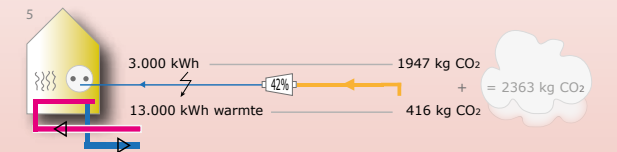
3 We kopen een (dure) luchtwarmtepomp met prestatiecoëfficiënt (COP) 3. Daarmee wordt de elektriciteitsvraag voor verwarming en tapwater driemaal minder (4.333 kWh). In totaal is het verbruik 7.333 kWh elektrisch, wat overeenkomt met 4.759 kg CO₂ per jaar, ongeveer gelijk aan de referentie (100%).



4 We plaatsen ook zonnepanelen. De totale productie is 8.000 kWh per jaar. Waarvan 7.333 voor eigen gebruik en 667 kWh voor de verkoop. Zijn we nu CO₂-vrij? Helaas niet. Door de mismatch van productie in de zomer en gebruik in de winter komt ongeveer 40% van de gebruikte stroom van het eigen dak en 60% van het net. In dit geval is dat 0,6 x 7.333 = 4.400 kWh wat overeenkomt met 2.855 kg CO₂ per jaar (62%).



5 We krijgen een aansluiting op het warmtenet. Omdat het afvalwarmte betreft, zijn de CO₂-emissies laag: 0,032 kg/kWh. Voor de afgenomen elektriciteit geldt nog: 3.000 kWh komt overeen met 1.947 kg CO₂, dus totaal 2363 kg CO₂ uitstoot (50%).



Uitgangsetallen: 1 kWh gas staat voor 0,113 kubieke meter, 1 kWh gas geeft 0,215 kg CO₂ uitstoot, 1 kWh opgewekte stroom geeft 0,649 kg CO₂, het rendement van de elektriciteitsopwekking is 0,42. Het aandeel van duurzame energie is 6,6% in Nederlandse energiemix. Voor afvalwarmte wordt 0,023 kg CO₂ per kWh gerekend.

Battery Lab verbetert batterijen

De behoefte aan betere batterijen groeit door de komst van elektrische auto's, e-bikes en groene stroom. Het nieuwe TU Delft Battery Lab werkt aan de batterijen van morgen.

Blauwe ballonnen, een glas met groene vloeistof en sprankelende drankjes. Het nieuwe Battery Lab opende vorig voorjaar de deuren in het Delftse reactorinstituut. TNW-onderzoekers dr. Erik Kelder en dr.ir. Marnix Wagemaker werken daar met hun teams aan de volgende generaties nieuwe batterijen: van goedkope statische opslag van duurzame energie tot compacte en lichte batterijen voor elektrisch vervoer en elektronica. De laboratoria omvatten alle fases voor het bouwen en testen van batterijen. Naast Li-ion batterijen werkt de groep onder meer aan Natrium-ion batterijen (goedkoop voor grote op-

slag) en aan vastestof Li-ion batterijen (lekvrij en veilig). In de zuurkasten kunnen met elektropray technieken batterijen worden samengesteld, vrij van zuurstof en vocht. De testruimte kan 150 batterijen tegelijk testen, elk met z'n eigen laad- en ontlaadtijd. Labmanager ir. Frans Ooms is blij dat alle functies nu onder één dak zijn verzameld. Dat bevordert de standaardisatie en daarmee de kwaliteit van het onderzoek, zegt Ooms. Met neutronendiffractie, NMR (nucleair magnetische resonantie), elektronmicroscopie, en tal van andere technieken, volgen de onderzoekers de gang van ionen door de elektroden

en het elektrolytische medium. Ook is de veroudering van elektroden in beeld te brengen.

Daarnaast voert het Battery Lab computersimulaties uit over de werking van batterijmaterialen op atomaire schaal. Andere technieken worden toegepast om de resultaten op te schalen tot op het niveau van complete elektroden.

De groep werkt onder meer aan Natrium-ion batterijen, goedkoop voor grote opslag

Wagemaker: "Nu zitten alle faciliteiten in de labs op één plek. En kan de combinatie gemaakt worden met de unieke infrastructuur van het RID, inclusief neutronendiepteprofilering, neutronendiffractie en vastestof-NMR. Hiermee zijn we in staat de complexe processen in batterijen beter te begrijpen, zodat we betere batterijen kunnen ontwikkelen." 



Marnix Wagemaker (links) en Erik Kelder werken aan de volgende generaties batterijen.

Waterbatterij voor de wijk



In een hoek van de Green Village staat op de campus een groene keet met daarin twintig vaten water: de pilotopstelling van Blue Battery. De waterbatterij slaat elektriciteit op in zout en zoet water, en is aangesloten op de vijf naastgelegen studentenwoningen.

De waterbatterij van de start-up AquaBattery op de campus is de meest milieuvriendelijke batterij die je kunt bedenken. De batterij gebruikt geen zuren, chemicaliën of metalen, maar alleen zout en zoet water en een actief membraan dat alleen zoutionen doorlaat, en geen water. Het idee komt van de demonstratieopstelling op de Afsluiddijk voor de productie van elektriciteit uit de combinatie van zeewater en zoet water. De waterbatterij gebruikt het omgekeerde procedé (elektrodialyse). Door elektrisch vermogen door het membraan te sturen worden zoutionen uit brak (half zout, half zoet) water verwijderd. Het resultaat is een bromzoute oplossing aan de ene kant van het membraan en zoet water aan de andere kant. Combineer die twee met een geschikt membraan ertussen, en de elektriciteit begint weer te stromen.

De waterbatterij heeft ook wat nadelen, met name zijn omvang. Voor de opslag van 1 kWh is twee kubieke meter nodig, dat is ruim 100 keer groter dan een loodaccu. Het rendement (70%) is wel vergelijkbaar. Ook de membranen nemen nogal wat plek in: voor 1 kW aan vermogen is een kubieke meter aan membraan nodig. Ontwikkeling, ondersteund door onder meer membraanfabrikant Fujifilm en netbeheerder Enexis, is er nu op gericht om het volume te verkleinen (met een factor tien). Daarnaast heeft de waterbatterij ook voordelen: het concept is soepel schaalbaar naar gewenste opslagcapaciteit en vermogen.

Bovendien is voor toepassing in de gebouwde omgeving de omvang minder bezwaarlijk. Desnoods graaf je de tanks in. Aqua-Battery ziet kansen in de opslag van zonnestroom bij particulieren, wanneer de terugleververgoeding wordt verminderd. Of beter nog: een waterbatterij als buurtbuffer. 

Zo werkt de blauwe batterij

Alles wordt elektrisch, en stroom komt steeds vaker uit variërende bronnen zoals zon en wind. Daarom is er een gigabatterij nodig om het elektriciteitsnet te stabiliseren

Dit idee dreef de Maastrichtse ondernemer dr. Jan Huynen (86) om te promoveren bij de Delftse emeritus hoogleraar prof.ir.dr.s. Han Vrijling en prof.dr. Gert Jan Kramer (Universiteit Utrecht). Huynen was meer dan dertig jaar geleden in Limburg betrokken bij plannen voor een ondergrondse pomp accumulatie centrale (O-PAC). Het ontwerp voor deze 'blauwe batterij' (niet te verwarren met de Blue Battery van AquaBattery) betrof een combinatie van een bovengronds meer met een ondergronds bassin, verbonden met valpijpen en pompen die ook dienst doen als generatoren. Bij een overschot aan stroom wordt water omhoog gepompt, bij een tekort aan elektriciteit valt het water 1.400 meter naar beneden om de generatoren aan te drijven. Jaren later besloot hij dit con-

De 'blauwe batterij' betreft een combinatie van een bovengronds meer met een ondergronds bassin

cept van een ondergrondse stuwmeer verder uit te werken. Naar verwachting groeit het aandeel van groene stroom in Nederland van 8 procent nu naar 63 procent in 2030. Dan zullen we behoefte hebben aan een grootschalige elektriciteitsbuffer die snel kan schakelen tussen opslag en levering. Huynens ontwerp gaat uit van een elektrisch vermogen van 1.400 megawatt (vergelijkbaar met een forse centrale) en een opslagcapaciteit van zes uur. De aanlegkosten schat hij op 1,8 miljard euro.

Huynens promotoren onderschreven de noodzaak van zo'n buffer. "We hebben in Nederland onvoldoende opslagmogelijkheid voor elektriciteit als we niet willen terugvallen op centrales met fossiele brandstoffen", aldus Kramer. Vrijling: "Nu de noodzaak en technische en economische haalbaarheid zijn aangetoond, is het nodig om de volgende stap te zetten en dit met industrie, overheid en bedrijfsleven gezamenlijk mogelijk te maken." 

Blue Battery for Green Energy,
Delft Academic Press, 25 euro.

Zo maak je vloeibare elektriciteit

Het is een wrede ironie dat duurzame energie overvloedig is in de zomer en schaars in koude en donkere winters. TU-onderzoekers denken dat probleem op te lossen door elektrische energie om te zetten in brandstof.

In het onderzoeksprogramma Power to Ammonia waarvan de TU Delft partner is, wordt overvloedige duurzame stroom omgezet in ammoniak, die onder andere bedoeld is als brandstof voor de Nuon-centrale in de Eemshaven.

Nuon is geïnteresseerd in een CO₂-vrije brandstof en in seizoensopslag van elektriciteit, omdat dit de nieuwe gasgestookte centrales aan de Eemshaven een rol geeft in een toekomst met duurzame en volledig CO₂-vrije elektriciteit. Het principe is dat groene stroom water splitst met hydrolyse, waarbij waterstof en zuurstof ontstaan. Waterstof kan samen met stikstof uit de lucht (de atmosfeer bevat 78 procent stikstof) onder hoge druk en temperatuur omgevormd worden tot ammoniak (NH₃). Ammoniak kan, in tegenstelling tot waterstofgas, in grote tanks als vloeistof worden opgeslagen. Het heeft een hoge energiedichtheid (de helft van diesel) en kan schoon verbranden; met een geschikte katalysator en niet teveel zuurstof komen alleen waterdamp en stikstof vrij.

Elektrochemische productie

Hoogleraar energiematerialen prof.dr. Fokko Mulder (faculteit TNW) is op zoek naar een ander proces om ammoniak te maken. Ammoniakvorming verloopt traditioneel via het Haber-Boschproces, dat goed gedijt op grote schaal

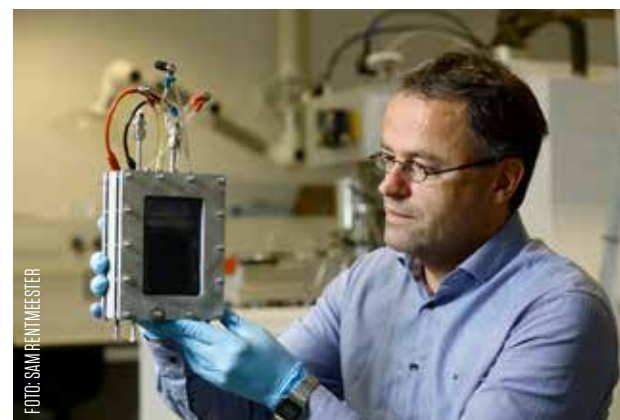


Foto: Sam Rientmeester
Prof. dr. Fokko Mulder met de eerste versie van de Battolyser, een gecombineerde nikkel-ijzer accu en elektrolyser die eerst oplaadt en daarna waterstof produceert.

en op continue basis. “Maar in een duurzame toekomst”, legt Mulder uit, “heb je te maken met een variërend aanbod van elektriciteit uit een zonnepark van bijvoorbeeld 10 megawatt of een aantal windmolens. Dus we hebben een flexibeler en mogelijk ook kleinschaliger productie van ammoniak nodig. Daarom werken we aan een elektrochemische productie ervan. Eén route is waterstof en stikstof in een reactor elektrochemisch met elkaar te

De Battolyser is geschikt voor opslag op korte termijn én voor seizoensopslag

verbinden tot ammoniak. Een andere manier is water en stikstof, om te zetten naar zuurstof en ammoniak. Dat zou eigenlijk een eleganter proces zijn omdat je geen waterstof als tussenproduct hebt. Daarvoor wordt nu in een NWO/TTW-project (financiering, red.) een elektrochemische cel ontwikkeld met bijbehorende elektrodes, membranen en elektrolyten. Wereldwijd zijn er flink wat groepen mee bezig, maar de elektrochemische productie van ammoniak blijkt nog erg lastig. Het is vooral de reactiesnelheid en selectiviteit die te wensen over laat. En de proefopstellingen zijn nog heel kleinschalig.”

Battolyser

Mogelijk kan een andere vinding van de groep van Mulder, de Battolyser, het rendement van de waterstofproductie nog verhogen en de kosten verlagen. De Battolyser is een gecombineerde nikkel-ijzer accu en elektrolyser die eerst oplaadt en daarna waterstof produceert. Dat maakt het apparaat in principe geschikt voor opslag van elektriciteit op korte termijn én voor seizoensopslag. De batterijfunctie geeft een extra businessmodel om de totale kosten van elektriciteitsopslag beter te kunnen dragen en daarmee groene waterstof in kostprijs te verlagen. Voor de batterijenwereld is het vluchtige en brandbare waterstofgas de vijand, maar bij elektrolyse is het juist de bedoeling dat er zoveel mogelijk van geproduceerd wordt. De groep van Mulder heeft onderzocht hoe efficiënt de watersplitsing bij een nikkelijzer accu is, en dat rendement bleek met ruim 80 procent hoog. Alleen werd waterstofproductie altijd als nadeel beschouwd en niet als kans.

Momenteel werken er meerdere promovendi aan verschillende projecten. Ze hopen in 2021 hun resultaten te presenteren. 

Visie

Prof.dr. Peter Palensky, hoogleraar intelligent electrical power grids, werkt aan de gevolgen voor het elektriciteitsnet van de toenemende vraag en de gelijktijdige afbouw van conventionele opwekking. “Dat is best een, eh, uitdaging.”

“Het net ondervindt veranderingen van alle kanten. Netbeheerders zien pieken en dalen in de hoogspanning elk jaar groter worden. Het net moet aangepast worden aan de veranderingen van deze tijd, want zoals het de afgelopen honderd jaar is gegaan, dat is snel afgelopen. Vernieuwingen komen voort uit onze pogingen om de CO₂-uitstoot te verlagen met nieuwe opwekking met zon en wind, en de wisselvalligheid die daarbij hoort.

In het verleden steunde de stabiliteit van het net op grote draaiende generatoren, die nu een voor een worden uitgefaseerd. Zij waren het fundament van een stabiele stroomvoorziening. Dankzij hun massa en traagheid slikten ze iedere verstoring en hielden ze alles stabiel. Iedereen leunt op die traagheid, ook de hernieuwbare bronnen. Die kunnen leveren dankzij het feit dat er voldoende traagheid in het systeem zit. Maar naarmate je meer variërende bronnen hebt en minder traagheid, moet er iets veranderen. Daarom zijn onderzoekers nu bezig nieuwe controlemechanismen te ontwerpen, andere beschermingen en frisse principes, die toekomst met minder traagheid, tot in het extreme geval waarin alles geregeld wordt met vermogenslektronica.

Het scenario van 100 procent duurzame opwekking wordt door verschillende landen uitgerekend om te zien hoeveel opslag er nodig is om twee weken koud weer, bewolking en windstilte te overleven. Dat is het slechtste scenario, en dat vergt

enkele tot tientallen terawattuur aan opslag, afhankelijk van de grootte van het land. Hoe je het ook wendt of keert, dat is een enorme hoeveelheid energie. En als die energie uit de opslag ontsnapt, in welke vorm dan ook, is dat gevaarlijk. Je kunt de fysica niet foppen. Het is opgeslagen energie en als je dat niet strak in de ban houdt en het breekt los ... dan knalt het.

Maar er zijn vormen van opslag waar we goed in zijn, waar we ervaring mee hebben. Momenteel is waterstof een groot ding in Nederland. Er bestaan nieuwe grote hydrolyse apparaten met vermogens tot megawatts.

Daarmee kun je overvloedige stroom ergens vandaan omzetten in waterstof en dat, omgezet in een of andere gasvorm, opslaan in ondergrondse holtes. Zo'n opslag bevat enkele terawattuur. Dat is opslag op nationale grootte, je kunt er 's zomers energie in opslaan en het in de winter gebruiken.

Dat is één richting. De andere is opslag op het niveau van onderstations, dus op wijkniveau, of op het niveau van huishoudens. Dat kan nuttig zijn om capaciteitsproblemen te voorkomen. Ik bedoel: door elektrisch rijden en warmtepompen alleen al moet het distributienet een factor drie sterker uitgevoerd worden. Afgezien van de kosten zou je alle straten in de stad open moeten leggen. Vergeet dat maar. Dus dat is best een uitdaging. Er moet meer intelligentie in het elektriciteitsnet komen, en meer verdeelde opslag. Het zal een flinke puzzel worden van allerlei verschillende principes en technologieën om het elektriciteitsnet klaar te maken voor de 21ste eeuw.” 



**‘Het is mooi
geweest’**

Waarom is Nederland zo goed met water? Niet door de polders, maar omdat onze ingenieurs al eeuwenlang wereldwijd werken. Een terugblik met scheidend hydroloog Huub Savenije.

TEKST JOS WASSINK FOTO'S SAM RENTMEESTER

Hoogleraar hydrologie Huub Savenije (faculteit CiTG) nam op 28 september afscheid van de TU Delft. De dag ervoor bracht hij door met twintig van de 35 promovendi die hij heeft begeleid. Ze komen speciaal over uit Afrika, Azië en Zuid-Amerika. Het is tekenend voor de man wiens onderzoeksterrein altijd buiten Nederland heeft gelegen. “De hydrologie van Nederland is eigenlijk vrij oninteressant”, vindt hij. “Nederland is, zoals Louis XIV zei, een aanspoelsel van de Franse rivieren, en dat is het ook. Maar de Franse rivieren zijn wel vele malen interessanter, net als de hogere delen van de Rijn.”

CV

Prof.dr.ir. Huub Savenije is sinds 1998 hoogleraar hydrologie bij de Faculteit Civiele Techniek en Geowetenschappen, waar hij de onderzoeksgroep waterhuishouding leidt. Hij studeerde in 1977 af aan de TU Delft, werkte vervolgens vooral in Afrika en Azië en keerde in 1990 terug in Delft voor zijn promotie (1992). Twee jaar later werd hij benoemd als hoogleraar bij Unesco-IHE in Delft, en in 1998 als hoogleraar aan de TU. Hij was hoofdredacteur van het vakblad Hydrology and Earth System Sciences (HESS) dat in 2005 open access werd. Vorig jaar kende de American Geophysical Union (AGU) hem de International Award toe voor zijn bijdragen aan het vakgebied én de inzet van wetenschappers van ontwikkelingslanden.

Uw afscheidsrede ‘Is alles eraanstaand gevallen’ klinkt als een verwijzing naar uw intrede uit 2005, ‘Het meeste valt eraanstaand’. Wat is dat met er naast vallen?

“Ik heb het er naast vallen uitgelegd als een probleem van de hydrologie. We meten op hele kleine schaal en moeten uitspraken doen over de grote schaal. Maar het is ook een metafoor voor onderzoek dat vaak misgaat. Ik bedoel: niet alles is in de roos. Sterker nog, ik ben de heilige overtuiging toegedaan dat je heel veel mis moet schieten om ook een keer raak te schieten.”

Hoe helpt misschieten om iets te raken?

“Ik denk dat je alleen doorbraken bereikt door ongebaande paden te bewandelen. Je kunt natuurlijk op de gebaande wegen blijven, met heel veel concurrentie, want iedereen doet dat. Doorbraken vind je alleen op ongebaande paden, maar soms zijn het doodlopende wegen.”

Staat dat niet haaks op het wetenschapsbeleid van NWO dat doet denken aan wetenschap op bestelling?

“Dat bedoel ik er ook mee te zeggen. NWO en Europese beurzen verwachten dat je een risicovol voorstel indient. Maar beoordelaars zetten vervolgens vraagtekens bij de haalbaarheid en bij de aansluiting bij het bestaande. Dat dwingt je binnen gebaande paden. Het publiceert ook veel gemakkelijker. Een kleine verbetering van wat we al weten, vinden alle collega’s interessant, en ook fijn omdat ze genoemd worden in de referenties. Maar bij iets nieuws denken ze: ‘wat doet die vent nou?’ Of: ‘wat weet hij nou helemaal van mijn vak?’”

Savenije heeft vanaf het begin van zijn loopbaan in 1978 onderzoek gedaan naar de indringing van zout zeewater in open riviermondingen. Estuaria, zoals die gebieden heten, zijn rijke ecosystemen, vruchtbare visgronden en belangrijke landbouwgebieden. Zolang het zout niet te ver oprukt tenminste. Geïnspireerd door de kleurrijke verhalen uit Afrika en Azië van zijn leermeester professor Adriaan Volker, ging de jonge ingenieur Savenije eind jaren zeventig aan de slag met de zoutindringing in de Mozambikaanse estuaria.

Hoe ging uw onderzoek in de Mozambikaanse estuaria in zijn werk?

“Toen ben ik, volledig verstoken van literatuur en communicatie, gaan puzzelen. Ik ben gaan meten. Eerst dacht ik: dit is uitermate ingewikkeld. Dat had ik geleerd op college. Maar uit mijn metingen vond ik een opmerkelijke eenvoud. Ik kon de zoutindringing heel eenvoudig mathematisch beschrijven. Ik was er wel jaren mee bezig geweest natuurlijk, maar ik vond analytische vergelijkingen waarmee ik de zoutindringing eenvoudig kon beschrijven. Dat heb ik toen op vier estuaria in Mozambique toegepast. Daarna ben ik bij een consultant gaan werken en heb ik over de hele wereld gereisd, en overal bleek die theorie te kloppen.”

‘Daarnaast heb je de holisten, zoals ik, die kijken naar systeemgedrag’

Wereldwijd actief met oog voor overkoepelende patronen en internationale samenwerking, dat zou Savenije’s handelsmerk worden. In 1992 promoveerde hij op zijn vergelijkingen voor zoutindringing in estuaria. Maar hij bleef zich afvragen hoe het mogelijk is dat de uitkomst van zulke ingewikkelde driedimensionale stromingsprocessen, van zout en zoet water in een wijd vertakt patroon van stroompjes, kennelijk door enkele eenvoudige vergelijkingen beschreven kan worden. De sleutel van dat raadsel vond hij pas enkele jaren geleden toen hij een parallel begon te

zien tussen stroomgebieden, bloedsomloop en de nerven in een blad: de natuur kiest altijd de meest efficiënte weg.

Kunt u meer vertellen over die nervenstructuur in stroomgebieden?

“Kijk, je hebt twee soorten benaderingen. Reductionisten delen de wereld op in kleine stukjes en passen daar hun balansvergelijkingen op toe. Daarnaast heb je de holisten, zoals ik, die kijken naar systeemgedrag. Die gaan er vanuit dat een systeem meer is dan de som van de delen. Ik zie dat er in een stroomgebied patronen ontstaan, een soort nervenstructuur. Als water door een blaadje stroomt zie je een nervenstructuur, als water door je lichaam stroomt zie je een aderstructuur. Jouw en mijn aderen zijn niet hetzelfde, maar ze hebben wel hetzelfde patroon. Het patroon bepaalt hoe het bloed stroomt, en wel zo dat elke cel in je lichaam, bij elke hartslag, voldoende zuurstof krijgt. Dan is het opeens simpel.”

Ziet u dat patroon in de hydrologie terug?

“Uit observatie zie ik eenvoud, maar de basisvergelijkingen laten zien dat het ingewikkeld is. Hoe breng ik dat met elkaar in overeenstemming? Daar heb ik lang over gedacht, en ik denk dat het samenhangt met de tweede wet van de thermodynamica (de toename van entropie in een geïsoleerd systeem, red). Dat is een heel belangrijke wet die bepaalt dat alles richting heeft, dat wij ouder worden en niet jonger. Die wet beperkt ook de efficiëntie van processen, want al blijft de hoeveelheid energie behouden, de entropie neemt toe. Dus komt een deel van de energie als warmte vrij. Als ik het over patronen heb, dan is dat in wezen efficiëntie. Het patroon van je aderen is een heel efficiënte manier om zuurstof naar je cellen te brengen. Een stroomgebied met een bladstructuur is een heel efficiënte manier om water af te voeren.”

Was het idealisme dat u naar verre landen dreef, of een verlangen naar avontuur?

“Meer dan dat. Waarom is Nederland zo goed in water? Dat komt niet door onze polders. Dat is omdat Nederlandse ingenieurs altijd over de

hele wereld hebben gewerkt. Door ons koloniale verleden hebben we ervaring opgedaan met complexe, wilde systemen. Met cyclonen, enorme hoeveelheden regen en kolkende rivieren. Ik heb les gehad van Indiëgangsters zoals professor Adriaan Volker. Onze roem is gebaseerd op onze kennis van de wereld, niet alleen onze kennis van Nederland.”

‘Nederland is zo goed in water omdat Nederlandse ingenieurs altijd over de hele wereld hebben gewerkt’

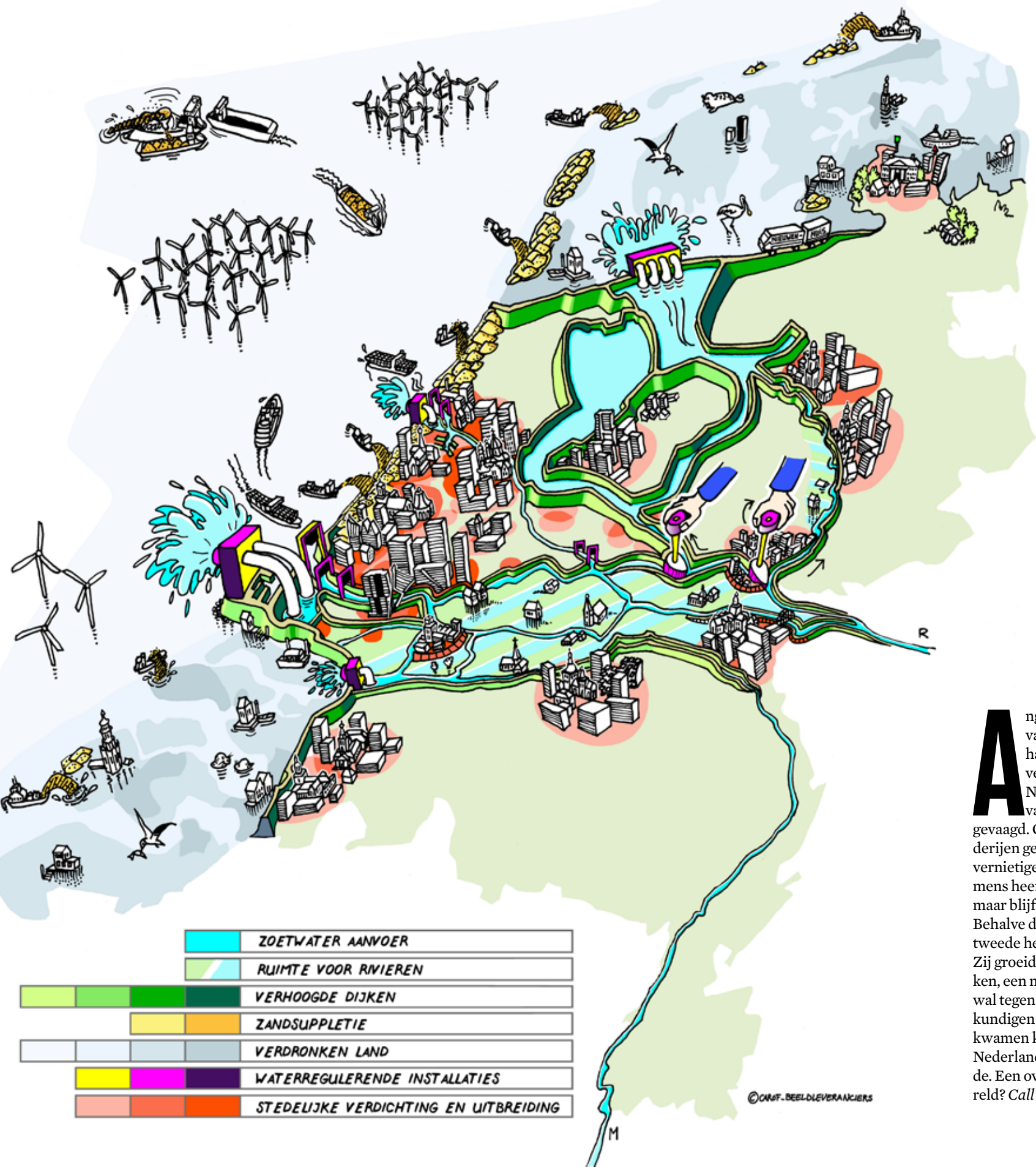
U was betrokken bij de opzet van het TU Delft Global Initiative. Kwam dat door dat besef dat Nederlandse ingenieurs kennis hebben van de hele wereld?

“Het is niet alleen humanitair goed om met ontwikkelingslanden samen te werken, het is ook goed voor Nederland. Het is belangrijk dat wij dit soort relaties aangaan. Iedereen heeft het over klimaatverandering. Dan moet je gaan kijken in landen waar nu het klimaat heerst dat wij straks krijgen. Bij ons zullen stormen heftiger worden. Als je dat wilt begrijpen, moet je kijken in landen waar cyclonen aan de orde van de dag zijn. Hydrologie als wetenschap betekent dat we de problemen van morgen helpen oplossen door kennis te nemen van hoe systemen werken. Daarvoor is Nederland te klein.”

Savenije praat snel en bevlogen. Tijdens het gesprek wordt hij gebeld uit Vietnam. “Deze moet ik even nemen, sorry.”

Het is moeilijk voor te stellen dat u ermee stopt.

“Dat zegt iedereen, maar zo is het wel. Ik heb er de laatste vijf jaar aan gewerkt om de lijntjes bij elkaar te laten komen. Ik ben al twee jaar bezig de boel af te ronden en ik kan er nu goed mee stoppen. Ik heb nog een paar promovendi die ik begeleid. Maar ik ga niet als oude vent voorop blijven lopen. Het is mooi geweest.” <<



Nieuw Nederlandje

De zeespiegel stijgt mogelijk veel sneller dan tot dusver werd aangenomen. De huidige maatregelen zijn dan niet meer voldoende om droge voeten te houden. Is het tijd voor radicale plannen?

TEKST: JOS WASSINK BEELD: CAROF BEELDLIVERANGIERS

Angst voor overstromingen is van alle tijden. De oudste verhalen stammen uit Genesis en vertellen van de redding van Noach met zijn ark. De rest van de schepping werd weggevaagd. Geschriften, etsen en schilderijen getuigen keer op keer van de vernietigende kracht van het water. De mens heeft leren leven met het water, maar blijft op zijn hoede. Behalve dan de Nederlanders uit de tweede helft van de twintigste eeuw. Zij groeiden op achter de Deltawerken, een monumentale verdedigingswal tegen de zee waar waterbouwkundigen vanuit de hele wereld naar kwamen kijken, en die lange tijd de Nederlandse trots en identiteit bepaalde. Een overstroming waar ook ter wereld? *Call in the Dutch*. Zij weten raad.

Dat zelfvertrouwen begint nu af te brokkelen, en de aloude angst voor het water sijpelt weer naar binnen.

Versnelde zeespiegelstijging
 “Toen ik in 1990 begon met onderzoek naar gevolgen van klimaatverandering was het een toekomststudie over iets dat heel ver weg ligt. Nu zien we dat de zeespiegel veel sneller kan stijgen en dat we in 2050 misschien al drastische maatregelen moeten nemen. Dan zijn mijn kinderen zo oud als ik nu.” Aan het woord is dr. Marjolijn Haasnoot, onderzoeker klimaat en water bij Deltares en aan de Universiteit Utrecht. Ze is hoofdauteur van het rapport ‘Mogelijke gevolgen van versnelde zeespiegelstijging voor de het Deltaprogramma’ (Deltares, september 2018). De eerste zin zegt het al: ‘De

zeespiegel kan mogelijk (veel) sneller gaan stijgen dan tot nu toe in aangenomen in het Deltaprogramma.’ Reden daarvoor is dat pas sinds kort bekend is dat ook het landijs op de Zuidpool afsmelt, terwijl tot nu toe werd aangenomen dat de klimaatverandering zich

‘We moeten misschien al in 2050 drastische maatregelen nemen’

nauwelijks manifesteerde op Antarctica. Nu blijken gletsjers onderspoeld te worden door warmer zeewater en daardoor af te breken. Daar komt bij dat het tamelijk onwaarschijnlijk is dat de temperatuurstijging tot het einde van deze eeuw tot 2 graden beperkt





blijft. In het beste geval, als alle landen de internationale afspraken nakomen, wordt het plus 3 graden, en anders nog meer.

De Delta-scenario's gaan uit van maximaal 1 meter zeespiegelstijging (ten opzichte van 1995) aan het einde van de eeuw. Maar volgens Haasnoot en collega's kan dat 2 tot 3 meter stijging worden in 2100 (bij plus 4 graden), en oplopen tot zelfs 5 tot 8 meter stijging in 2200, aldus Deltares. Wat betekent dat voor het Deltaprogramma?

Stelsel loopt vast

“We hebben studies gedaan naar 2 meter zeespiegelstijging voor het Delta-programma”, vertelt hoogleraar waterbouwkunde prof.dr.ir. Bas Jonkman. “Dat leek toen goed haalbaar zonder grote veranderingen in het systeem. Meer zand op de kust, dijken versterken en de stormvloedkeringen vaker sluiten. We schatten de kosten op een miljard euro per jaar. Dat is goed betaalbaar.”

Als het water hoger komt, dan loopt dat systeem vast. Vanaf een stijging van 1,2 meter kan de Maeslantkering beter vervangen worden door een sluis en vanaf plus 2,1 meter zal de Oosterscheldedam permanent dicht zijn, berekende Deltares. Technisch kan er veel, maar de betaalbaarheid komt onder druk, de risico's bij falen worden erg hoog, zout water dringt binnen via het grondwater en al het rivierwater zal actief het land moeten worden uitgepompt.



Vanaf twee meter zeespiegelstijging is het tijd voor een radicaal andere aanpak, en dat is waar ir. Geert van der Meulen deze zomer mee kwam in zijn afstudeerscriptie New Netherlands. Hij schetste een Nieuw Nederlandje en dat beeld intrigeert. In zijn ontwerp is Den Helder is een eiland geworden, en Assen een haven. De nieuwe Afsluitdijk loopt van Medemblik naar Lemmer. Alles daarboven behoort tot de Nieuwe Waddenzee. Aan de zuidwestkant hebben de Zeeuwse eilanden plaatsgemaakt voor een uitgestrekt natuurgebied. Het Groene Hart is volgebouwd om onderdak te verschaffen aan de 1,7 miljoen Nederlandse klimaatvluchtelingen. De helft van Nederland is stevig omdijkt en intensief bewoond, de andere helft is een nat natuurgebied.

De helft van Nederland is stevig omdijkt en intensief bewoond, de andere helft een nat natuurgebied



Van der Meulen vertelt dat hij in navolging van landschapsarchitect prof. ir. Dirk Sijmons heeft gekeken waar de essentiële ruggengraat zit, in dit geval van Nederland, en waar rek in zit. Wat zijn de gebieden met natuurlijk, stedenbouwkundig, industrieel en verzameld erfgoed die je moet beschermen, en wat kun je prijsgeven om de rest be-

ter te beschermen?

Zijn Nieuwe Nederlandje is een aanzet om verder te denken dan het huidige Delta-programma, zegt Van der Meulen. In de regel worden drastische maatregelen pas genomen na een ramp. Maar zeespiegelstijging is de ramp ‘die je wist dat zou komen’. Daar hoeven we ons niet door laten te verrassen.

Haasnoot pleit voor monitoring van het landijs op Groenland en de Zuidpool, en voor het ontwikkelen van rekenmodellen die de zeespiegelstijging met meer zekerheid kunnen voorspellen. Bas Jonkman voelt er wel voor om samen met de faculteiten Technische Bestuurskunde & Management (TBM) en Bouwkunde een ontwerpstudio op te zetten om ontwerpen te maken voor een Nieuw Nederland. Oplossingen zijn te bedenken tot plus tien meter, schat Jonkman. Daarna wordt het tijd om te verkassen. Johan van Veen, de vader van het Deltaplan, wist al: “Eens zullen we ons land met een zucht van verlichting aan de golven prijsgeven.” <<



DE ZAAK

In 2009 wint Rinke van Remortel de ontwerpwedstrijd voor de duurzame waterfles Dopper. Zeven jaar later kan hij door zijn verdiensten hier zijn vaste baan opzeggen en zich volledig focussen op zijn ontwerp bureau.

“Toen ik mijn ontwerp instuurde, dacht ik: dit zou best eens kunnen winnen”, zegt Rinke van Remortel, terugblikkend op de ontwerpcompetitie van Dopper. De opdracht: Ontwerp een herbruikbare fles voor kraanwater. Toen de wedstrijd werd uitgeschreven werkte hij nog als productontwerper bij VDL Hapro, een Zeeuws bedrijf dat dakkoffers en zonnepanelen maakt. Van Remortel ontwierp de inmiddels overbekende fles, waarvan je de dop ook als beker kunt gebruiken.

Dat de fles zo'n succes zou worden, had hij nooit verwacht. “In eerste instantie hoopten we alleen maar dat we uit de kosten zouden komen”, lacht hij. “Daarvoor moesten we 200.000 stuks verkopen. Maar inmiddels staat de teller op zeven miljoen.” Toen de verkoopaantallen bleven stijgen, besloot Dopper alle rechten op het product af te kopen. “Ik kreeg geen royalty's, maar ben er wel goed voor beloond.”

Al tijdens zijn studie speelde hij met het idee om voor zichzelf te beginnen. “Ook toen ik in vaste dienst was, bleef het kriebelen. Door de afgekochte rechten had ik een startkapitaal om het waar te kunnen maken. Ik dacht: als ik het nu niet doe, doe ik het nooit meer.” En zo geschiedde: in 2016 zegde hij zijn vaste baan op en ging fulltime aan de slag voor zijn eigen bedrijf, met zijn Dopper als visitekaartje.


Als eigen baas heeft Van Remortel een stuk meer afwisseling in zijn werk. “Ik doe nu elk deel van het produc-



tieproces zelf, als een klant dat wil. Van marktonderzoek, schetswerk, het doorwerken van prototypes tot het optimaliseren van de productie. Gelukkig ben ik in Delft breed opgeleid, zodat ik al die verschillende aspecten voor mijn rekening kan nemen.” De conceptontwikkeling is zijn favoriete onderdeel. “Het bedenken van een nieuw idee, bijvoorbeeld zo'n Dopper, dat vind ik het leukst.”

‘Het bedenken van een nieuw idee vind ik het leukst’

Eén van zijn laatste projecten was voor Zsilt, een Nederlandse start-up die strandspeelgoed van circulaire materialen maakt. Van Remortel ontwierp de eerste collectie met zeven verschillende producten, die volgend jaar op de markt komt. “De start-up wil duurzaam speelgoed maken en kwam door de Dopper bij mij terecht.”

Hij heeft duurzaamheid altijd interessant gevonden. “Ik denk dat dat automatisch ontstaat als je ontwerper bent. Je ziet dat veel producten op de markt overbodig zijn of niet milieuvriendelijk. Die worden vervolgens tegen lage prijzen gedumpt.” Dat moet stoppen, vindt Van Remortel. “Het is op lange termijn alleen maar vervuilend. Daarom wil ik me met mijn bedrijf bezighouden met duurzame kwaliteitsproducten.” 

Bedrijf: Remortel
Opgericht in: 2016
Studie: Industrieel ontwerpen
Aantal werknemers: Hijzelf en één stagiair
Missie: Producten ontwerpen die het eenvoudig maken om bij te dragen aan een duurzamere samenleving
Omzet: “Het is een eenmanszaak, dus dat fluctueert”
Doelgroep: (Vooraf) MKB-bedrijven die consumentengoederen produceren
Over vijf jaar: Een aantal mensen in dienst en een eigen label

Een landmark, zo kun je de markante oranje-blauwe toren van Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica gerust noemen. Het 90 meter hoge pand is symbool van de universiteit in de stad. Maar voor hoe lang nog? Het college van bestuur wil het gemeentelijk monument slopen.

Het pand werd in 1969 geopend en huisvestte aanvankelijk alleen Elektrotechniek. Later kwamen daar Wiskunde en Informatica bij. Die verhuisden eind vorig jaar al naar een pand achter Civiele Techniek en Geowetenschappen, want: bijna vijftig jaar na opening is de toren aan het einde van zijn levensduur. Het gebouw voldoet niet meer aan de wensen en eisen voor onderwijs en onderzoek, vindt de universiteit, zelfs niet na een ingrijpende en kostbare renovatie.

De TU onderzoekt nu sloop en werkt aan nieuwbouwplannen voor onderwijsruimtes en voor de afdeling Elektrotechniek op de parkeerplaats achter het pand. Daarna volgt nieuwbouw voor Wiskunde en Informatica en het Else Koolab, en moeten achter het huidige pand gebouwen komen voor onderwijs, onderzoek, kantoren en horeca.

De Stichting Docomomo Nederland, een werkgroep ter behoud van modern erfgoed, is tegen sloop en begon vorig jaar een petitie die 881 mensen ondertekenden.



Architecten:

- Van Bruggen
- Drexhage
- Sterkenburg
- Bodon

Eerste paal:

1962

Verdiepingen:

23



Delft viert eeuw stromingsleer

Honderd jaar geleden werd professor Jan Burgers in Delft hoogleraar stromingsleer. Stromingsprofessor Jerry Westerweel blikt terug en drie jonge onderzoekers kijken vooruit.

TEKST: JOS WASSINK, GIULIO DACOME FOTO'S: SAM RENTMEESTER

Het fijne van stromingsleer is dat het zich afspeelt op menselijke schaal. Water stroomt onder de brug, wolken schuiven door de lucht, en als het regent word je nat.

Mensen zoals prof.dr. Jerry Westerweel, hoogleraar vloeistofmechanica, zien stromingsleer overal om zich heen: turbulentie, bloedsomloop, vervuiling of windturbines. Alles stroomt. Wie eens door de ogen van een stromingsexpert wil kijken, kan terecht op de FYFD-website voor een niet-aflattende verwondering over vallende waterdruppels, viervoudige regenbogen, spontane lawines of vliegende vleermuizen.

Een eeuw geleden vonden professoren C.B. Biezeno en C.P. Holst dat er bij de afdeling werktuigbouwkunde en maritieme techniek behoefte was aan een docent die de theoretische basis kon leggen voor een beter begrip van

stromingen. De Leidse professor Paul Ehrenfest wees zijn oud-promovendus dr. J.M. (Jan) Burgers op de vacature. Burgers werkte toen onder leiding van de legendarische professor Henrik Lorentz aan de atoomtheorie, maar hij begon zich af te vragen of dit wel zijn lotsbestemming was.

Als belangrijkste vooruitgang in de afgelopen eeuw noemt Westerweel de meettechniek en de rekenkracht

In oktober 1918 ging Burgers in Delft aan de slag, en twee jaar later werden een windtunnel en een sleeptank in gebruik genomen. Burgers vermeldt dat in zijn memoires die hij in 1975 in Maryland (Verenigde Staten) op schrift zette. Theorie en experiment werden onder zijn leiding hand in

hand ontwikkeld, een benadering die tot op de huidige dag kenmerkend is voor de Delftse stromingsleer. Dat kwam ook voorbij op het symposium Flows are everywhere op 18 oktober ter ere van honderd jaar stromingsleer in Delft. De toekomst kwam daar ook ter sprake met vooruitblikken van drie jonge onderzoekers.

MEETTECHNIEK VERANDERD

Maar eerst nog dat verleden vol mooie verhalen. Zou Jan Burgers het huidige laboratorium herkennen? Westerweel (1964) denkt van niet: "We hebben een kast met oude instrumenten, maar verder is alles totaal anders qua meettechniek. Een windtunnel blijft een windtunnel, dat idee stamt uit de begintijd, maar de meettechniek is enorm veranderd. Burgers deed metingen aan windsnelheid en turbulentie met een gloeidraadje. De afkoeling was een maat voor de snelheid ter plaatse. Uit de variatie van snelheid kon je de mate >>

van turbulentie afleiden. Turbulentie was toen het belangrijkste onderwerp en dat is het eigenlijk nog. De briljante fysicus Richard Feynman zei in de jaren '60 al dat turbulentie een van de onopgeloste problemen van de fysica was. Daar wilde zelfs hij zijn vingers niet aan branden.”

ZWEMMEN MET HAAIEN

Als belangrijkste vooruitgang in de afgelopen eeuw noemt Westerweel de meettechniek en de rekenkracht. “Burgers mat met zijn gloeidraad in één punt. We kunnen nu honderd-duizend punten tegelijk meten. Het meetvolume is zo groot als een portemonnee, maar we breiden dat uit naar grotere volumes. Recent hebben we onderzoek gedaan in het haaienaquarium van Diergaarde Blijdorp. We wilden zien of we duizend valse haringen in een school konden volgen terwijl ze aangevallen werden door een haai. Daarvoor pasten we de meettechniek aan van tien bij tien centimeter naar tien bij zes meter en 25 meter diep. Twee duikers zwommen rond met een kalibratieplaat terwijl een derde duiker met een stok de haaien uit de buurt moest houden. We hebben vier gekoppelde camera's opgesteld voor een se-



Prof. dr. Jerry Westerweel

rie driedimensionale beelden die laten zien hoe een school haringen uiteen wijkt en weer samschoolt als er een haai doorheen schiet.”

Het berekenen van stromingen kwam in de jaren '80 op gang toen de computers krachtig genoeg werden. Hoe turbulenter de stroming, hoe complexer de berekening. Het Reynoldsgetal, grofweg de verhouding tussen stroomsnelheid en viscositeit, wordt gebruikt als maat voor turbulentie. De stelregel luidt dat bij een Reynoldsgetal 2.000 de stroming omslaat van

“We wilden zien of we duizend haringen in een school konden volgen terwijl ze aangevallen werden door een haai”

laminair naar turbulent. Westerweel: “Die simulaties gaan voor steeds hogere Reynoldsgetallen goed. Ten tijde van mijn promotie in 1993 was de stroming in een buis goed te simuleren tot Reynoldsgetal 5.000. Nu zit de simulatiegrens op 50.000 tot 100.000, en dan wordt het industrieel interessant. Daarmee komt Large Eddy Simulation, een wiskundig model om turbulente stromingen te berekenen, beschikbaar voor industriële problemen.” Hij pakt er een iPad bij en tikt op het scherm. Een stroming vloeit langs ronde obstakels waarbij zich wervels vormen in het kielzog. “Je ziet hoe wervels worden afgeschud”, zegt de stromingsprofessor. “Hier was eind jaren '80, begin jaren '90 een supercomputer voor nodig, maar dit draait nu gewoon op je telefoon.”

DE KOMENDE HONDERD JAAR

De huidige generatie stromingsonderzoekers heeft ultrasnelle 3D-meettechniek en krachtige computers om hun Navier-Stokes-vergelijkingen te berekenen. Om hen heen verandert de wereld en daarmee de toepassingen

van hun vak. Het zal de komende honderd jaar wellicht meer gaan om windturbines, aardwarmte, warmtepompen en warmtewisselaars dan om raffinaderijen en dieselmotoren.

Westerweel waagt zich niet aan voorstellingen. Dat laat hij over aan drie dertigers die met een frisse blik naar het honderd jaar oude vak kijken. Op het symposium Fluid Mechanics Centennial, georganiseerd in samenwerking met het J.M. Burgerscentrum, spraken dr. Daniel Tam (TU Delft), dr. Alvaro Marin (Universiteit Twente) en dr. Hanneke Gelderblom (TU Eindhoven) over hun verwachtingen ten aanzien van de komende honderd jaar stromingsleer.

Waarom moeilijk doen met vergelijkingen, vroeg Gelderblom zich af voor een zaal met stromingsexperts. Neurale netwerken en zelflerende systemen worden overal toegepast, dus waarom niet in de stromingsleer? Zou het mogelijk zijn om stromingsdata in een getraind neuraal netwerk in te voeren en gewoon af te wachten waar het systeem mee komt? Wie zou dan nog Navier-Stokes-vergelijkingen nodig hebben? Gelderblom verwierp het gedachte-experiment al snel met de overtuiging dat de analyse van elk probleem betekent dat je terugrijpt op de theorie. Redeloos rekenen is geen alternatief voor de probleemanalyse.

DOM REKENEN

Toch is Gelderblom niet de enige die wordt verleid door de goedkoop beschikbare rekenkracht. Daniel Tam, vorig jaar benoemd tot docent van het jaar bij de faculteit 3mE, merkt dat het lastig is om studenten duidelijk te maken wat de fysische principes achter de waarnemingen zijn, en waarom dat van belang is. “Studenten stoppen liever de hele proefopstelling in MATLAB en laten de computer rekenen”, zei Tam.

De verhouding tussen experiment en simulatie is aan het verschuiven richting cyberspace. Toename in rekenkracht en betere numerieke methoden hebben ertoe geleid dat simulaties



Een roeiblad (schaal 1:2) beweegt door een horizontaal vlak met laserlicht terwijl een camera onder de opstelling door 10 cm dik glas de stroming vastlegt. Promovendus Ernst-Jan Griffit onderzoekt versnellende en vertragende stroming rond het blad om te zien hoe roeiers sneller kunnen gaan.

goedkoop en redelijk betrouwbaar zijn geworden. Onderzoekers kunnen er situaties mee doorrekenen die experimenteel niet te reproduceren zijn. Toch blijft Tam zijn reserves houden. “We weten niet goed hoe we met computers moeten werken”, vindt hij. Computermodellen genereren bergen aan data, vaak meer dan onderzoekers aankunnen. “Voor de stromingsleer zijn de snelheden in x,y en z-richting met de druk erbij voldoende. Maar een computermodel gooit er ook nog de temperatuur bij en dan gaat het echt los.” De meest algemene manier om vloeistofstromen te analyseren met de computer heeft Computational Fluid Dynamics (CFD), en de hoeveelheid data die daar uitkomt, is zo groot dat er uitgebreide nabewerking moet plaatsvinden om er begrijpelijke resultaten uit te halen. Ook spreker Alvaro Marin ziet dat experimenten worden verdrongen door computersimulaties, vooral als het gaat om grote Reynoldsgetallen. Toch vindt ook Marin dat de uitkomsten van simulaties altijd gevalideerd moeten

worden met experimentele data. Redenen daarvoor zijn dat het model niet compleet kan zijn, de onderzoekers kunnen wat over het hoofd hebben ge-

Neurale netwerken en zelflerende systemen worden overal toegepast, dus waarom niet in de stromingsleer?

zien, of er kan een programmeerfout in de simulatie zitten. En tot slot is het een kwestie van veiligheid om te weten dat de voorspellingen overeenstemmen met de werkelijkheid.

EXOTISCHE VLOEISTOFFEN

Naast simulaties en experimenten signaleert de jonge generatie verdere ontwikkeling van theorie over complexe vloeistoffen, of vloeistoffen op nanoschaal. Tam bijvoorbeeld

bestudeert vloeistoffen op de schaal van levende cellen. Hierbij lijkt de vloeistof uit zichzelf te stromen, in plaats van dat er een externe kracht of aandrijving nodig is. Ook is de vloeistof niet meer homogeen, waardoor de Navier-Stokes-vergelijkingen veel complexer worden. Dit geldt ook voor vloeistoffen waaraan polymeren of deeltjes zijn toegevoegd. De industrie ontwikkelt steeds vaker exotische vloeistoffen zoals sneldrogende inkt of snelklevende inkt die in de praktijk goed voldoen, maar waarvan het begrip duister blijft. Wil de stromingsleer ook in de toekomst met buitenissige vloeistoffen een rol van betekenis blijven spelen, dan zullen ook de theoretische grondslagen verder ontwikkeld moeten worden. Een stevige theoretische basis dus voor een beter begrip van stromingen. Dat is grappig genoeg de zelfde opdracht die Jan Burgers een eeuw geleden kreeg bij zijn aanstelling in Delft.

Fuck Yeah Fluid Dynamics:
fyfluidynamics.com

HORA EST

De suggestie dat onze technologie het uiteindelijk van ons zal overnemen is een grove over- en onderschatting van de mens.

Niko Vegt, industrieel ontwerper

“Ik erger mij aan tv-programma’s waarin wordt beweerd dat de technologie het van ons zal gaan overnemen. Daarmee overschatten we onszelf; veel van de redenen die men ervoor geeft, zijn niet realistisch. Technologie-ontwikkelaars praten ons dit toekomstbeeld aan omdat zij ons hun projecten willen verkopen. Maar we moeten onszelf ook niet onderschatten. Als mensen zijn we heel goed in staat te bepalen wat wel en wat niet werkt op het gebied van technologie.

We moeten vooral focussen op zaken die nú relevant zijn. Zo ben ik bezig met een project over laagopgeleiden en digitale geletterdheid. Daarbij moeten we eerst nagaan hoe mensen om kunnen gaan met apps en websites. Robots die iets van ons overnemen zijn helemaal nog niet aan de orde. We moeten dus niet te ver op de zaken vooruit willen lopen.”

Het is in de 21^e eeuw onbegrijpelijk dat de meeste schepen nog steeds ontworpen en geoptimaliseerd worden voor zelden voorkomende condities.

Geert Kapsenberg,
scheepsbouwkundig ingenieur



Er moet iets gebeuren om een leven in de academische wereld minder stressvol en minder onzeker te maken.

Ruben van Drongelen, natuurkundig ingenieur

Om wetenschappelijk werk populair en toegepast te krijgen zijn, net als in veel andere velden, eenvoud en een luide stem vaak belangrijker dan kwaliteit.

Willem Geert Versteijlen, offshore ingenieur

Een koffiepauze op een conferentie of symposium een “netwerkpauze” noemen, zorgt voor onnodige druk op jonge PhD studenten en werkt averechts.

Erik Gillebaart, luchtvaartkundig ingenieur

Geen enkele wetenschapper kan zijn/haar analytische denken overbrengen naar alle aspecten van het leven.

Ignacio Olavarria, natuurkundig ingenieur

In een circulaire economie betekent écht innoveren nadenken over wat er met een product gebeurt in elke fase van zijn levenscyclus.

Marcel den Hollander, industrieel ontwerper

Vooruitgang in de civiele techniek wordt tegenwoordig gemeten aan de mate van multidisciplinair belang.

María Ibáñez, hydraulisch ingenieur

Leven kan worden gezien als een optimalisatieproces tussen vrije tijd, energie en geld, waarbij de verschillende fases van het leven kunnen worden gekarakteriseerd door hun eigen constellatie.

Peter Anker, elektrotechnisch ingenieur

Na Delft

Al vanaf de middelbare school hield Sandra Bruil van de combinatie van techniek en creativiteit. “In klas vier gingen we kijken naar vervolgstudies. De eerste opleiding waar mijn oog op viel, was edelsmeden, een mbo-opleiding. Mijn docent zei toen meteen dat ik beter in de wo-map kon kijken.” Al snel kwam ze uit bij de TU Delft en koos voor industrieel ontwerpen. “Dat bleek een goede keuze. Vooral de projecten waarbij we iets tastbaars moesten maken, vond ik leuk.”

Na haar bachelor zat het edelsmeden nog steeds in haar achterhoofd. Ze besloot een tussenjaar in te laten en het eerste jaar van de vakopleiding edelsmeden in Schoonhoven in deeltijd te volgen. Voor haar eerste praktijkopdracht kreeg ze een 5,5. “Daar schrok ik van. Onbewust dacht ik: na een TU-studie moet dit me prima afgaan. Maar je hebt meer nodig dan puur intelligentie.” Het maakte Bruil alleen maar ijveriger. Het eerste jaar beviel zo goed, dat ze de hele opleiding edelsmeden naast haar IO-master afmaakte. Met beide diploma’s op zak, schreef ze zich in bij de Kamer van Koophandel als sieradenontwerper. Ook ging ze aan de slag als *user experience-designer*, in loondienst. Tot begin 2018. “Toen dacht ik: wat wil ik echt? Ik besloot mijn baan op

Sandra Bruil heeft altijd een fascinatie voor edelsmeden gehad. Ze besloot haar master industrieel ontwerpen te combineren met een vakopleiding tot edelsmid. Sinds kort runt ze fulltime haar eigen sieraden-ontwerpbedrijf.



Naam: Sandra Bruil (31)
Woonplaats: Rotterdam
Burgerlijke staat: Samenwonend
Opleiding: Industrieel ontwerpen
Vereniging: Sint Jansbrug
Functie: Eigenaresse Lasand

Foto: Sam Hermmeester

te zeggen en me helemaal op mijn bedrijf te focussen.” Nog dagelijks heeft ze profijt van de dingen die ze tijdens haar opleiding industrieel ontwerpen leerde. “Ik werk met de *user centered design*-methode. Ik gebruik het verhaal van de klant als input voor het ontwerp.” Bruil vindt het daarom belangrijk om veel tijd uit te trekken voor een eerste gesprek met de klant. “De betekenis die het sieraad voor de klant heeft, staat centraal als ik ga ontwerpen.” Tijdens haar TU-studie leerde ze ook werken met een 3D-printer. Daardoor is ze naar eigen zeggen één van de weinige edelsmeden die het hulpmiddel goed weet te gebruiken. “Binnen het vak kijkt

men vaak neer op gietwerk, alsof je het jezelf dan te makkelijk maakt. Voor mij is het juist een manier om ideeën die te gedetailleerd zijn om met de hand te maken, tóch te kunnen ontwerpen.” Terugkijkend op haar tijd op de TU, zegt ze blij te zijn met de mentaliteit die er heerste. “Als je een idee had, zeiden ze: ‘Ga maar maken, kijk maar wat er gebeurt!’ Dat vind ik een fijne instelling.” Met een bedrijf aan huis, is de drempel voor klanten om ‘even’ binnen te lopen soms hoog, zegt Bruil. “Daarom hoop ik in de toekomst een ruimte te kunnen huren voor mijn eigen atelier.”

Persoonlijk

Rhythmia Shinde (faculteit TBM) is verkozen tot Best Graduate 2018. Zij rondde twee masterprogramma's binnen twee jaar af: Engineering and Policy Analysis en Computer Science; het eerste omvatte ook veldwerk in India, het tweede betrof een afstudeerproject bij ETH Zürich. "Ik hou van onderzoek", vertelde Shinde eerder aan journalistiek platform Delta. De Best Graduate 2018 won een geldbedrag van 2500 euro en een nieuwe laptop. De prijs wordt jaarlijks uitgereikt door het Universiteitsfonds Delft.

Prof.dr.ir. **Sybrand van der Zwaag** ontvangt de prestigieuze gouden Grande Médaille van de Franse Materiaalkunde-vereniging SF2M voor het totale onderzoekswerk in zijn loopbaan. Hij is in de 70-jarige geschiedenis van de prijs de eerste Nederlandse wetenschapper die de medaille krijgt toegekend. Eerdere prijswinnaars zijn beroemde metaalkundigen zoals Bain, Mott, Haasen, Pineau, Rappaz en Purdy.

Voormalig rector magnificus prof.ir. **Karel Luyben** is benoemd tot chairman of the Executive Board of EOSC (European Open Science Cloud). Luyben is al jaren een voorvechter van Open Science. Als chairman vertegenwoordigt Luyben het Europese samenwerkingsverband van technische universiteiten CESAER.

Waterbouwkundige prof.dr.mr.ir. **Neelke Doorn** bekleedt de nieuwe leerstoel Ethics of Water Engineering bij de faculteit TBM. Doorn studeerde civiele techniek en wilde als eerstejaars al met techniek de wereld verbeteren. "Soms is het juist belangrijk om niets te bouwen", betoogde zij in haar intreerede.

Delft heeft er een nieuwe topsport-vrouw bij. Eerstejaars werktuigbouwkunde en wielrenner **Rozemarijn Ammerlaan** (18) werd in oktober wereldkampioen tijdrijden voor de junioren in Innsbruck. Over de combinatie topsport en wetenschap, vertelde ze aan Delta: "Een kwestie van goed plannen."

Alles elektrisch

Als deze maand de pennen neergaan, hebben meer dan honderd organisaties bijna een jaar lang vergaderd, gesteggeld en geruzied over het Klimaatakkoord, de marsroute naar een halvering van de Nederlandse broeikasgasuitstoot in 2030. Een van de belangrijkste gereedschappen bij die mega-operatie is elektrificatie. Oftewel: dingen die we met steenkool, olie en aardgas doen – 93% van de energiemix – voortaan laten draaien op stroom. Groene, welteverstaan. Denk aan autorijden, woningen verwarmen en spulletjes maken in fabrieken.

Elektrificatie is een goed idee. Zoals we nu met een glimlach naar de kolenkit kijken, zullen generaties na ons glimlachen om hoe wij brandbare goedjes in een keteltje of tank deden en vervolgens aanstaken om het maar niet koud te krijgen of om van A naar B te komen.

"En die uitlaatgassen dan, oma? Tja, lieverd, die ademden we in."

Imago-technisch mag elektriciteit niet klagen. Onzichtbaar, onhoorbaar, onruikbaar en in het rijke, ontwikkelde Westen altijd en overall beschikbaar. En hoewel er in datzelfde Westen actiegroepen tegen zo ongeveer alles zijn, moet de eerste tegen het fenomeen stroom nog worden opgericht. Toch betekent dat niet dat alles rozengeur en maneschijn is. Zo is er al verzet tegen het vervoer van stroom. Bezorgde burgers willen 380kV-hoogspanningstracés – nodig om massaal op stroom over te stappen – niet door hun achtertuin. Maar vooral het maken van die stroom stuit op verzet.

Wie glunderend groen z'n Tesla Model S vol staat te gooien met elektronen, laadt voor 86 procent fossiel. 14 procent is hernieuwbaar. Die verhouding verandert de komende jaren ingrijpend. In 2030 moet 70 procent schoon zijn, is het plan. Grote vraag is vooral waar dat vandaan moet komen. Alle bronnen hebben namelijk nadelen, zoals minister Wiebes in oktober omstandig benadrukte in de Tweede Kamer. En dus is er niet alleen een afkeer van fossiel, maar steeds vaker ook van z'n hernieuwbare neefjes en nichtjes. Die nemen veel plek in, tasten de natuur aan en zijn lelijk, heet dat dan. En dus zijn 'we' tegen het volzetten van 20 procent van de Noordzee met windturbines, tegen uitgestrekte zonneparken ter grootte van honderden aaneengesloten voetbalvelden vol spiegelende zonnecellen, tegen het gebruik van biomassa, want nog erger dan steenkool, zoals sommigen zeggen, en uiteraard tegen kernenergie.

Hoeveel er dit jaar ook aan de vijf klimaattafels over het nationale Klimaatakkoord is vergaderd, gesteggeld en geruzied, een masterplan voor hoe we deze eeuw aan onze energie komen, ligt er niet. Dat is niet vreemd. Nederland is geen land van vergezichten en grote gebaren.

Wij improviseren ons liever vol goede moed een weg voorwaarts. Zo doen wij dat. Inclusief veel ruimer, gedoe en oeverloze ophef. Twee stappen voorwaarts, eentje terug. Met de elektrificatie van Nederland zal dat niet beter worden, misschien wel slechter.

Ir. Remco de Boer is communicatiespecialist techniek & wetenschap.



Calvin Rans is verkozen tot Beste Docent van de TU Delft. Hoe motiveert hij zijn studenten?

Wat betekent deze verkiezing voor u?

"Het is anders dan verkozen worden tot beste docent van je faculteit. Mijn inspanningen zijn nu breder zichtbaar dan alleen in mijn luchtvaart- en ruimtevaarttechniekbubbel. Het is een mooie prijs om te ontvangen."

U gebruikt blended learning – een mix van online en on campus onderwijs – in uw eerstejaarsvak mechanics of materials. Studenten kijken filmpjes en werken vervolgens samen aan oefeningen. Leidt dit tot betere resultaten?

"De studenten die het vak halen, doen het inderdaad beter. Zo'n 35 tot 40 procent van de studenten haalt het vak niet. Doordat ze korte video's over specifieke onderwerpen kunnen bekijken in plaats van volledige colleges, blijft er in de klas meer tijd over om te praten over waar ze mee worstelen."

U kwam zelfs naar de klas in ijshockeykleding. Waarom?

"De manier waarop het lesmateriaal wordt gepresenteerd kan erg saai zijn. Blended learning geeft meer ruimte. Ik besloot om een echte engineering-toepassing te demonstreren in plaats van berekeningen uit te voeren. Ik ben Canadees en ik hou van ijshockey, dus bracht ik een hockeystick mee. We hebben een video bekeken van iemand die een slap shot maakte en naar de buiging van de stok keek."

Zit er veel techniek in een hockeystick?

"Mensen denken dat het een simpele stok is, maar de eigenschappen passen zich aan het spel aan. In wezen is het een gekalibreerde katapult. Het ontwerp van de stick is erg belangrijk voor hoe je de puck werpt."

Kreeg u feedback van de studenten?

"Ja, ze werden enthousiast. Het



Foto: Sam Hermesteer

geheim van lesgeven, is dat je een zaadje plant. Als studenten niet kunnen zien waar iets mogelijk nuttig voor is, wordt het gewoon een eindeloze oefening."

U schreef dat u een online studieboek voor ruimtevaartenieurs wilt ontwikkelen?

"Daar is mijn onderwijsbeurs voor. Alle studieboeken voor het tweedejaarsvak structural analysis & design dat ik geef, zijn verouderd. Ze focussen erg op wiskunde en analyses. Ik wil een digitaal boek maken met blended-learningvideo's. Dan kunnen studenten virtuele experimenten uitvoeren."

Wat wilt u doen met uw prijs?

"Van de 5000 euro voor educatief gebruik wil ik een HoloLens kopen, een augmented reality-headset. Je kunt hiermee hologrammen projecteren, 3D-modellen toevoegen en ermee communiceren. Ik speel graag met nieuwe leertechnieken om te zien hoe nuttig ze zijn." (CvU)

Beste Docentverkiezing
Studenten van alle acht faculteiten kiezen hun Beste Docent. Uit deze acht kiest een jury, bestaande uit onderwijsdirecteur Rob Mudde, leden van de studentenraad, de Studieverenigenraad en de winnaar van vorig jaar, de beste docent van de TU Delft. Calvin Rans dingt mee naar de landelijke titel, die op 13 april 2019 wordt bekendgemaakt.

OVERDAG WETENSCHAPPER, 'S AVONDS MUZIKANT

De in India geboren Vasudevan Lakshminarayanan kreeg in 2011 een TU Delft Excellence-beurs van de TU Delft om Chemical Engineering te komen studeren. Dat bleek een beslissend moment in zijn leven. Hij gelooft sterk in de kracht van het (terug)geven.

Vasudevan Lakshminarayanan is expert op het gebied van hydrogels, die het grote publiek vooral kent van babyluiers, haarverzorgingsproducten en dergelijke. “Luiers bevatten een polymeer die honderden keren zijn eigen gewicht in water kan opzuigen”, legt Lakshminarayanan uit. “Ik heb me vooral beziggehouden met supramoleculaire hydrogels. Die bestaan uit kleinere moleculen die zichzelf spontaan samenvoegen wanneer ze worden geactiveerd door een ‘trigger’ zoals de pH-waarde, licht, temperatuur of zelfs een enzym.” De toepassingsmogelijkheden voor zulke materialen zijn legio, bijvoorbeeld als hulpstof in geneesmiddelen, maar ook als toevoeging om de vloeibaarheid van coatings of verf te regelen.

MICROPATCHES

Als promovendus binnen de onderzoeksgroep Advanced Soft Matter onderzocht hij de relatie tussen de mechanische eigenschappen en de structuur van zulke hydrogels. “Samen met een onderzoeker van de Universiteit van Amsterdam heb ik een model gemaakt om de eigenschappen van hydrogels te voorspellen”, vertelt hij. “Bij een ander project heb ik een methode ontwikkeld om hydrogel-micropatches te maken. De volgende stap is om die methode door

te ontwikkelen tot een schaalbare techniek voor massaproductie.” Lakshminarayanans interesses gaan verder dan zijn eigen vakgebied. Zo werkte hij aan de visualisatie van onderzoeksmonsters met behulp van zogenaamde cryogene transmissie-elektronenmicroscopie (cryo-TEM). “Tot mijn vreugde heeft een aantal samenwerkingen publicaties opgeleverd. Onlangs hebben we een artikel gepubliceerd over gestuurde zelfassemblage op nanoschaal, een procedé dat kan worden gebuikt om virussen af te vangen bij waterzuivering.”

PRINGLES

Zijn eerste kennismaking met Delft was toen hij als bachelorstudent een stage aan de universiteit van Münster deed. “Ik las dat de TU Delft een interessante masteropleiding chemical engineering had, met speciale aandacht voor product-engineering en moleculaire technologie.” Dat waren allebei onderwerpen waarin hij van jongs af aan was geïnteresseerd: “Ik weet nog dat ik mijn scheikundedocent de ingrediënten op een koker Pringles liet zien en vroeg: ‘Mevrouw Sundari, wat doen deze stoffen?’ Het fascineerde me dat dagelijkse producten in feite formules zijn die bestaan uit verschillende chemische ingrediënten.”

Onderwerp van zijn afstuderen bij de Advanced Soft Matter groep (ASM) was het capsuleren van medicijnen. “Ik verdeelde mijn tijd tussen DSM en de universiteit. DSM is een leider binnen de productie van actieve stoffen voor gebruik in levensmiddelen.

‘Ik ben tot het inzicht gekomen dat je niet alles hoeft te weten, je moet alleen alles willen leren’

Ik onderzocht of een bepaald antischimmelmiddel kon worden gebruikt in voedingsmiddelen door dit in een nanocapsule van polymeer te stoppen.” Lakshminarayanan studeerde cum laude af en zijn onderzoeksresultaten werden in 2013 gepresenteerd tijdens de conferentie van het American Institute of Chemical Engineers.

PRESTATIES

Dat was slechts één bijzondere prestatie uit een lange lijst. “Ik ben twee keer cum laude afgestudeerd en heb twee belangrijke beurzen ontvangen”, vertelt Lakshminarayanan. “Maar in de loop der jaren ben ik gaan inzien dat je kunt presteren



Vasudevan Lakshminarayanan: “Voor mij is de TU Delft de perfecte plek om kastelen te bouwen.”

op verschillende gebieden: je kunt academisch uitstekende prestaties leveren, maar er zijn ook persoonlijke mijlpalen te behalen. Soms moet je even terugdenken aan waar je vandaan komt, kijken naar waar je nu bent en je bescheiden opstellen. Want hoeveel toppen je ook bereikt, er is altijd een hogere berg om daarna te beklimmen.”

TERUGGEVEN

Hij gelooft sterk in het belang van teruggeven. “Ik heb een aantal bachelor- en mastervakken gedoceerd en ben mentor geweest van twee masterstudenten. Het is heel leuk om te zien dat die het nu goed doen. Het is bijzonder om op die manier iets te kunnen betekenen voor iemand anders.” Hij zou volgende generaties studenten het volgende willen adviseren: “Tijdens mijn lange studietijd ben ik tot het inzicht gekomen dat je niet alles hoeft te weten, je moet alleen alles willen leren. Dat is de beste houding om elke kans optimaal te benutten.” Lakshminarayanans aangeboren nieuwsgierigheid dreef hem ook tot activiteiten buiten zijn studie en onderzoek om: “Tijdens mijn

masteropleiding was ik voorzitter van ISA Delft, de vereniging van Indiase studenten. Daarnaast heb ik in het bestuur van YoungDelft (organisatie voor jonge medewerkers van de TU Delft) gezeten, en momenteel zet ik me in als vrijwilliger voor TU Delft Alumni Relaties. Zo ben ik betrokken bij de alumni van de Scholarship Club, een platform voor studenten die een studiebeurs hebben gekregen van de TU Delft. Zelfs tijdens mijn bacheloropleiding organiseerde ik evenementen, bijvoorbeeld symposia voor de afdeling Chemical Engineering. En ik ben vicevoorzitter van de club voor Indiase klassieke muziek van mijn universiteit geweest.”

MUZIEKLIEFHEBBER

Dat laatste kwam omdat zijn tweede liefde de muziek is: “Ik ben zanger en treed op. Je zou kunnen zeggen dat ik overdag wetenschapper ben en 's avonds muzikant. Ik ben lid van Zangam, het koor voor klassieke Indiase muziek in Nederland. Ik zit ook in een band genaamd Madras Chorus.” Muziek combineren met onderzoek is een kwestie van de balans vinden, vindt

Lakshminarayanan. “Ze zeggen wel dat de rechterhelft van de hersenen de creatieve kant is en de linker de intellectuele, maar soms denk ik dat er in mijn hersenen dynamisch tussen die twee wordt geschakeld: ik krijg energie uit de rechterhelft en stuur die naar de linker, of omgekeerd.”

ZANDBAK

Terugblikkend vergelijkt hij de TU Delft glimlachend met een grote zandbak. “Op het schoolplein zie je meestal twee soorten kinderen: kinderen die simpel geultjes graven en kinderen die prachtige zandkastelen bouwen. Voor mij is de TU Delft de perfecte plek om kastelen te bouwen. Als je genoeg inzet en doorzettingsvermogen hebt om je visie tot werkelijkheid te maken, zul je altijd steun vinden voor je ideeën.”

Ben je geïnspireerd door dit verhaal? En wil je graag ook jouw mogelijkheden tot blijvende betrokkenheid bij de TU Delft verkennen? Dan komen we graag met jou in contact. Stuur een email naar alumnirelations@tudelft.nl.

ALUMNI NIEUWS

Alumni Activiteiten

22 december

Alumni Sinterklaasborrel Istanbul

21-26 Januari

Alumni Tour China met events in Hongkong, Beijing en Shanghai (check de website voor de definitieve datum per locatie)

Aanmelden kan via de alumni community tudelftforlife.nl of via de website alumni.tudelft.nl.

Contact:

Vragen, opmerkingen of ideeën?
E-mail: alumnirelations@tudelft.nl
Website: alumni.tudelft.nl
Community: tudelftforlife.nl

'TU Delft for Life' is de online community voor alle Delftse alumni. Breed je netwerk uit, kom in contact met oud studiegenoten en blijf op de hoogte van het laatste nieuws en evenementen. Meld je aan via tudelftforlife.nl. Je kunt er ook je (adres)gegevens of communicatievoorkeuren wijzigen.



Online alumni community TUdelftforLife.nl bereikt 5.000 leden

Delfts ingenieur ben je niet voor even, het drukt een stempel op je leven. Een stempel om trots op te zijn! TUdelftforLife.nl is de wereldwijde ontmoetingsplaats voor alle Delftse alumni. Een plaats waar inmiddels meer dan 5.000 alumni met elkaar in contact kunnen komen en op de hoogte blijven van het laatste nieuws en evenementen. De online community krijgt ook steeds meer mogelijkheden. Zo kun je binnen de community lid worden van verschillende groepen, bijvoorbeeld thematische, geografische of van een studievereniging.

Wil jij ook lid worden van deze groeiende en bloeiende community? Een account aanmaken is heel eenvoudig:

1. Ga naar 'www.tudelftforlife.nl'
2. Kies 'Sign Up' bovenaan de pagina
3. Kies bij voorkeur 'Register with LinkedIn'
4. Volg de stappen en beantwoord enkele vragen
5. Er wordt geverifieerd of je alumnus bent
6. Welkom, je bent nu onderdeel van TUdelftforLife.nl!

Lifelong learning – 25% korting voor alumni

De TU Delft wordt erkend als een wereldwijde 'thought-leader' in open en online technisch onderwijs (MIT, 2018)*. Sinds 2007 bevindt de universiteit zich in de voorhoede van innovatie in open en online onderwijs en is consequent gericht op het leveren van een belangrijke bijdrage aan een duurzame samenleving voor de 21e eeuw. De TU Delft biedt permanent onderwijs aan om de expertise van alumni te ontwikkelen en te verbeteren tijdens hun loopbaan.

* MIT report 'Global state of the art in engineering education', March 2018

Alumni van de TU Delft krijgen 25% korting op de volgende geselecteerde cursussen die starten in het eerste half jaar van 2019:

- Design Your Next Career Move (start doorlopend: 'self-paced')
- Aeroacoustics: Noise Reduction Strategies for Mechanical Systems (startdatum: 15 jan)
- Rotor and Wake Aerodynamics (startdatum: 11 feb)
- Non-linear Modeling (startdatum: 11 feb)
- Aeroelasticity (startdatum: 11 feb)

Wil je meer weten over de cursussen en de korting voor alumni? Neem een kijkje op: <https://online-learning.tudelft.nl/special-alumni-selection/>.



TU DELFT CIRCLE OF EXCELLENCE exclusief voor bedrijven

Steun het talent aan de TU Delft en ontmoet de ingenieurs van de toekomst. De TU Delft zit boordevol talent. Talent dat gedreven wordt door een passie voor technologie en de ambitie om het verschil te maken in de wereld.

Om bij te dragen aan de talentontwikkeling en beloning van onze toekomstige ingenieurs, heeft het Universiteitsfonds samen met de TU Delft het Circle of Excellence programma ontwikkeld. Dit zakelijk netwerk van maximaal 35 bedrijven, geeft bedrijven de kans om hun zichtbaarheid onder Delftse studenten te vergroten. Bedrijven kunnen bijvoorbeeld lezingen aanbieden of een evenement bijwonen waar studenten hun talent en onderzoeksresultaten presenteren.

Wilt u met uw bedrijf in contact komen met de ingenieurs van de toekomst? Hen ontmoeten, aanmoedigen en belonen? Sluit u dan aan bij de TU Delft Circle of Excellence.

Meedoen?

Neem contact op met Jacqueline Leemkuil, relatie manager van het Universiteitsfonds Delft.
E-mail: j.l.c.m.leemkuil@tudelft.nl
Telefoon: 06 24928671



“Dankzij onze deelname aan de Circle of Excellence komen we op een inhoudelijke manier in contact met de engineers van de toekomst. Als Farming Innovator loopt Lely voorop in het ontwikkelen en toepassen van nieuwe technologie. Graag werken we daarom samen met de TU Delft en haar studenten die ook voorop willen lopen hun vakgebied”

Serge Loosveld, Director Product Development Lely

**Team UP
WITH
excellence**

Het lab van...

Civiele Techniek

Samira Jafari is promovenda bij CiTG op het gebied van structurele mechanica. Haar onderzoek richt zich op het analyseren van metselwerk. Hiermee kan ze de seismische kwetsbaarheid van gebouwen in de provincie Groningen beoordelen. Ze doet verschillende testen ter plekke en in het laboratorium. In dit laboratorium is een kleimuur gemaakt die vergelijkbaar is met die van Nederlandse huizen die voor 1945 zijn gebouwd. Op de foto is Jafari bezig met het voorbereiden van de *shove-test*.