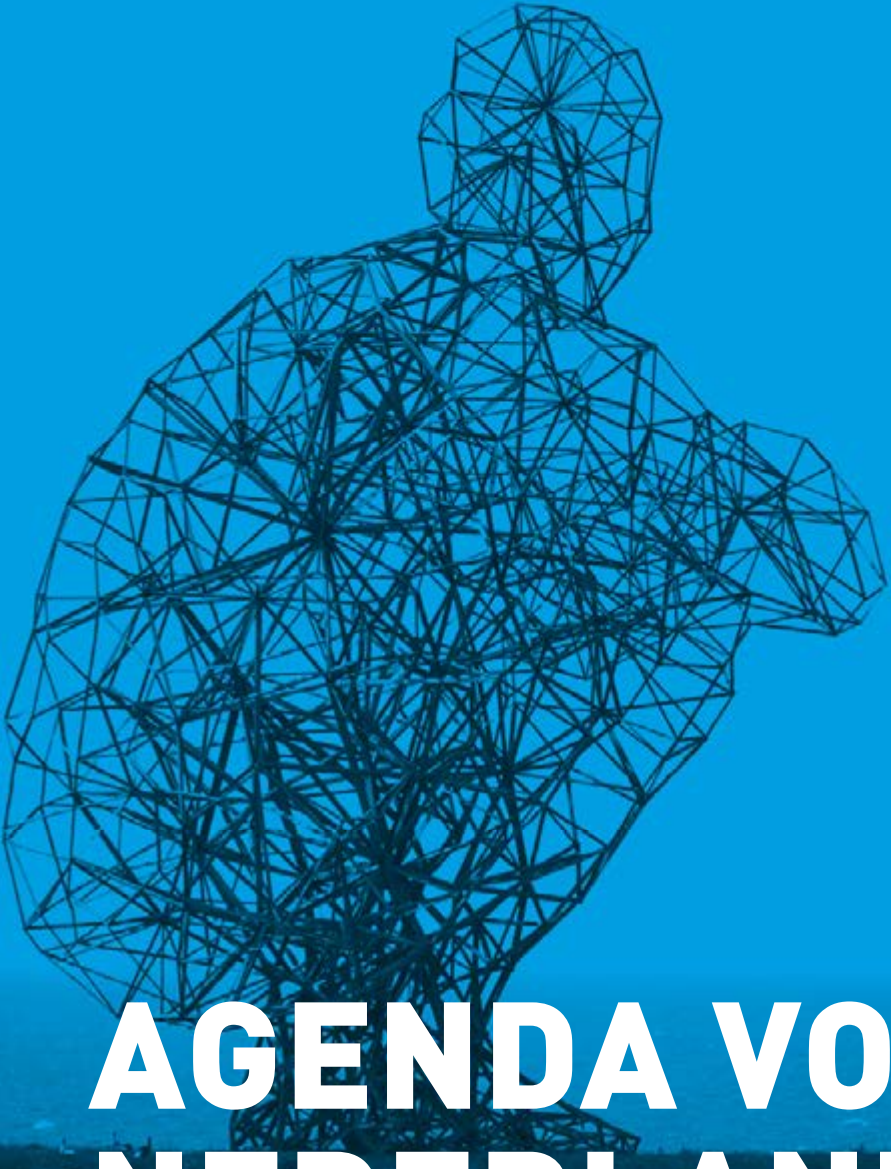


A large, intricate wireframe sculpture of a person, possibly a Dutch figure, stands on a rocky shore. The sculpture is composed of a dense network of thin, dark lines forming a mesh-like structure. The background is a solid, vibrant blue sky, and the foreground shows a calm body of water and a dark, rocky shoreline.

AGENDA VOOR NEDERLAND

Inspired by technology

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY | EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
UNIVERSITY OF TWENTE | TNO | WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH CENTRE | STW



AGENDA VOOR NEDERLAND

Inspired by technology

DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY | EINDHOVEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
UNIVERSITY OF TWENTE | TNO | WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH CENTRE | STW

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING

5



DECENTRALE,
DUURZAME ENERGIE-
SYSTEMEN EN OPSLAG

9



SMART VEHICLES,
SMART TRAFFIC:
NAAR EEN NIEUWE
MOBILITEIT

15



LEEFBAARHEID
GROTE STEDEN

21



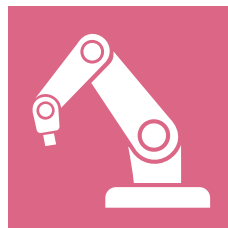
MATERIAALSCHAARSTE,
HERGEBUIK EN
NIEUWE MATERIALEN

27



PERSONALIZED
HEALTH

33



DUTCH INDUSTRY,
SMART(-EST) INDUSTRY

39



DE DIGITALE
SAMENLEVING

45



INTEGRAAL
WATERBEHEER

51



DUURZAME EN
PRODUCTIEVE
LANDBOUW VOOR
VOEDSEL EN
GRONDSTOFFEN

57



VOEDING EN
GEZONDHEID

63

SLOTWOORD

69

INLEIDING

Wetenschap, technologie en innovatie maken het verschil

Wetenschap, technologie en innovatie vormen een essentiële sleutel voor de toekomstige ontwikkeling van een welvarend en duurzaam Nederland.

Nederland is goed gepositioneerd en heeft op veel gebieden wetenschappelijke topposities. De vraag is hoe we die sterke internationale positie kunnen behouden door ons te richten op de belangrijke wetenschappelijke vraagstukken van de toekomst?

Welk onderzoek is voor de toekomst van Nederland van belang? Wat zijn onze meest urgente maatschappelijke uitdagingen? En waarin munten onze bedrijven en wetenschappers uit en kunnen ze internationaal het verschil maken? De essays in deze bundel geven inspiratie voor de agenda van Nederland en de bijdrage die wetenschap, technologie en innovatie daaraan kan leveren.

Breed verankerd in de samenleving

Ontwikkelingen in wetenschap, technologie en innovatie vinden niet plaats in een vacuüm, maar zijn breed verankerd in de samenleving. We zien een groeiende interesse in wetenschap en technologie, niet alleen in wetenschapsbijlagen van dag- en weekbladen, maar bijvoorbeeld ook in een tv-programma als De Wereld Draait Door dat met DWDD University veel aandacht heeft voor nieuwe wetenschap. Naast die interesse zien we ook een groeiende scepsis in delen van de samenleving tegenover de wetenschap. Het betrekken van de samenleving bij het debat over de vraag waar wetenschap, technologie en innovatie over moeten gaan wordt daarmee steeds belangrijker.

Wetenschap en technologie vormen het fundament waarop onze toekomstige concurrentiepositie en onze welvaart zijn gestoeld. Wetenschap en technologie worden daarom in toenemende mate uitgedaagd in samenwerking met andere partijen die handschoen op te pakken en bij te dragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken en het genereren van economische groei. Dat mag niet ten koste gaan van de onafhankelijkheid van de wetenschap: ongebonden

nieuwsgierigheid-gedreven onderzoek is essentieel, niet alleen voor de internationale positie van onze wetenschap, maar ook voor de doorbraken die nodig zijn voor de vragen van overmorgen.

De bundel essays is tot stand gekomen door samenwerking van de drie Technische Universiteiten (3TU.Federatie met TU Delft, TU Eindhoven en Universiteit Twente), de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO), Wageningen University en Research Centre (WUR) en de Stichting Technische Wetenschappen (STW). Deze instellingen vullen elkaar vanuit hun eigen sterktes op wetenschap, technologie, toegepast onderzoek en innovatie aan en dragen met een gezamenlijke visie bij aan de in de Wetenschapsvisie aangekondigde Wetenschapsagenda. In de essays worden belangrijke maatschappelijke uitdagingen voor Nederland geagendeerd die een investering vragen in de ontwikkeling van nieuwe kennis, gebruik makend van onze wetenschappelijke sterktes en de kracht van ons bedrijfsleven. Om technologische ontwikkelingen te vertalen naar succesvolle innovaties, is een domeinoverstijgende aanpak nodig waarin alle wetenschapsdisciplines samenwerken.

SOCIETAL CHALLENGES HORIZON 2020

- Health, demographic change and wellbeing;
- Food security, sustainable agriculture and forestry, marine and maritime and inland water research, and the Bioeconomy;
- Secure, clean and efficient energy;
- Smart, green and integrated transport;
- Climate action, environment, resource efficiency and raw materials;
- Europe in a changing world - inclusive, innovative and reflective societies;
- Secure societies - protecting freedom and security of Europe and its citizens.

Economische, sociologische, juridische, ethische, medische en psychologische aspecten van nieuwe technologieën zijn van groot belang voor verbinding, maatschappelijke inbedding van technologie, zingeving, en nieuwe businessmodellen.

De Nederlandse ambitie is om op het gebied van wetenschap en innovatie een sterke positie in Europa in te nemen. Daarvoor is herkenbaarheid, krachtenbundeling en kenniscirculatie, over de grenzen van disciplines en instituten heen, nodig, ook omdat nieuwe ontwikkelingen vooral plaatsvinden op het raakvlak van disciplines en technologieën. 3TU, TNO, WUR en STW zijn internationaal erkend sterk op thema's waarbij technologie en toegepast onderzoek nodig is om de maatschappelijke vraagstukken te adresseren. Dit toegepast onderzoek dient op een fundamentele leest te zijn geschoeid om doorbraakinnovaties mogelijk te maken.

Inspiratie vanuit een inhoudelijk perspectief

Deze verkenning gaat vanuit een inhoudelijk perspectief in op een tiental maatschappelijke uitdagingen en de daaraan gekoppelde kennisuitdagingen en vernieuwingsopgaven voor Nederland. De gekozen onderwerpen zijn maatschappelijk urgent, wetenschappelijk uitdagend en economisch veelbelovend. De tien essays in deze bundel moeten worden gezien als illustraties van belangrijke onderwerpen. Ze vormen geen uitputtende lijst van onderwerpen die voor Nederland van belang kunnen zijn. In de essays willen onze instellingen niet alleen aangeven wat de wetenschappelijke, maatschappelijke of

kennisuitdaging is, maar willen ook een bijdrage leveren aan het oplossen van vragen door het creëren van nieuwe technologieën, producten en diensten.

De gekozen aanpak in de essays sluit nadrukkelijk aan bij een aantal belangrijke agenda's in Nederland en Europa. Ten eerste vertrekken de essays vanuit maatschappelijk uitdagingen, een benadering die in Europa in Horizon 2020 ook centraal staat. De essays verbinden maatschappelijke uitdagingen, sterktes van onze kennisinstellingen en de kracht van onze bedrijven en sluiten daarmee goed aan bij de wijze waarop in het Topsectorenbeleid de krachten worden gebundeld. Door deze drie invalshoeken te verbinden (gouden driehoek, triple helix) kunnen aansprekende resultaten geboekt worden. Krachtenbundeling rondom een inhoudelijke focus maakt het ook mogelijk om tot internationaal toonaangevende zwaartepunten te komen. Dit sluit ook goed aan bij de zes uitdagingen die NWO heeft gekozen op basis van multidisciplinaire en oplossingsrichtingen (zie kaders).

TOPSECTOREN

- | | |
|---------------|-----------------|
| ▪ Agri & Food | ▪ Life Sciences |
| ▪ Chemie | ▪ & Health |
| ▪ Creatieve | ▪ Logistiek |
| Industrie | ▪ Tuinbouw |
| ▪ Energie | ▪ Water |
| ▪ High Tech | |

MULTIDISCIPLINAIRE UITDAGINGEN NWO

- Circulaire economie;
- Bouwstenen van het leven;
- Complexiteit;
- Kwaliteit van leven;
- Big data;
- Veerkrachtige samenleving.

De tien essays in deze bundel verbinden steeds vier elementen met elkaar:

- Maatschappelijke uitdagingen, bijvoorbeeld het realiseren van een circulaire economie, een volledig duurzame energievoorziening en een veel meer gepersonaliseerde gezondheidszorg.
- Economische sterktes en kansen voor bedrijven (business opportunities). Om de maatschappelijke uitdagingen succesvol aan te kunnen gaan, moet worden gebouwd op de kracht van het bedrijfsleven, dat hierdoor ook weer nieuwe kansen krijgt. Voorbeelden zijn de sterke agro en food sector die een bijdrage leveren aan gezonde voeding en aan het oplossen van het wereldvoedselvraagstuk. Een ander voorbeeld is de sterke positie van het Nederlandse bedrijfsleven in de watersector.
- Kennissterktes van Nederland. Zonder de denkkraft van de Nederlandse universiteiten en onderzoeksinstituten kunnen geen innovatieve oplossingen voor de maatschappelijke uitdagingen ontwikkeld worden. Voorbeelden zijn de Nederlandse kennispositie op gebieden als sensoren, 3D printing, beeldtechnologie, etc.
- De vernieuwingsopgave ligt steeds op het kruispunt van deze drie elementen waarbij de kennispartners oplossingen zoeken voor de combinatie van de maatschappelijke uitdaging en de business opportunity. De vernieuwingsopgaves vormen een concrete stip op de horizon. En ze vormen een inspirerend doel voor het oplossen van maatschappelijke vraagstukken die tegelijkertijd voortbouwen op kennissterktes en daarmee ook een vernieuwingsimpuls geven aan het bedrijfsleven.

Een integrale kijk op de kennisketen is nodig voor vernieuwing; daaraan spelen lange-termijn fundamenteel onderzoek, toegepast onderzoek, technologieontwikkeling en toepassing in bedrijven een rol. Naast een ('mission-oriented') agenda geïnspireerd door maatschappelijke uitdagingen en economische kansen is het belangrijk dat wetenschappers blijven werken aan uitdagingen zonder dat daar een directe vernieuwingsopgave aan ten grondslag ligt. Wetenschappelijke doorbraken komen immers vaak tot stand uit het zoeken naar verklaringen voor onbegrepen fenomenen.

De publicatie wordt afgesloten met een korte tour de horizon over wat er nodig is om de ambitieuze doelstellingen die in de innovatieopgaven gepresenteerd worden ook te realiseren.

We willen door deze publicatie niet alleen een bijdrage leveren aan het maatschappelijk debat rondom wetenschap en innovatie. We hopen ook dat de essays een breed publiek zullen aanspreken en inspireren.

Namens 3TU, TNO, WUR en STW:

Drs. D.J. (Dirk Jan) van den Berg - *voorzitter College van Bestuur, TU Delft*

Ir. J.H.J. (Jan) Mengelers - *voorzitter College van Bestuur, Technische Universiteit Eindhoven*

Mr. V. (Victor) van der Chijs - *voorzitter College van Bestuur, Universiteit Twente*

Drs. P. (Paul) de Krom - *CEO/voorzitter Raad van Bestuur, TNO*

Prof. dr. ir. L. (Louise) O. Fresco - *voorzitter Raad van Bestuur, Wageningen UR*

Prof.dr.ir. A. (Ton) van der Steen - *voorzitter STW*



DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

Prof. dr.ir. Paulien M. Herder, prof. dr.ir. Geert P.J. Verbong, prof.dr.ir. Gerard J.M. Smit,
prof.dr.ir. Cees J.N. Buisman

Nederland staat voor de uitdaging om de energievoorziening duurzaam te maken, dat wil zeggen dat we op termijn naar een energiesysteem moeten dat CO₂-neutraal is. Een energiesysteem waarbij grootschalige, centrale opwekking efficiënt gecombineerd wordt met decentrale, kleinschaliger opwekking. Een belangrijke uitdaging daarbij is dat bij decentrale opwekking, uit bijvoorbeeld wind en zon, sprake is van een fluctuerend aanbod van energie, dat niet altijd en overal precies past op de vraag. Hiervoor zijn, anders dan in het huidige systeem, technieken zoals decentrale aanbodsturing en opslag van energie nodig. Daarbij gaat het dan om opslag van energie voor lange en korte periodes (denk aan seizoenseffecten of fluctuaties die op één dag plaatsvinden).

Dit essay gaat in op de uitdaging voor Nederland om decentrale, duurzame energiesystemen en opslagsystemen in te passen in het huidige energiesysteem. We bakenen ons essay af door ons op de gebouwde omgeving en de bijbehorende lokale energiedistributienetwerken te richten, omdat deze in Nederland een cruciale rol spelen in de verduurzaming van de energievoorziening. We realiseren ons dat we hiermee geen uitputtend overzicht kunnen geven. We doen op basis van onze afgebakende analyse van uitdagingen en kansen, een voorzet voor een deelset van belangrijke elementen voor de lange-termijn kennisagenda.

DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

Onafhankelijk worden van fossiele brandstoffen

De energievoorziening in Nederland staat voor een grote uitdaging: zij moet zodanig omgevormd worden dat we in 2050 een systeem hebben dat schoon, betaalbaar, betrouwbaar, rechtvaardig en acceptabel is. Een belangrijk onderdeel hiervan is minder afhankelijk te worden van fossiele brandstoffen en op termijn, in 2050, geheel CO₂ neutraal te worden, vooral omdat de wereldwijde vraag naar energie sterk toeneemt. Dit geeft geopolitieke spanningen. De inpassing van decentrale bronnen (wind, zon, biomassa, waterkracht, etc.), is in die transitie noodzakelijk en deze inpassing gaat vooral plaatsvinden in de gebouwde omgeving en het distributienetwerk. Hier bevinden zich de lokale, fluctuerende bronnen en de fluctuerende consumptiepatronen waarvoor een lokale afstemming noodzakelijk wordt en op efficiënte wijze ingericht moet worden.

Door de inpassing van decentrale bronnen moet ook het sturingsmodel ingrijpend aangepast worden van een centrale sturing, waarbij grote centrale opwekking in elektriciteitscentrales en gasproductiestations de consumptie volgen, naar een decentrale sturing waarbij productie en gebruik lokaal in evenwicht gebracht zullen worden, in combinatie met nieuwe manieren van energieopslag. Hierdoor ontstaan lokale energiesystemen die decentrale governance vereisen, bijvoorbeeld in de vorm van 'energy communities' die op een bottom-up manier tot stand zullen komen. De technische en economische inpassing van deze communities in het regionale en nationale energiesysteem is een zeer actuele uitdaging voor de wat kortere termijn, die noodzakelijk is om ons energiesysteem op termijn om te vormen naar een duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar systeem. In deze decentralisering spelen smart grids (slimme netwerken die door technologieën gebruikt

worden om het elektriciteitsnet te beheren) en ICT een belangrijke rol bij de lokale afstemming van vraag en aanbod. Bovendien kan ICT ook een belangrijke bijdrage leveren aan het verbeteren van de energiezuinigheid. Zuinige ICT systemen zijn belangrijk voor het reduceren van de totale maatschappelijke energiebehoefte. Maar met deze ICT en data-intensivering komen ook uitdagingen naar boven op het vlak van toename in energieverbruik door ICT, acceptatie, privacy en eigendomsrecht van grote hoeveelheden gegenereerde data. Dat betekent dat we hiervoor op zoek moeten naar maatschappelijk verantwoorde innovaties. Bovendien moeten dit soort systemen uiterst betrouwbaar werken en bestand zijn tegen cyberaanvallen.

Op zich zijn deze uitdagingen niet uniek voor Nederland; ze spelen ook in andere landen. De ligging van Nederland in een delta waar veel mensen op een klein oppervlak leven is wel uniek en dat maakt de vraag naar duurzame energiesystemen en opslag extra dringend.

Door decentrale oplossingen ontstaat meer bedrijvigheid

Economische sterktes in Nederland op het vlak van decentrale energiesystemen en opslag in de gebouwde omgeving zijn onder andere:

- Een innovatieve zonnestroomsector en electronicsector (chipfabrikanten en toeleveranciers)
- Een zich snel ontwikkelende ICT / smart grid sector: o.a. in proeftuinen
- Een actieve bouwsector met vernieuwingsdrang
- Een sterke en innovatieve tuinbouwsector: klimaatbeheersing en lokale systeemintegratie

Nederland kan hierdoor gaan fungeren als een (Europese) proeftuin voor de energietransitie in

de energie-intensieve stedelijk regio's, mits een aantal problemen overwonnen kunnen worden zoals de hoge afhankelijkheid van inkomsten uit gas en de sterke machtspositie van de energie-bedrijven. Niet-economische factoren die de proeftuin-potentie van Nederland kunnen bevorderen, zijn onder meer het hoge kennisniveau, onze fijnmazige energie-infrastructuur (voor stroom en gas) en de mondige bevolking (denk aan de 'energy communities'). Verder biedt Nederland een aantrekkelijk vestigingsklimaat aan internationale clean tech bedrijven. De kennis die de energiesector opdoet met de proeftuin in de gebouwde omgeving kan vermarkt worden naar Europa en de rest van de wereld. Aangezien de wereld in rap tempo verstedelijkt, ligt hier een grote kans voor het bedrijfsleven.

Er zijn ook kansen voor bedrijven voor het ontwikkelen van nieuwe lokale opslagsystemen en het omzetten c.q. opslaan van elektriciteit in batterijen, moleculen (gas, ammoniak, methanol, waterstof, etc) of warmte/koude. De business case voor energieopslag, zoals inspelen op veranderende energieprijzen of capaciteitsprijzen, is in de huidige energiemarkt nog niet effectief, maar de verwachting is dat deze op korte termijn effectief kan worden (o.a. door meer fluctuerende bronnen en de uitbouw van elektriciteitsopwekking en elektriciteitsdistributie).

Nieuwe partijen spelen al in op de steeds wisselende elektriciteitsprijzen, zoals de waterschappen die de poldergemalen aanzetten als het waait en het waterpeil iets laten oplopen als het niet waait. Hierdoor kunnen op lokale schaal, binnen de gebouwde omgeving, vraag en aanbod in balans worden gebracht. Dit geldt overigens ook op grotere schaal voor veel bedrijven die straks kunnen kiezen om allerlei processen op gas en/of stroom te laten draaien. Op deze manier zal gas primair een (lokaal)

opslagmedium gaan worden en wordt elektriciteitsopwekking en elektriciteitsdistributie van allerlei processen belangrijker. Dit zelfde zien we in de gasloze wijken, waar ruimteverwarming elektrisch plaatsvindt met warmtepompen. Ook is er grote belangstelling om biologische processen op zonnestroom te laten lopen. Het is veel efficiënter (qua energie, landoppervlak en watergebruik) om bacteriën op een electrode te laten groeien op stroom die via zonnepanelen opgewekt wordt. Dit nieuwe veld van bio-electro-synthese biedt op termijn grote kansen.

Belangrijke andere nieuwe ontwikkelingen die business kunnen genereren, vinden plaats in diverse energietoepassingen. Zo zijn er onder meer energie-producerende woningen. Maar ook mobiliteit is een relevante toepassingsmarkt. Denk bijvoorbeeld aan verbeterde batterijen voor elektrische voertuigen, waarmee de opgeslagen energie in de batterij van de auto gebruikt kan worden voor het balanceren van vraag en aanbod van elektriciteit.

Vanuit internationaal perspectief is Nederland sterk op het gebied van systeemintegratie. We zien nu al dat verschillende spelers elkaar opzoeken vanuit de zonnestroomsector, smart grids en de gebouwde omgeving om samenwerkingsverbanden aan te gaan waardoor nieuwe business cases ontwikkeld kunnen worden.

In Nederland zijn voldoende bedrijven om de gebouwde omgeving te transformeren naar een duurzaam, decentraal energiesysteem. Veel van deze bedrijven hebben een goede naam op wereldniveau. Daarnaast zijn we in Nederland sterk in het aangaan van samenwerkingsverbanden en maatschappelijk verantwoord innoveren staat hoog in het vaandel. Dit is van belang om technologische ontwikkelingen te koppelen aan

DECENTRALE, DUURZAME ENERGIESYSTEMEN EN -OPSLAG

maatschappelijke behoeften en randvoorwaarden. Schaalgrootte is daarbij niet altijd vanaf het allereerste begin van belang, aangezien men ook in kleinere niches kan beginnen. Op die basis worden een aantal business cases in proeftuinen uitgewerkt: door klein te beginnen terwijl men de strategische dimensie (in dit geval: een duurzame, betaalbare, betrouwbare, acceptabele en rechtvaardige energievoorziening) in het oog houdt.

Sterke positie systeemkennis inzetten

Nederland beschikt over een sterke kennispositie op het gebied van micro grids en smart grids, inclusief de ICT component daarin (algoritme, control, wiskunde). Kennis over energiedragers is ook ruimschoots aanwezig denk aan chemicals vanuit de chemie sector, gas vanuit de gassector, warmte/koude vanuit de klimaatbeheersing/tuinbouw. En naast korte-termijn opslag van energie hebben we ook kennissterktes voor lange-termijn opslagsystemen. Lange-termijn opslag op lokale schaal van bijvoorbeeld zonne-energie in batterijen of moleculen, warmte/koude, is cruciaal voor de toekomst. Hiervoor hebben we in Nederland een uitstekende kennisbasis ten aanzien van zonnecellen (denk aan Solliance) en in batterijen en solar fuels.

De vervagende grenzen tussen sectoren spelen hierbij ook een rol, vooral omdat de energievoorziening voor alle sectoren een belangrijke infrastructuur is. Denk naast de ICT sector, bijvoorbeeld aan integratie van mobiliteit en energie, zoals elektrische auto's die balansfuncties binnen energienetten kunnen vervullen of (waterstof) auto's die fungeren als virtuele faciliteit om elektriciteit op te wekken op het moment dat de auto niet als voertuig in gebruik is. In de kennissector in Nederland is een zelfde sectorintegratie noodzakelijk en gaande.

Een belangrijk onderdeel van de Nederlandse kennispositie op energiegebied zijn de goede en relevante opleidingen, zowel op MBO, HBO en WO niveau. Opleidingen op energie gerelateerde gebieden zijn sterk aan de 3TUs, op het gebied van elektrotechniek, wiskunde, informatica, bouwkunde, architectuur, chemie en natuurkunde, maar ook op aanpalende gebieden als bestuurskunde, economie, psychologie en ethiek. Bovendien komt er steeds meer aandacht voor systeemdenkers en ingenieurs die deze socio-technische en maatschappelijk verantwoorde systemen integraal kunnen ontwerpen. Dit wereldwijd sterk opkomende veld van "comprehensive engineering", waarin Nederland een voorhoederol speelt, ontwikkelt cruciale kennis voor de inpassing van duurzame decentrale opwekking en opslag dichtbij de gebruikers in de gebouwde omgeving.

Zelfvoorzienende woonwijken geïntegreerd met duurzame mobiliteit

In 2050 zal ons energiesysteem radicaal veranderd zijn. De gebouwde omgeving zal een belangrijke katalysator vormen naar een totaal duurzame energievoorziening. Niet alleen omdat de gebouwde omgeving een belangrijke energieconsument en -producent is, maar ook omdat hier grote kansen liggen om een trekkersrol te spelen. Echter voordat we een woonwijk hebben waarin het energiesysteem decentraal, duurzaam, betaalbaar, betrouwbaar, en zo mogelijk zelfs geheel zelfvoorzienend is, staan we voor een paar grote vernieuwingsopgaven, die de gehele innovatieketen beïnvloeden.

Het veel beter voorspellen van energieproductie en -consumptie met het doel om energieverbruik te optimaliseren en verspilling tegen te gaan, vormt daarbij een eerste uitdaging. Duurzame energieproductie op basis van zon en wind is moeilijk voorspelbaar. Hieruit volgt de uitdagende

vernieuwingsopgave om op hoog geografisch detailniveau voor kleine tijdstappen een goede zon- en windvoorspelling te doen op basis van computermodellen. Deze voorspelling kan dan (real-time) dienen als input voor geoptimaliseerd gebruik van het energienet. Met de introductie van de hiervoor benodigde smart grids en ICT systemen doemt de vraag op hoe deze systemen zodanig in het energiesysteem geïntegreerd kunnen worden dat ze energiezuinig zijn en betrouwbaar werken, en op een acceptabele manier geïmplementeerd worden. Daarvoor is ook maatschappelijke innovatie van belang, waarbij ingesloten rollen, structuren en processen vernieuwd moeten worden.

Een tweede vernieuwingsopgave betreft de integratie van sectoren op diverse niveaus zoals de woonwijk of straat. Elektrische auto's worden bijvoorbeeld vooral in bepaalde wijken of straten opgeladen en daar zullen dan

problemen ontstaan ten aanzien van energieopslag of netwerkcapaciteit. Op de langere termijn is de vraag hoe dit soort oplaadsystemen in een lokaal energiesysteem gaan opereren. Hiervoor is kennisontwikkeling nodig om te komen tot een adequate oplossing binnen een mee te ontwerpen business- en reguleringskader.

Een derde vernieuwingsopgave betreft de kunst om slimme combinaties te maken tussen technologieën waarbij de gebruiker meer centraal komt te staan. Denk bijvoorbeeld aan het opzetten van lokale energie co-operaties. Verzet tegen windmolens verdwijnt als de lokale gemeenschap een aandeel heeft in de opbrengsten. Toekomstige decentrale energiesystemen worden een integraal deel van ons leven en zullen een hele nieuwe dynamiek met nieuwe business modellen met zich meebrengen.



SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

Prof.dr. Henk Nijmeijer, prof.dr. Marieke H. Martens, prof.dr.ir. Bart van Arem

In ons kleine en drukke Nederland is vlot en veilig verkeer belangrijk. Daarin is nog veel te verbeteren. Nederlanders staan samen zo'n 43 miljoen uur per jaar in file, het equivalent van 26 duizend full-time banen. Het aantal verkeersdoden neemt af, maar het aantal ernstig gewonden neemt juist toe. Emissies door rijdend en stilstaand verkeer zorgen op veel plaatsen voor een slechte luchtkwaliteit. Afgezien van immateriële schade kost dit jaarlijks zo'n 20 miljard Euro.

De toepassing van innovatieve technologie – de auto wordt meer en meer een 'iPad op wielen' – zal leiden tot ingrijpende veranderingen in het vervoer van mensen en goederen. Te denken valt aan systemen die de bestuurder helpen ongevallen te vermijden, systemen die leiden tot betere afwikkeling van verkeersstromen en de invoering van mobiliteit als dienst.

Onder de noemer **cooperative and autonomous mobility** is een reeks van nieuwe technologische ontwikkelingen ingezet, die de wegcapaciteit, verkeersveiligheid en het comfort zullen verhogen. Coöperatief rijden focust op mobiliteit waarin de weg, voertuigen en weggebruikers onderling informatie uitwisselen. Dit kan een bijdrage leveren aan het verhogen van de wegcapaciteit doordat voertuigen dezelfde snelheid aannemen en dichter op elkaar kunnen rijden in een 'treintje'. Coöperatief rijden is sterk in ontwikkeling en bepaalde vormen worden al grootschalig toegepast, zoals navigatiesystemen die meten hoe snel auto's rijden en zo andere auto's waarschuwen voor files op de route.

SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

Autonomous Mobility of automatisch rijden is gericht op mobiliteit waarin de beweging van voertuigen steeds verder wordt geautomatiseerd. Automatisch inparkeren en de automatische noodstop zijn bekende voorbeelden. *Adaptive Cruise Control* gebruikt een sensor om automatisch de snelheid en volgafstand van een voertuig te regelen; deze is al op zo'n 5% van de nieuwe voertuigen aanwezig en is een kleine stap richting een verdere automatisering van autorijden. Er bestaan hoge verwachtingen met betrekking tot het veiliger en efficiënter maken van mobiliteit door automatisch rijden.

Coöperatieve en automatische mobiliteit hebben veel met elkaar te maken, maar zijn duidelijk verschillende concepten. Coöperatieve voertuigen kunnen door draadloze communicatie elkaars informatie over snelheid en versnelling gebruiken om op korte afstand van een voorganger te rijden. Autonome voertuigen zoals de Google-car hebben geen draadloze communicatie met andere voertuigen of de wegwijk. De belangrijkste winst is te halen in de combinatie van coöperatieve en automatische mobiliteit; door de sterke punten van beide te combineren. Door coöperatief rijden kunnen auto's heel dicht achter elkaar rijden, waarmee de wegcapaciteit en doorstroming wordt vergroot. Door automatisch rijden kan het comfort en efficiëntie worden vergroot. De mens blijft daarbij de centrale factor: hij of zij kiest zelf waar en wanneer technologie hem of haar zal ondersteunen in het verkeer.

Veiliger, sneller en groener

Nederland is als dichtbevolkt land en belangrijke Europees knooppunt in transport en logistiek gebaat bij een goed functionerend mobiliteits-systeem met zo min mogelijk files en vertraging. Voor de komende jaren liggen er tenminste drie belangrijke uitdagingen.

- **Veiligheid:** hoe kunnen we het aantal verkeersdoden en -gewonden verder omlaag brengen; daarbij is met name aandacht nodig voor bescherming van kwetsbare verkeersdeelnemers zoals voetgangers en fietsers en jongeren en ouderen in het vernieuwende verkeer.
- **Doorstroming:** hoe kunnen we met een gelijkblijvende capaciteit aan wegen een betere en snellere verplaatsing realiseren?
- **Emissies en brandstofverbruik:** hoe kan zowel in steden als daarbuiten een groenere mobiliteit gerealiseerd worden?

In de afgelopen decennia lag de nadruk op aanpassingen in de infrastructuur: meer en bredere wegen voor wegcapaciteit, overzichtelijke situaties en ongelijkvloerse kruisingen voor veiligheid, betere geleiding van verkeer langs hoofddaders, busbanen en beperking van autoverkeer in binnensteden voor betere doorstroming en beperking van emissies. Het aanpassen van de infrastructuur kent echter veel beperkingen: het is kostbaar en legt beslag op schaarse ruimte. De maatregelen van de toekomst moeten gezocht worden in het slimmer gebruiken van de bestaande capaciteit.

Toenemende verstedelijking en metropoolvorming, het economisch belang van mainports als Schiphol en de Rotterdamse haven, de toenemende vraag naar mobiliteit door groei van de economie en schaarse middelen en ruimte voor het uitbreiden van de fysieke infrastructuur onderstrepen de cruciale betekenis van een slimme, efficiënte en veilige mobiliteit van personen en goederen. Coöperatieve en automatische mobiliteit worden internationaal gezien als dé manier om daarin duurzaam te voorzien. De uitdaging om dit daadwerkelijk te realiseren is groot. Auto's worden slimmer, maar het slimmer maken van auto's is maar één onderdeel van

de oplossing. Een aantal belangrijke vraagstukken zal in ieder geval opgelost moeten worden:

Door voertuigen onderling en met de wegwijk te laten communiceren kan de kans op ongelukken sterk worden gereduceerd. Zeker wanneer voertuigen dicht op elkaar 'platoonen', een treintje vormen, kan de wegcapaciteit aanmerkelijk worden vergroot. Zaken als 'coöperatieve adaptive cruise control (CACC)' zijn hierin het begin. Zeker wanneer niet alleen het voertuig, maar ook de wegwijk 'slim' wordt, kan deze ontwikkeling worden versterkt.

In tegenstelling tot coöperatieve voertuigen, is een autonoom voertuig niet afhankelijk van informatie van andere weggebruikers of de wegwijk. Autonome systemen als 'Traffic Jam Assistant' en automatisch inparkeren verhogen het comfort en veiligheid van de reizigers, maar omdat deze systemen niet communiceren en nog niet zo snel en adequaat als mensen kunnen reageren, kunnen ze in druk verkeer tot instabiliteit leiden. Dit geldt ook voor een camera-gebaseerd systeem van 'adaptive cruise control (ACC)', dat op basis van beelden de afstand tot de voorligger regelt.

De eisen die de gebruiker en ook de overheid aan personenauto's, bedrijfswagens en vrachtwagens stellen, veranderen voortdurend. Deze vraag is een belangrijke motor voor innovatie, zeker als het gaat om comfort en milieuvriendelijkheid. Bij de ontwikkeling van automatische en coöperatieve mobiliteit is het nodig dat de overheid een belangrijke facilitator is door de juiste eisen te stellen. De eis van de EU dat in 2016 in elke vrachtwagen een noodstop is ingebouwd, is een voorbeeld daarvan. Ook in het slimmer maken van de wegwijk is de overheid, als beheerder van de wegeninfrastructuur, een bepalende partij.

De komende decennia zal 'oude' en nieuwe technologie naast elkaar bestaan. Dit brengt extra uitdagingen met zich mee. Coöperatieve en automatische voertuigen zullen de weg delen met handbestuurde auto's, brommers en fietsen, en voetgangers. Naast de technische uitdaging om die complexiteit aan te kunnen, is nog niet bekend hoe andere weggebruikers reageren op deze nieuwe voertuigen. Daarbij ontstaan ook nieuwe ethische en juridische vragen: wie is aansprakelijk bij ongevallen? In hoeverre mag van het systeem worden verwacht dat het anticipeert op onjuist weggebruik van anderen?

Mensen zijn adaptieve wezens die zich aanpassen aan veranderende omstandigheden. Omdat dit ook geldt bij de invoering van coöperatieve en automatische mobiliteit, is het van belang hier goed naar te kijken. Zo zal men bijvoorbeeld risico's anders inschatten en wellicht meer risico's nemen, omdat men in een 'slim' voertuig rijdt. Naarmate men minder 'zelf' doet in de auto, kunnen vaardigheden verloren gaan en zijn juist nieuwe vaardigheden nodig bij het overschakelen van en naar een automatisch systeem. Ook spelen hier issues rondom acceptatie en awareness: worden de nieuwe mogelijkheden omarmd en begrijpt men goed wat het systeem wel en niet kan, en waar de eigen verantwoordelijkheid ligt?

Verkeersproblemen als files, slechte luchtkwaliteit en onveiligheid ontstaan voor een belangrijk deel op de interface tussen het stedelijke en landelijke wegennet. Coöperatief en automatisch rijden moeten dus niet alleen voor de snelweg ontwikkeld worden, maar moeten ook in omgevingen met een enorme complexiteit en diverse weggebruikers kunnen presteren, zoals op knooppunten en in de stad.

SMART VEHICLES, SMART TRAFFIC: NAAR EEN NIEUWE MOBILITEIT

Mobiliteit als business

Vanzelfsprekend is een veilige, schone en snelle mobiliteit een voorwaarde voor het functioneren van de open economie en het logistieke knooppunt dat Nederland is. Daarnaast heeft Nederland een aantal cruciale spelers in de ontwikkeling van technologie voor coöperatieve en automatische mobiliteit binnen de landsgrenzen: NXP (sensoren), TomTom, HERE (navigatie en kaarten), ImTech (coöperatief verkeersmanagementsystemen) en gespecialiseerde software providers (software/algoritmen). Samen met andere toeleveranciers in de automotive industry kunnen deze bedrijven een vooraanstaande rol spelen in de ontwikkeling van smart vehicles en smart traffic.

Met de sterke traditie van publiek-private samenwerking is er sprake van een sterk innovatie-ecosysteem dat de toepassing van coöperatieve en automatische voertuigen en methodieken tot een succes kan maken. Nauwe banden met de grote automotive bedrijven zoals DAF, Volkswagen, Toyota, Ford, en BMW maken Nederland bij uitstek geschikt om als *proeftuin* te fungeren. Ook de Nederlandse overheid en wegbeheerders hebben een belangrijke en actieve rol in de uitdagingen rond een goed en duurzaam mobiliteitssysteem, o.a. door het weren van zwaar vrachtverkeer in binnensteden, stimulering van elektrische voertuigen, verbetering van openbaar vervoer etc. Nederland heeft bovendien een sterke traditie in het beter benutten van het bestaande mobiliteitssysteem door het gebruik van geavanceerde technologie.

De voorwaarden om een leidende rol te spelen in de ontwikkeling van slim vervoer en banen te scheppen zijn dus aanwezig. Daarbij hebben we dan nog niet de talrijke mogelijke vernieuwingen in de logistieksector meegenomen, zoals efficiënt beheer van wagenparken,

'just-in-time'-transport, nieuwe business-modellen en een hogere productiviteit per vervoermiddel.

ICT en mechatronica vormen een sterke kennisbasis

Binnen het sterke innovatie-ecosysteem speelt het hoogwaardig onderzoek aan de drie technische universiteiten, TNO en elders een belangrijke rol. Dit onderzoek kenmerkt zich door een sterke traditie van samenwerking en richt zich op vrijwel alle terreinen die nodig zijn voor het ontwikkelen van de benodigde technologie:

- Sensoren en actuatoren in voertuigen en infrastructuur
- Intelligente algoritmen in voertuigen/software
- Intelligente algoritmen voor verkeersmanagement, mobiliteitsmanagement, vraagafhankelijk vervoer, goederenvervoer en logistiek
- ICT, big (en open) data en beveiligingstechnieken
- Man-machine interaction in smart vehicles en smart traffic voor optimale systeemprestatie

Binnen de 3TU en TNO worden de uitdagingen op deze vlakken integraal benaderd, gekoppeld aan concrete problemen en met ruime aandacht voor theoretische en methodische aspecten. Met een intensieve interactie tussen kennisinstellingen en industriële partijen, en waar nodig met voldoende stimulering vanuit de overheid, heeft Nederland ideale condities om bij te dragen aan de ontwikkeling en uitrol van smart vehicles en smart traffic. Internationale samenwerking vindt plaats via internationale organisaties zoals IEEE, 's werelds grootste organisatie voor technologieontwikkeling, de Amerikaanse Transportation Research Board (TRB) en via projecten met andere internationale kennispartners.

Zoals gezegd, liggen er op niet-technologisch gebied ook grote uitdagingen: hoe gedragen de gebruikers zich en hoe is de interactie met andere weggebruikers? Wat betekent het voor planning van infrastructuur en welke invloed heeft het op verkeersmanagement? Ook deze vragen zullen in de toekomst opgepakt moeten worden.

Coöperatieve en autonome mobiliteit

In 2030 zal de verkeersinfrastructuur van Nederland er anders uitzien: onze auto's en vrachtwagens communiceren met elkaar en met de wegkant, we plannen efficiënt onze reis, houden het overzicht, doen moeilijke manoeuvres, behoeden ons voor ongelukken en zorgen samen voor minder files en uitstoot. De matrixborden zijn niet meer nodig: het aantal files zal lager zijn en bovendien krijgt men de informatie rechtstreeks in de auto. Het stuur en het gaspedaal kunnen losgelaten worden als de auto zich aansluit in een treintje van auto's die dezelfde route volgen. Betrouwbaar, schoon, veilig en efficiënt, dat is het mobiliteitssysteem in 2030.

Om daar te komen zijn al flinke stappen gezet: het technologisch onderzoek heeft al veelbelovende concepten in ontwikkeling en Nederland heeft zich opgeworpen als test-site voor nieuwe mobiliteitsconcepten. Naast test-sites in Nederland wordt de 'ITS-corridor' Rotterdam-Frankfurt-Wenen samen met Duitsland en Oostenrijk ontwikkeld als living lab voor coöperatief rijden.

Maar er zijn nog veel stappen te zetten. Allereerst in het onderzoek zelf: sensortechnologie, communicatiemechanismen, big data, algoritmes voor verkeersmanagement en interactie tussen mechanica en datastromen. Kortom: de beheersing van de complexiteit van datastromen, de vertaling daarvan in de aansturing van het voertuig en het bieden van een

goed werkend mobiliteitssysteem op het niveau van het voertuig, groepen van voertuigen en het systeem als geheel.

Daarnaast liggen er buiten de technologie nog vele urgente vragen, variërend van de noodzakelijke keuzes voor standaarden in de industrie en op te leggen regels voor communicatie tussen auto's, tot aan juridische kaders voor aansprakelijkheid en privacy. Worden deze zaken niet gerealiseerd, dan zullen grote investeringen in innovatie niet gerealiseerd worden.

De mens blijft centraal staan. Ook op dat vlak liggen nog vele fundamentele vragen. Hoe gaan we om met automatische "robotauto's"? Zal het ons gedrag sterk beïnvloeden en onze kijk op mobiliteit doen veranderen? De gebruiker zal voor een belangrijk deel de innovatie aansturen. Ook daarom is het nodig om de burger en maatschappelijke organisaties in deze ontwikkelingen te betrekken.

In de komende 15 jaar zal er hard gewerkt moeten worden aan deze vernieuwingsopgave. Vormen van coöperatief rijden en automatisch rijden zullen hand in hand moeten gaan om tot optimale oplossingen te komen. Een slimme combinatie van technologische ontwikkeling, industriële productie, maatschappelijke regelgeving en acceptatie door gebruikers kan dat bewerkstelligen. Hoe snel de ontwikkeling ook zal gaan, het transitieproces is een uitdagend een langdurig proces: de levensduur van voertuigen is immers zo'n 17 jaar.



LEEFBAARHEID GROTE STEDEN

Prof.dr. Bas Denters, prof.dr.ir. Huub H.M. Rijnaarts, dr. Marianne A.J. Linde

Sinds enkele jaren wonen er wereldwijd meer mensen in een stad dan op het platteland en dat percentage groeit nog steeds. Elke week komen er acht miljoen stadsbewoners bij door geboorte en door migratie van platteland naar stad. Naar verwachting zal in 2050 driekwart van de wereldbevolking (bijna 7 van de 9 miljard mensen) in een stad wonen, een zelfde percentage als nu in Nederland.

De stad is een ecosysteem met een veelheid aan stof- en energiestromen. Hoe groter en welvarender de stad, hoe complexer de huisvesting van bewoners en bedrijven, maar ook hoe complexer hun voedsel-, energie en watervoorziening en de afvoer en verwerking van afvalstoffen.

De stad is ook een belangrijke economische, sociale en culturele motor, waar vraag en aanbod van goederen, mensen, kennis en nieuwe ideeën bij elkaar komen. De stad als broedplaats van creativiteit stelt hoge eisen aan verbindingen - zowel fysiek als virtueel - binnen de stad en tussen steden onderling en aan de beschikbaarheid van voorzieningen, zoals scholen en kennisinstellingen, digitale netwerken, winkels, kantoren, schouwburgen en musea. Een hoog niveau van culturele en recreatieve voorzieningen bevordert niet alleen de kwaliteit van leven in de stad, maar jaagt ook weer de economische ontwikkeling aan. De stad is vooral een gemeenschap van mensen die er wonen, werken en recreëren, geboren worden en doodgaan, activiteiten ontplooiën en elkaar ontmoeten of langs elkaar heen lopen. Een sociaal weefsel dat de stad maakt tot meer dan een reeks gebouwen die met elkaar zijn verbonden door een fysieke infrastructuur: een dynamisch netwerk dat zich niet alleen aanpast aan nieuwe ontwikkelingen maar die ook initieert.

LEEFBAARHEID GROTE STEDEN

De vraag is hoe dat vermogen tot aanpassing en innovatie in te zetten om de leefbaarheid te bevorderen in het licht van maatschappelijke veranderingen zoals urbanisatie en vergrijzing, fysieke veranderingen zoals klimaatverandering en bodemdaling en van de technologische vernieuwingen die zich aandienen op gebieden als energievoorziening, mobiliteit, sociale media en 'big data'.

Moderne en groene steden die blijven doorgroeien

In ontwikkelingslanden en opkomende economieën liggen de maatschappelijke uitdagingen vooral in de snelle groei van de stedelijke bevolking die een ongeorganiseerde 'sprawl' van sloppenwijken veroorzaakt zonder zelfs maar basale voorzieningen als drinkwater en sanitatie. Een extra complicatie is dat stedelijke uitbreidingen vaak plaatsvinden in kustgebieden en langs rivieren (tachtig procent van de wereldbevolking woont in kustgebieden of op rivieroeveren), waarbij vruchtbare grond, belangrijk voor de voedselproductie, verdwijnt onder steen en asfalt en bodemdaling door ontwatering de kans op overstromingen vergroot.

In de geïndustrialiseerde landen gaat de groei van grote steden gepaard met krimp van kleinere steden in de periferie. Vergrijzing heeft gevolgen voor de inrichting van de woonomgeving, de beschikbaarheid van voorzieningen en de veerkracht van het sociale weefsel. Het verdwijnen van traditionele sociale verbanden vraagt om nieuwe oplossingen voor vraagstukken als stijgende zorgkosten, gettovorming (banlieu's) en uitsluiting van bevolkingsgroepen op basis van hun postcode.

De stedelijke economie is productiever, groeit sneller en heeft een groter innovatief vermogen, omdat bedrijven en organisaties - zoals

kennisinstellingen - profiteren van elkaars nabijheid. Tegelijkertijd concurreren steden meer en meer met elkaar om aantrekkelijk te blijven. Niet alleen voor buitenlandse bedrijven met hun expats, maar ook voor creatieve jonge mensen die met start-up bedrijven nieuwe impulsen geven aan de stedelijke economie. Om agglomeratievoordelen optimaal te benutten, moeten Nederlandse steden samenwerken met buurgemeenten, maar ook met partijen in de stad, zoals bedrijven, kennisinstellingen, maatschappelijke groepen en individuele burgers.

Afstemming en burgerparticipatie zijn ook nodig om de energie- en stofstromen in de stad als ecosysteem optimaal te organiseren. Steden staan voor nieuwe uitdagingen zoals benutting van reststromen, inclusief afvalwater (fosfaat-terugwinning), de veranderende waterhuishouding als gevolg van klimaatverandering en de opkomst van decentrale energiesystemen. Ook de groeiende integratie van fysieke en virtuele netwerken leidt tot vragen over de verdeling van publieke en private verantwoordelijkheden; de afstemming van decentrale en centrale systemen en de effecten van nieuwe technieken zoals intelligente gebouwen en voertuigen op ruimtelijke ordening en infrastructuur.

Stad als economische motor

Nederland is vanaf de vroege Middeleeuwen een land van steden. Het bestuur van die steden was nimmer het exclusieve domein van één allesbestierend stadsbestuur. Omdat een uitgebreid ambtelijk apparaat ontbrak, was het bestuur aangewezen op samenwerking met lokale instellingen en burgers. In die tijd werd ook de basis gelegd voor de Nederlandse traditie van samenwerkend bestuur en onze latere overlegeconomie.

Als we kijken naar de stad als ecosysteem met een veelheid aan stofstromen, dan beschikt Nederland over een buitengewoon efficiënte agro-foodsector, die er in slaagt om in een zeer dichtbevolkt land ruimschoots meer voedsel te produceren dan nodig is voor de eigen bevolking. En over een bijbehorende logistieke sector die er ook nog in slaagt om die bederfelijke goederen op de juiste tijdstippen en in voldoende hoeveelheden aan te voeren en te distribueren over grote en kleine winkels, markten en supermarkten. Nederlandse steden en dorpen beschikken ook over volwassen systemen voor het afvoeren en steeds vaker ook het hergebruiken van reststromen; van papier en glas tot energie en nutriënten uit afvalwater.

Nederlandse heeft veel ervaring met stedenbouw en ruimtelijke ordening, dat wil zeggen het afstemmen van de verschillende stedelijke functies op elkaar en op de relatie met het omliggende platteland. Ook daarbij kan worden voortgebouwd op de lange traditie van samenwerkend bestuur. Een hedendaags voorbeeld zijn de stadsgesprekken, stadsdialogen en stads-expedities die worden georganiseerd om met de bewoners te praten over toekomstige stedelijke ontwikkeling. Mede dankzij stadsvernieuwing is de leefbaarheid van Nederlandse steden hoog en is er van gettovorming nauwelijks sprake.

Voor de stad als economische motor is, zoals gezegd, connectiviteit van belang. In en tussen Nederlandse steden ligt een fijnmazig systeem voor openbaar vervoer en van fietspaden en autowegen voor individueel vervoer. Vanwege hun relatief kleine schaal zijn Nederlandse steden goed bereikbaar en blijft congestie binnen de perken. Tegelijkertijd is die kleinschaligheid, ook van onze grote steden, een belangrijk aspect van leefbaarheid. Naast economische overwegingen is een aantrekkelijk en veilig leefmilieu

met goede voorzieningen, zoals scholen, steeds belangrijker voor buitenlandse investeerders en hun werknemers ('expats').

Voor de stad als economische motor is ook de data-infrastructuur steeds belangrijker. Data zijn, zo niet een grondstof, dan toch een belangrijke hulpstof voor 'smart industries' en de bijbehorende systemen voor toelevering en afzet. Nederland is een van de landen met het hoogste percentage internetaansluitingen in de wereld en beschikt over belangrijke knooppunten in wereldomspannende datanetwerken. Naast een hoge connectiviteit via internet zijn er veel mogelijkheden voor direct contact; een combinatie die kenmerkend is voor de moderne stad die ruimte biedt aan kennis, creativiteit en innovatie.

Kennisinstellingen opereren samen met architecten- en ingenieursbureaus wereldwijd

Mede dankzij een actief overheidsbeleid op het gebied van volkshuisvesting en ruimtelijke ordening beschikken Nederlandse universiteiten, hbo-instellingen en onderzoeksinstituten over veel kennis op het gebied van architectuur, stedenbouw, planologie en landinrichting en stedelijk bestuur. Van recente datum is de oprichting van het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions (AMS) waarin de universiteiten van Delft en Wageningen samenwerken met het Amerikaanse MIT en een groot aantal bedrijven en instellingen, waaronder TNO, bij het onderzoeken en beproeven van oplossingen voor grootstedelijke uitdagingen. Andere voorbeelden van samenwerking zijn het Knowledge centre for Healthy Urban Living, waarin 1500 onderzoekers van verschillende kennisinstituten (RIVM, TNO, Deltares, KNMI en Universiteit Utrecht/UMC) samenwerken met de overheid en innovatieve bedrijven aan gezonde en leefbare steden,

LEEFBAARHEID GROTE STEDEN

het Smart Cities initiatief van de Universiteit Twente en het programma Water Nexus, waarin onderzoek wordt gedaan naar adaptieve watervoorziening.

De toekomst van de steden staat ook centraal in nationale en Europese kennisprogramma's. Zo lanceerden de Nederlandse overheid onlangs de Agenda Stad die aansluit op het Europese samenwerkingsverband Urban Europe. Verder vormen in Horizon 2020 – het onderzoeks- en innovatieprogramma van de EU – Smart Cities en Smart Citizens een centraal thema.

Bijzonder bij deze en andere initiatieven is de snelle doorstroming van kennis naar vaak wereldwijd opererende architecten- en advies- en ingenieursbureaus, waardoor kennis en inzichten die in Nederland zijn ontwikkeld op het gebied van integrale ruimtelijke planning bijvoorbeeld worden toegepast bij de wederopbouw van New Orleans, het inrichten van een groot ziekenhuis in Bratislava of het ontwerpen van een verkeerssysteem voor Slowakije. Bij planning en uitvoering van die projecten wordt er steeds meer samengewerkt met betrokken partijen en burgers. Op dit terrein kan Nederland, zoals gezegd, bogen op een lange traditie en beschikken we over veel kennis en ervaring. Dat gaat verder dan inspraak op reeds gemaakte plannen, maar begint met het samen ontwikkelen van ideeën. De kennis en ervaring, vastgelegd in publicaties over bijvoorbeeld de herbouw van de Enschedese wijk Roombeek na de ontploffing van een vuurwerkopslag ('Rebuilding Roombeek'), vormen een inspiratiebron voor ontwerpers en overheden elders in de wereld. Niet alleen voor ruimtelijke ordening, maar bijvoorbeeld ook voor decentrale energievoorziening, stadslandbouw en andere lokale initiatieven. Zo staat in februari 2015, in de door de EU gelanceerde Energy Union strategie, de

actief-participerende burger centraal ("Citizens have to be empowered to take ownership control of the energy transition").

Met burgers en big data naar een stedelijke circulaire economie

De stad van de toekomst is een goed functionerend ecosysteem dat flexibel inspeelt op demografische veranderingen (bevolkingsgroei en -krimp, vergrijzing), klimatologische veranderingen en technologische ontwikkelingen. De stad van de toekomst is ook broedplaats voor kennisontwikkeling en innovatie. Een economische motor die ruimte biedt aan interactie tussen onderzoek en toepassing, tussen oude en nieuwe bedrijvigheid en die efficiënt omgaat met energie, grondstoffen en ruimte. De stad van de toekomst is niet in de laatste plaats ook een gemeenschap van mensen die actief betrokken zijn bij hun fysieke, sociale en culturele leefomgeving en daar ook zelf vorm aan geven.

Een belangrijke vernieuwingsopgave is het optimaliseren van het stedelijk ecosysteem. Daarvoor is eerst en vooral nodig het goed in kaart brengen van de energie- en stofstromen in de stad. Wat gaat erin aan energie, (regen)water en voedsel en wat komt er uit aan producten en afval. Daarbij kan het concept van de 'smart city' goede diensten bewijzen. De stad raakt steeds meer bedekt met een laag van sensoren en netwerken, die het mogelijk maakt om de dynamiek *real time* in kaart te brengen.

Impliciet volgt daaruit de tweede vernieuwingsopgave en dat is hoe je op basis van 'big data' problemen aan kunt gaan pakken (zoals lokale wateroverlast, verkeerscongestie) en nieuwe initiatieven kunt ontplooien (zoals de aanleg van veilige fiets- en voetpaden, ontwikkeling van stadslandbouw, terugwinnen van meststoffen uit afvalwater, hergebruik van leegstaande

kantoren en fabriekspannen en de ontwikkeling van 'smart industries', d.w.z. ecosystemen van bedrijven, die gekoppeld in een virtueel netwerk energie en materiaal uitwisselen en kringlopen sluiten).

Naast de vraag van het 'hoe' is ook de vraag 'wie' van belang. Is het de overheid die big data gebruikt om een eigen beleid uit te voeren? Of krijgen burgers de beschikking over die data en daarmee ook de zeggenschap over de inrichting van hun eigen leefomgeving en voorzieningenniveau en mogelijkheden om een circulaire economie te realiseren? Een belangrijk aspect is hoe dat te realiseren zonder dat daardoor de betrouwbaarheid van voorzieningen zoals de energielevering in het geding komt. Daarnaast kan zelfregulering leiden tot conflicten tussen buurten, maar ook tussen beroepsgroepen, zoals de taxioorlog tussen Uberpop en de houders van een dure vergunning laat zien.

Een andere vraag is of, en zo ja welke groepen dreigen te worden uitgesloten (ouderen, immigranten, armen) en hoe dat is te voorkomen. De manier waarop smart cities sociaal gestalte krijgen is sterk afhankelijk van de vraag hoe en door wie de gegevens worden gebruikt. Ook daar ligt een belangrijke vernieuwingsopgave. De stad is niet alleen een verblijfplaats, maar ook een systeem waarin grondstoffen en energie met kennis en creativiteit worden omgezet in producten en diensten. Naast de laag van sensoren en netwerken die zorgt voor virtuele netwerken, vraagt de stad als economische motor ook om een flexibele fysieke infrastructuur en om ontmoetingsplaatsen die zich voor meerdere doeleinden laten gebruiken, variërend van werk- en vergaderplekken tot bedrijvenparken voor open innovatie waar startende bedrijven gebruik kunnen maken van de kennis, ervaring en faciliteiten van bestaande bedrijven.



MATERIAALSCHAARSTE, HERGEBRUIK EN NIEUWE MATERIALEN

Ir. Christiaan H. Bolck, prof.dr.ir. Emiel J.M. Hensen, prof.dr. Peter Rem

De behoefte aan primaire grondstoffen stijgt als gevolg van de groei van wereldbevolking en welvaart. Hierdoor ontstaat een relatieve schaarste die leidt tot stijgende prijzen, maar ook tot een groeiende milieubelasting bij de winning. In sommige gevallen leidt dit zelfs tot conflicten tussen landen. De drie duurzaamheids P's van people, planet en profit dwingen ons om zuinig om te gaan met schaarse grondstoffen en ze zoveel mogelijk opnieuw te gebruiken. Dat vraagt om een nieuwe generatie technieken voor inzameling en recycling met behulp van de bijbehorende bedrijfsketens.

Daarnaast moeten we zoveel mogelijk gebruik maken van hernieuwbare grondstoffen. De optimale benutting daarvan vraagt om nieuwe technieken voor decentrale (on farm) en centrale bioraffinage.

De uiteindelijke oplossing voor het grondstoffenprobleem is een circulaire economie waar een vooralsnog groeiende wereldbevolking kan beschikken over voldoende voedsel, energie en materialen om prettig te kunnen leven zonder het milieu onomkeerbaar aan te tasten en de grondstofvoorraden van de aarde uit te putten.

Fysieke en geopolitieke schaarste grondstoffen in Europa

Al zeker veertig jaar – sinds de Club van Rome – is het overduidelijk dat ertsvoorraden en fossiele grondstoffen eindig zijn en de mensheid voor serieuze uitdagingen stelt. Hoewel de schattingen van de Club van Rome aan de pessimistische kant waren, begint de schaarste nu meer serieuze vormen aan te nemen, met name in Europa, het continent dat als eerste een industriële revolutie doormaakte. Zo is de Europese import aan grondstoffen voor energie en materialen de afgelopen tien jaar verdubbeld in waarde door onder andere de stijging van de welvaart en de prijzen voor grondstoffen.

Bij materialen gaat het niet alleen om bulk-grondstoffen zoals olie, ijzer en kolen, maar ook om kleinere stromen waarvan de aanvoer kritiek dreigt te worden of al was. Daaronder de zeldzame aardmetalen zoals neodymium – belangrijk voor onder meer windturbines, harde schijven en elektrische auto's. Ook de aanvoer van halfgeleidermaterialen zoals indium en gallium, die worden gebruikt in zonnepanelen en computerchips, is kritisch geworden en dat dreigt ook voor de grondstoffen die worden gebruikt voor de productie van katalysatoren.

Bij energie ligt er een grote uitdaging in de ontwikkeling van zogeheten 'intermittent available' hernieuwbare energie, dat wil zeggen de energievoorziening op momenten dat de zon niet schijnt en/of de wind niet waait. Naast inzet van biomassa als bron van vloeibare brandstof, kunnen ook periodieke overschotten aan duurzame elektriciteit worden omgezet in 'solar fuels', zoals methanol en methaan op basis van CO₂ (die overigens ook als vloeibare grondstof voor de chemische industrie gebruikt kunnen worden) of worden opgeslagen in batterijen. Beide opties zijn technisch haalbaar, maar nog niet betaalbaar.

De aanvoerrisico's worden niet per se veroorzaakt door een fysieke schaarste van grondstoffen. Vaak worden – als de prijs maar hoog genoeg is – lastig(er) te winnen voorraden ook economisch interessant. Vaak ligt het risico in zogenaamde 'geopolitieke schaarste'. In dat kader kennen we allemaal de afhankelijkheid van Europa van aardolie en aardgas uit het Midden-Oosten en uit Rusland. Ook zeldzame aardmetalen zijn niet echt schaars, maar worden bijvoorbeeld vrijwel alleen in China gewonnen. Bij een politiek conflict met Japan werd dat land zelfs een tijdlang helemaal uitgesloten van levering. Een ander voorbeeld van geopolitieke schaarste betreft de afhankelijkheid van grondstoffen uit politiek instabiele gebieden. Zo zijn we al meermalen geconfronteerd met de gevoeligheid van de prijs van benzine voor conflicten in het Midden Oosten. Van recenter datum zijn discussies over kobalt en tin uit Oost-Kongo, die als 'besmet' gelden.

Omdat Europa zelf niet beschikt over grote, rendabel te winnen voorraden is dé uitdaging voor Europa – en daarmee ook voor Nederland – om minder afhankelijk te worden van fossiele grondstoffen en ertsen. Dit kan door het aandeel secundaire grondstoffen dat beschikbaar komt door hergebruik en recycling substantieel te vergroten, of door gebruik te maken van alternatieve grondstoffen en/of hernieuwbare (plantaardige) grondstoffen.

Het streven van Europa is om het aandeel secundaire grondstoffen te vergroten van de huidige circa 10 procent tot 50 procent in 2030. Daarbij is de grootste uitdaging om de functionaliteit en kwaliteit van de primaire grondstoffen zoveel mogelijk te behouden onder meer door producten zo te ontwerpen dat de gebruikte materialen in een bruikbare vorm teruggewonnen kunnen worden (design for recycling). Naast recycling is een oplossing om alternatieve

grondstoffen te vinden die dezelfde functie kunnen vervullen maar waar de voorraden minder kritisch zijn of nagenoeg oneindig. Dit kunnen fossiele grondstoffen of ertsen zijn uit meer stabiele regio's, maar ook hernieuwbare grondstoffen met een plantaardige oorsprong. Van belang is daarbij wel dat er geen schaarste ontstaat voor andere toepassingen zoals voedsel in het geval van plantaardige grondstoffen.

Bio-grondstoffen en recycling economisch interessante alternatieven

Nederland is goed gepositioneerd voor een transitie naar niet-kritische grondstoffen. Zo zijn de havens van Rotterdam en Amsterdam belangrijke knooppunten voor de aanvoer en verwerking van biomassa. Deze activiteiten zijn direct gekoppeld aan een sterk agrofood cluster met een internationaal toonaangevende land- en tuinbouw en bijbehorende verwerkende industrie. Daarnaast beschikt Nederland over een sterk chemiecluster met een aantal grote bedrijven die (willen) inzetten op verwaarding van plantaardige in plaats van fossiele grondstoffen. Niet alleen voor chemische specialiteiten, maar ook voor basischemicaliën zoals methanol en ethyleen. Mede dankzij initiatieven van de overheid groeien het agrofood- en het chemiecluster steeds meer naar elkaar toe, waardoor een sterke basis ontstaat voor ontwikkeling en verwerking van groene grondstoffen.

Wat betreft de inzet van gerecyclede, secundaire grondstoffen beschikt Nederland over een stevige infrastructuur voor inzameling en verwerking van papier, glas, metalen, plastics, puin en hout. De Nederlandse papier- en kartonindustrie bijvoorbeeld draait vrijwel volledig op oud papier en ook andere 'dedicated' reststromen zoals plastics en wit- en bruingoed worden verwerkt tot bruikbare grondstoffen. Ook asfalt

en bouwpuin worden op grote schaal hergebruikt, evenals vliegas en slakken uit kolen en afvalcentrales.

Momenteel worden zogeheten Green Deals ingezet om ook moeilijke reststromen om te zetten in grondstoffen. Zo zijn er tussen bedrijfsleven en overheid een Ketenakkoord Kunststof Kringloop en een Ketenakkoord Fosfaatkringloop gesloten. Een bijzonder initiatief is de Green Deal Take Back Chemicals. Daarmee wordt een nieuw business model in de chemische industrie geïntroduceerd, waarbij de producent eigenaar blijft van de chemicaliën. In eerste instantie gaat het vooral om het gebruik en terugwinnen van schoonmaak- en oplosmiddelen en katalysatoren.

Gebruik van verbeterde materialen in productontwerp is sterk ontwikkeld

Nederland beschikt over een stevige kennisbasis als het gaat om de ontwikkeling en het gebruik van nieuwe (bio- en nano-)materialen en de inzameling, verwerking en hergebruik van secundaire grondstoffen. Dankzij intermediaire instituten zijn er korte lijnen tussen fundamenteel onderzoek, toepassingsgericht onderzoek en innovatie. Het thema grondstoffen en materialen krijgt ook veel aandacht binnen diverse topsectoren. Hoger onderwijs en bedrijfsleven werken samen in zogeheten iLabs en Centers for Open Chemical Innovations, waar innovatief onderzoek wordt gedaan naar productie van groene grondstoffen en toepassing daarvan in onder meer biocomposieten voor de bouw en monofilament voor 3D printers. Het universitaire onderzoek is georganiseerd in onderzoekscholen en in onderzoeksprogramma's. Universiteiten en instellingen voor toegepast onderzoek (TO2) doen onderzoek naar nieuwe materialen, bijvoorbeeld voor efficiëntere opslag van energie (batterijen), naar recyclingtechnieken en naar goedkopere processen voor de productie van solar fuels.

MATERIAALSCHAARSTE, HERGEBRUIK EN NIEUWE MATERIALEN

In de ontwerpende disciplines groeit de aandacht voor minimalisatie van het gebruik van materialen. Betere kennis van faalmechanismen voorkomt overdimensionering met als bijkomend voordeel dat constructies ook lichter worden, waardoor er minder energie nodig is om ze te laten rijden, vliegen of varen. Betere (nano-) coatings zorgen ervoor dat corrosie minder kans krijgt, waardoor de levensduur van constructies wordt verlengd. Om de gebruikte materialen weer als (vrijwel) nieuw te kunnen hergebruiken (upcycling), is het belangrijk dat ze weer gescheiden kunnen worden, niet alleen fysisch, maar ook chemisch.

Een iets andere route is 'design for recycling', waarbij in het ontwerp al rekening wordt gehouden met hergebruik van onderdelen en materialen van een constructie. Na een aarzelend begint dit steeds meer gemeengoed te worden bij het ontwerp van woningen en gebouwen, consumptiegoederen en voer-, vaar- en vliegtuigen. Zeker als het gaat om constructies die lang meegaan, zoals gebouwen en voertuigen is de uitdaging niet alleen dat ze op een nette manier uit elkaar kunnen worden gehaald (disassembly), maar dat dat gecombineerd zijn met systemen waarin is vastgelegd waar het materiaal zich bevindt en wat de exacte samenstelling is.

Een verdienmodel voor *innovating to zero-emissions*

De ultieme maatschappelijke opgave op het gebied van grondstoffen en materialen is een circulaire economie, waarbij niets verloren gaat en de reststroom van de één, de grondstof is voor de ander. Een economie als ecosysteem, waarbij de behoefte aan "uitputbare" grondstoffen drastisch wordt verminderd door de zes R's van reduce, re-use, recycle/renewables, replace, redesign. Dat betekent dat grondstoffen continu in kringloop blijven met zo min

mogelijk gebruik en zonder verlies van kwaliteit. Daarnaast kan gebruik gemaakt worden van plantaardige grondstoffen, die nagenoeg onuitputtelijk zijn mits ze op een verantwoorde manier worden geproduceerd, dus met behoud van de agrarische productiecapaciteit. Na gebruik kunnen ze gerecycled worden net zoals de uitputbare grondstoffen of in de biosfeer als voedsel worden teruggegeven aan de natuur.

Voor het realiseren van een circulaire economie is onderzoek nodig naar het realiseren van dezelfde of nog betere functies met veel minder (dure) grondstoffen. Een bekend voorbeeld is het Lotus-effect van vuilafstotende oppervlakken. Moleculen die voor dit effect zorgen kunnen geëxtraheerd worden uit de plant of we kunnen zelf deze moleculen op nanoschaal 'nabouwen'. Nanostructuren kunnen daarnaast ook het rendement van silicium zonnecellen sterk verbeteren door 'fotonenmanagement' en nanocoatings kunnen de levensduur van stalen constructies met factoren verlengen.

Een bijkomende vraag is hoe we die functies kunnen realiseren op zo'n manier dat de gebruikte materialen makkelijk zijn terug te winnen en opnieuw te gebruiken, zonder in te leveren op specificaties. Voedselverpakkingen bijvoorbeeld bestaan steeds vaker uit meerdere lagen kunststof om de houdbaarheid te vergroten en (microbiologische) kwaliteit te waarborgen. Meerlaagse kunststoffen zijn echter lastig te scheiden en te recyclen.

In het verlengde hiervan ligt de behoefte aan nieuwe scheidingsmethoden. Aan het eind van de vorige eeuw lag de nadruk sterk op technieken uit de mijnbouw voor het winnen van secundaire grondstoffen uit afval. Het rendement daarvan is betrekkelijk gering, zeker als het gaat om stoffen die slechts in geringe concentraties voorkomen in complexe mengsels met andere

stoffen. Daarom is er grote behoefte aan slimme scheidingsmethodes gebaseerd op chemische en fysische inzichten, zoals de Advanced Dry Recovery (ADR)-techniek voor het terugwinnen van kleine metaaldeeltjes uit de natte bodemas van verbrandingsinstallaties, het gebruik van infrarood licht om op het oog identieke metalen te scheiden en de ontwikkeling van technieken voor bioraffinage voor scheiding van plantaardige materialen. Fundamenteel onderzoek, bijvoorbeeld naar de inzet van micro-organismen of naar het gebruik van ionische vloeistoffen of van superkritisch CO₂, biedt nieuwe perspectieven voor scheiding en hergebruik van materialen.

Ook de potentie van natuurlijke grondstoffen kan beter worden benut. De oplossing ligt hier enerzijds in het verhogen van productiecapaciteit en het benutten van de hele plant. Zo kunnen ook de niet-eetbare delen van gewassen zoals bietenloof, gerooide tomatenplanten en het voor koeien weinig voedzame herfstgras en organische reststromen zoals aardappelschillen, en GFT afval ingezet worden. Anderzijds is grote winst te behalen door het isoleren, modificeren en benutten van de complexe moleculen die de natuur al

heeft gemaakt. Bijvoorbeeld voor de productie van medicijnen en chemische specialiteiten, maar ook voor bouwmaterialen en bioplastics.

Naast bèta- en technisch-wetenschappelijk onderzoek vraagt de circulaire economie ook om onderzoek naar nieuwe verdienmodellen, vaak in nieuwe bedrijfsketens. Virtuele netwerken van bedrijven (smart industries) maken het mogelijk dat materialen eigendom blijven van de producent, desnoods – in geval van woningen en gebouwen – decennialang. De gebruiker betaalt dan alleen voor de dienstverlening. Dergelijke 'lease'-constructies voor materialen vragen om slimme systemen voor registreren en identificeren van materialen en om slimme logistieke systemen voor het soms wereldwijd inzamelen van vaak relatief kleine stromen. Daarnaast zullen ook systemen voor financiering en belastingheffing moeten worden aangepast aan de nieuwe circulaire economie.



PERSONALIZED HEALTH

Prof.dr. Jan van der Greef, prof.dr.ir. Lucas J. van Vliet, prof.dr.ir. Hermie J. Hermens

Een meer persoonlijke benadering van ziekte en gezondheid (personalized health) is essentieel voor de verbetering van de kwaliteit en de betaalbaarheid van de gezondheidszorg omdat we steeds meer te maken krijgen met chronische ziekten als gevolg van vergrijzing en een slechte levensstijl.

De ambitie voor de komende 25 jaar moet daarom zijn het significant verbeteren van de gezonde levensverwachting van Nederlanders. Dit kan ten eerste door een toename van het aantal gezonde levensjaren en ten tweede door het halveren van de gezondheidskloof tussen laag- en hoogopgeleiden. Dit sluit rechtstreeks aan bij de Europese ambitie zoals verwoord in het Joint Programming Initiative 'More Years, Better Lives'.

Om dit te realiseren is een aanpak nodig die zowel technische als sociale innovatie omvat, gericht op gepersonaliseerde monitoring, behandeling, revalidatie en ondersteuning van life-style interventies ter voorkoming van chronische ziekten en voor verbetering van vitaliteit en participatie in een veranderende maatschappij.

Naar een persoonlijke aanpak

Het denken over ziekte, gezondheid en zorg in Nederland en in Europa is drastisch aan het veranderen. Dat heeft enerzijds te maken met de houdbaarheid van het zorgstelsel als gevolg van de stijgende zorgkosten, maar anderzijds met het feit dat we steeds meer te maken krijgen met chronische ziekten als gevolg van de toename van levensverwachting, behandeling van bijvoorbeeld cardiovasculaire stress en ongezonde levensstijl. De huidige gezondheidszorg heeft grote successen geboekt, maar heeft haar plafond bereikt en is beperkt inzetbaar voor preventie en ontorekend voor de aanpak van chronische ziekten. Het dominante uitgangspunt is namelijk geënt op ziektemanagement met focus op pathologie en acute problematiek in plaats van op langdurige gezondheidsbevordering.

Het bevorderen van gezondheid en het functioneren van mensen vraagt om een veel meer persoonlijke benadering dan het biomedische model dat ziekten centraal stelt. Een verschuiving van “one-size-fits-all” naar Personalized Health is aan de orde. De voorgestelde transitie van ‘ziekte en zorg naar gezondheid en gedrag’ (of: van geneeskunde naar gezondheidskunde) kan niet zonder deze veel meer persoonlijke aanpak. Persoonlijk betekent: de persoon bezien in de context van zijn/haar omgeving en rekening houdend met de persoonlijke behoeften en doelen. Daarvoor zijn nieuwe technologieën en methoden nodig die personalisering mogelijk maken en op individueel niveau ingesteld kunnen worden. Naast biomedische aspecten spelen juist ook psychosociale aspecten een essentiële rol. Zo wordt sociale en technologische innovatie steeds sterker geïntegreerd en wordt een sterke verwevenheid van β en γ in onderzoek onmisbaar. Een kernaandachtspunt is daarbij het verschil in levensverwachting tussen hoog- en laagopgeleiden, die nu 6-7 jaar bedraagt en

waarbij hoogopgeleiden bijna 20 jaar langer leven in goede gezondheid.

Nieuwe technologie en gezondheidsdenken speelt in die verandering een belangrijke rol. Met de vergijzing neemt de zorgvraag toe, terwijl er tegelijkertijd minder mensen zijn om die zorg te leveren. Technologische vernieuwing helpt ook om met minder mensen betere zorg te leveren. Vanuit een systemische context wordt de technologie in de toekomst zó ingezet dat die ten dienste staat van vitale samenleving. De mens (patiënt) wordt steeds meer de dirigent van eigen gezondheid en zo zal de gezondheidszorg een ander karakter krijgen; een veranderende rol, niet alleen voor de overheid en ziektekostenverzekeraars, maar voor alle betrokken stakeholders. Daarnaast zal er voor alle niveaus een gevalideerd monitoringsysteem moeten worden ontwikkeld om de nieuwe benadering en bijbehorende adviezen en interventies te kunnen evalueren vanaf persoon, werkomgeving, gemeente tot aan provincie en landelijk niveau. Zo’n methodologie biedt aan alle lagen van bestuur handvatten om strategie te ontwikkelen.

Belangrijke uitdagingen liggen in het realiseren van een aantal fundamentele veranderingen. In de meest brede zin moeten we de transitie maken van een reductionistisch (ziektebepaald) perspectief naar een integrale systeembenadering van gezondheid (van molecuul tot mens en maatschappij). Zo’n integrale aanpak brengt met zich mee een verschuiving van behandeling en management van ziekten naar het bevorderen van gezondheid. Dat vraagt tegelijkertijd het afstand nemen van een reactieve benadering die vooral de nadruk legt op symptoombestrijding naar een proactieve, die de oorzaak van gezondheid als uitgangspunt neemt en het stimuleren van een gezonde lifestyle, voeding en psychosociale aspecten meeneemt. In het omgaan

met (chronische) ziekten zou daarbij veel meer nadruk gelegd moeten worden op vitaliteit: het bevorderen van veerkracht van mensen om te kunnen anticiperen op een veranderende omgeving of om bij het optreden van ziekten of klachten opnieuw in een gezonde toestand te komen – herstel van evenwicht. Zo'n herstel van evenwicht zal voor iedereen anders zijn en daarom is het van groot belang dat we de omslag maken van een generieke "one size fits all" naar een veel meer persoonlijke benadering, waarin de patiënt centraal staat en de regie gaat voeren over eigen gezondheid – daarbij ondersteund waar nodig. Zo'n persoonlijke aanpak vereist het ontwikkelen van innovatieve benaderingen die chronisch zieken en ouderen helpen langer zelfstandig te functioneren. Daarbij moeten we inzetten op preventie en lifestyle, op cure én care.

Persoonlijke aanpak vergroot markt voor medische technologie

Technologie en innovatie zijn onmisbaar om de visie van personalized health te realiseren: de integratie van onder meer mobiel internet, sensoren, sociale media, biotechnologie en informatica gaat de geneeskunde (en de hele sector Life Sciences & Health) op z'n kop zetten. Eric Topol spreekt in dit verband van de superconvergentie van technologieën: 'A "massive convergence" of smart phone technology, computing power, and genetics is rapidly transforming medical practice.'¹ Daaraan kunnen we nog toevoegen doorbraken op het gebied van sensoren, domotica en robotica. Denk daarbij aan de inzet van biosensoren voor het monitoren en corrigeren van functieverlies. Ook het ontwikkelen van nieuwe diagnostiek waaronder persoonlijke monitoringstechnologie en gezondheids-monitoringsinstrumenten gaat daarbij een rol spelen. Personalized health genereert daarbij veel data. Gegevensbeheer en analyse (big data) alsmede gereedschappen om beslissingen

en interventies te kunnen evalueren in complexe omgevingen zijn daarbij van groot belang. Tenslotte moet al die nieuwe kennis en technologie beschikbaar worden gemaakt – dat vraagt de ontwikkeling van nieuwe producten, diensten en businessmodellen door bedrijven.

Nederlandse bedrijven en instellingen (de zorg is voor een groot deel een publieke, gereguleerde markt) kunnen in de ontwikkeling van technologie, innovatie, en nieuwe producten en diensten een belangrijke rol spelen, niet alleen in Nederland, want de markt voor medische technologie en innovatie is mondiaal. Zoals gezegd, lopen we in Nederland voorop waar het gaat om nieuwe inzichten over gezondheid en zorg en het omgaan met (chronische) ziekten. We hebben een zorgstelsel dat, ondanks kritiek, qua prestaties en consumenttevredenheid tot de Europese top behoort. Innovaties in gezondheid en zorg zijn per definitie complex door het grote aantal publieke en private actoren dat erbij betrokken is. Het uittesten van dergelijke complexe veranderingen in living labs en proeftuinen is iets waar we in Nederland veel ervaring mee hebben – ook in de topsector Life Sciences and Health. Een vernieuwing als 'Better in, better out' waarbij de conditie van fragiele ouderen voor een operatie wordt verbeterd door een gericht fysio programma waardoor het herstel na de operatie sneller gaat en het verblijf in het ziekenhuis wordt bekort, is een goed voorbeeld. In Europa wordt kennis over innovatieve zorgconcepten en best practices steeds meer op structurele basis gedeeld in een dertigtal referentie sites binnen het European Innovation Partnership on Active and Healthy Ageing.

Ook aan de technologiekant zien we belangrijke ontwikkelingen: er is veel nieuwe kleinschalige bedrijvigheid rond (technische) universiteiten en UMC's, maar (zoals in veel andere sectoren

¹ Topol, E. (2012). *The creative destruction of medicine. How the digital revolution will create better health care.* New York: Basic Books

PERSONALIZED HEALTH

en landen) zijn er ook problemen met opschaling en het oversteken van de 'valley of death'. We hebben enkele belangrijke spelers in de medische biotechnologie zoals Crucell, Prosensa, uniQure, en ProQR die zich richten op geneesmiddelen voor (zeldzame) genetische ziekten. Voorbeelden op sensorgebied zijn bedrijven als TMSi, XSens, Inertia. Voorbeelden van medical imaging bedrijven zijn onder andere: Quantib, DELMIC, i-Optics, Clinical Graphics, Medis, en Delft imaging systems. XELTIS is een bedrijf dat innovatieve implantaten zoals meegroeibare hartkleppen maakt.

Nederland loopt voorop bij innovaties in gezondheid en zorg

Nieuwe kansen voor bedrijven op het gebied van personalised health hangen steeds meer direct samen met de kennissterktes die in medische en high-tech clusters ontwikkeld worden. Het onderscheid tussen fundamentele en toegepaste kennis vervaagt daarbij steeds meer. Om nieuwe kennis, technologie en innovaties te implementeren op het gebied van personalized health wordt het steeds belangrijker het hele kennis-traject integraal te bekijken: van fundamenteel onderzoek tot toepassing in bedrijven en ontwikkeling samen met gebruikers en patiënten. Kennis over chronische ziekten en preventie is een belangrijk vertrekpunt. Die wordt ingezet op een aantal terreinen waar Nederland nadrukkelijk internationaal toonaangevend is. De relatie tussen voeding, preventie en gezondheid is vanouds een belangrijk zwaartepunt en vertaalt zich mede in innovatieve activiteiten van bedrijven als Unilever, Nutricia en Danone die in Nederland belangrijke R&D instellingen hebben. Nieuwe kennis, ontwikkeld in proeftuinen waarin wordt samengewerkt door (technische) universiteiten, kennisinstellingen, zorginstellingen, bedrijven, gemeenten en patiëntenorganisaties is van groot belang voor het ontwikkelen van nieuwe, veel meer op de individuele burger en

patiënt toegesneden zorgmodellen. Daarnaast is Nederland toonaangevend op een aantal onderwerpen aan de 'cure' kant: immunologie, drug delivery en regeneratieve geneeskunde.

Ook in de high-tech vinden we steeds meer nieuwe samenwerkingsverbanden tussen leidende partijen ten behoeve van personalized health, bijvoorbeeld op het gebied van imaging / beeldanalyse, E-health en M-health, en programma's als Organs on a Chip. Een goed voorbeeld is Centre voor Monitoring & Coaching, waar samengewerkt wordt met computer science, biomedical engineering en behavioral science om personal coaching systemen te ontwikkelen die een gezonde levensstijl bevorderen. In het van 't Hoff Programma voor innovatieve medische lichttechnologie wordt door onderzoekinstellingen samengewerkt met onder andere de Nierstichting, de Parkinson Vereniging en het Diabetesfonds aan innovaties zoals glucosemeting zonder naald en de ontwikkeling van een draagbare kunstnier.

Een integrale benadering van gezondheid en gedrag

Personalized health is een visie die in snel tempo werkelijkheid wordt. Het is een nieuw model dat niet zo maar in het bestaande systeem kan worden geïmplementeerd. Het effectief ontwerpen en gebruiken van proeftuinen is hierbij een belangrijke vernieuwingsopgave. Hierin kunnen met gemotiveerde stakeholders in praktische situaties de nieuwe methodologie en technologie worden getest en verder uitontwikkeld worden, waarbij een biopsychosociaal veerkrachtmodel de basis is en wordt onderzocht hoe technologie en innovatie die individuele veerkracht kunnen ondersteunen. Het is belangrijk dergelijke proeftuinen uit te voeren rond bepaalde vroege stadia van ziekte bijvoorbeeld metabool syndroom in een wijk, stad of regio. Omdat gezondheid sterk met gedrag verweven is, zijn veranderingen niet zo gemakkelijk

te realiseren en is een langere termijn visie door middel van onderwijs op alle niveaus een vereiste. Dit vereist meer aandacht voor systeemdenken en meer geïntegreerd onderwijs waarbij naast cognitieve kennis ook de emotionele en psychosociale aspecten betrokken moeten worden.

Preventie heeft dan ook aandacht nodig vanaf het prille begin van het leven. Het implementeren van de complexe veranderingstrajecten richting personalized health in proeftuinen (living labs) en de bredere uitrol en opschaling daarvan is een belangrijke voorwaarde voor het realiseren van personalized health op grote schaal. Daaraan gerelateerd is het grote belang van de ontwikkeling van regionale ecosystemen waar kennisinstellingen, bedrijven, burgers, zorginstellingen en overheden samenwerken.

Om stappen te maken met preventie is beter inzicht nodig in de fundamentele determinanten van menselijk gedrag en de mogelijkheden om dat te beïnvloeden. De integrale aanpak die personalized health vraagt, vereist ook een betere kennis van de integratie van en interactie tussen technologische, biologische en psychosociale aspecten van gezondheid en gedrag. Bevordering van 'health literacy', met name bij lager opgeleiden, is belangrijk om gezondheidswinst door preventie ook in de praktijk te realiseren. Dat is des te belangrijker omdat in de komende decennia de hoeveelheid 'gezondheidsinformatie' door ontwikkelingen in genomics, sensortoepassingen en in big data exponentieel zal toenemen. Personalized health levert een schat aan nieuwe data – die vormen nieuwe evidence voor bekende issues en kunnen daarmee de basis vormen voor nieuwe en betere klinische richtlijnen. Mensen willen wel veranderen, maar in de praktijk blijkt duurzame gedragsverandering een heel lastig verhaal. Persoonlijke coachingssystemen op basis van relevante variabelen (biomedisch, sensoren, datamining, gedragswetenschappen) en feedback

zijn nodig om gedragsverandering en zelfmanagement duurzaam te realiseren. Daarvoor is nodig dat persoonlijke data beschikbaar is ('unobtrusive sensing') en gekoppeld wordt aan intelligente decision support systemen.

Personalized health geeft veel aandacht aan preventie, gedrag en zelfredzaamheid van het individu. Daarnaast vereist personalized health ook nieuwe technologie die toepasbaar is en ingesteld kan worden op individueel niveau. Nieuwe medicijnen voor specifieke (groepen) patiënten, nieuwe intelligente protheses, wearables, diagnostische tests, domotica en de standaarden om al die nieuwe technologie te laten communiceren zijn essentiële vernieuwingen.

Nieuwe organisatie- en businessmodellen zijn nodig omdat baten van vernieuwing vaak niet terechtkomen bij de partijen die de kosten gemaakt hebben – waardoor prikkels voor vernieuwing ontbreken. Of de baten (bijvoorbeeld van preventie) worden pas op langere termijn gerealiseerd, terwijl kosten nu gemaakt worden. Dit vergt nieuwe samenwerkingsverbanden en vereveningsmechanismen tussen zorgleveranciers, verzekeraars, overheden en burgers/patiënten.

Onze gezondheid en zorg staan internationaal hoog aangeschreven, maar het behoud van die positie tegen aanvaardbare kosten en het vinden van antwoorden op de nieuwe uitdagingen vraagt een nieuwe aanpak: één waarin de patiënt niet alleen centraal staat, maar waarin deze mede vorm geeft aan zijn of haar eigen gezondheid op basis van medische inzichten die toegesneden zijn op het individu. Dat is overigens geen pleidooi voor een individualistische zorg: beslissingen over gezondheid en zorg zijn sterk geconditioneerd door de omgeving waarin we ons bevinden en waar we deel van uitmaken.



DUTCH INDUSTRY, SMART(-EST) INDUSTRY

Prof.dr.ir. Egbert-Jan Sol, prof.dr.ir. Maarten Steinbuch, prof.dr.ir. Fred van Keulen,
prof.dr.ir. Fred J.A.M. van Houten, ir. Tom J.J. van der Horst

Digitalisering verandert onze samenleving. De combinatie van opkomende technologieën, zoals het internet, micro-sensoren, 3D-printing en big data maakt volledig nieuwe producten en diensten mogelijk. In de industrie wordt niet voor niets gesproken over een vierde industriële revolutie. Het is voor Nederland belangrijk om de kansen te grijpen en daarmee de positie van onze industrie, economie en welvaart veilig te stellen.

Alle duurdere producten, en zeker productie equipment, worden uitgerust met postzegel-formaat computers, zoals de minder dan 50 Euro kostende Intel Edison of vingernagel grote Intel Curie, compleet met Internet en Bluetooth connectie. Merkeigenaren kunnen daarmee het gebruik van hun producten veel beter volgen en monitoren. Maar ook in het productieproces zelf vindt een enorme vernieuwingsslag plaats. Het is nu al mogelijk om het maken van een offerte, de werkvoorbereiding en het produceren van metaalonderdelen volledig geautomatiseerd uit te voeren, per machine te volgen, kwaliteitsparameters te loggen en 24/7 te leveren. Met de inzet van big data analyses in het productieproces lukt het om foutloos te produceren (zero defect). Nieuwe, extreem flexibele productietechnologieën als 3D printen maken, als onderdeel van nieuwe digitale waardeketens, renderende vormen van lokale productie weer mogelijk. De order en het “recept” worden digitaal verstuurd en in de directe omgeving van de klant in een “copyshop fabriek” geproduceerd met een minimum aan processtappen en assemblage. En net als de app ontwikkelaar in korte tijd miljonair kan worden, kan in een dergelijk productiesysteem straks een productontwerper hetzelfde overkomen met een generiek, multi-materiaal 3D ontwerp met functionele integratie, dat over het internet uitwaaiert.

Landen om ons heen, zowel Europees als wereldwijd, zetten al voortvarend in op deze vierde generatie industrie-ontwikkeling zoals het Industrie 4.0 programma in Duitsland. In Nederland spreken we over Smart Industry waarin we technologische, sociale en business innovaties, bottom-up geïntegreerd oppakken. Maar om tot een doorbraak te komen en Nederland in de voorhoede van deze ontwikkeling te positioneren, is nog een grote sprong vooruit nodig.

Digitalisering van de samenleving en industrie

De *digitalisering van de samenleving* is een autonome externe ontwikkeling die over ons uitrolt. Deze wordt gedreven door nieuwe, op elkaar inwerkende technologieën ("converging technologies") met grote schoksgewijze (disruptieve) veranderingen in de maatschappij als gevolg. We beperken ons in dit essay tot industriële waardeketens ("Factories of the Future"). Dat zijn ketens die grondstoffen, toelevering van onderdelen, productie en productiegereedschappen, business modellen, eindgebruik, onderhoud, upgrading en recycling omvatten.

Het internet maakt het mogelijk alle apparaten overal ter wereld met elkaar te verbinden (IoT-Internet of Things). Studies geven aan dat al in 2020 zo'n 50 miljard producten/apparaten aan het internet verbonden zullen zijn. Met (draadloze-) communicatietechnologie, zoals Wifi, Bluetooth en Greenpeak's Zigbee kan dat altijd, overal en met NXP chips zelfs geheel secure. Deze ontwikkeling maakt nu een exponentiële versnelling door. Door miniaturisering worden sensoren extreem goedkoop en kan eigenlijk alles intelligent worden gemaakt en aan het internet worden verbonden. De enorme hoeveelheid data die hierdoor wordt gegenereerd, kan worden geanalyseerd met zogenaamde 'big data

analyses'. Wie had vijf jaar geleden gedacht dat bedrijven als Philips, GE en Siemens zich volledig zijn gaan richten op zorgtechnologie (health tech) en Google en Apple met slimme horloges en gadgets als grootste bedreiging ervaren? Hun slimme horloges vol met sensoren die permanent onze hartslag en lichaamstemperatuur registreren, bieden straks de mogelijkheid om op basis van deze data (-analyses) bijvoorbeeld nieuwe zorgdiensten aan te bieden.

Daarnaast wordt de disruptieve verandering van industriële waardeketens gedreven door de opkomst van nieuwe business modellen die mogelijk worden door het internet en door slimme nieuwe algoritmes. Internetbedrijven zoals Amazon, Apple, Google of Facebook, hebben inmiddels enorm veel data van de consument in handen en benutten die positie om steeds meer op maat 24/7 aan de klant te gaan leveren. Ze worden in feite hét portal naar de consument. Dit gaat straks de food- en retail compleet veranderen. Met Internet veranderde en verdween de klassieke winkel al zoveel dat het consequenties heeft voor onze binnensteden, maar straks komen er kleine copyshop fabriekjes met o.a. 3D printing die in een stad twee uur later specifieke producten thuis leveren, die door de klant via internet besteld zijn.

Hightech als innovator en toeleverancier van andere sectoren

De Nederlandse economie is sterk, innovatief en behoort tot de top 10 van de wereld. De Nederlandse industrie draagt, direct en indirect, voor 22% bij aan het bruto nationaal product, draagt bovengemiddeld bij aan de export en vertegenwoordigd 1,4 miljoen banen. De industrie is daarbij relatief gemixt, met zowel maak- als procesindustrie met ook zeer sterke posities in typisch Nederlandse sectoren als hightech, de agrosector, logistiek, water en de creatieve

industrie (*topsectoren*). De ICT sector is één van de sterkst groeiende sectoren in Nederland, hetgeen mede het gevolg is van een goede ICT infrastructuur. Over het algemeen is Nederland in de technologische industrie sterker in het leveren van klant-specifieke producten met een hoge complexiteit, in kleine series. Dit sluit uitstekend aan bij de hiervoor geschetste ontwikkeling van lokale productie van unieke producten met een toenemende complexiteit.

Nederlandse bedrijven zijn gewend om samen te werken, opereren veelal in clusters en als toeleverancier in de waardeketen. De Nederlandse industrie heeft een sterke exportpositie en is een belangrijke partner voor de Duitse industrie, waarbij Nederlandse bedrijven meestal hoogwaardige toeleveranciers zijn.

Holland Hightech heeft een sterke positie in de wereld

In grote lijnen zien we in de kennisinfrastructuur een brede basis die van belang is voor de positionering van Nederland op het thema Smart Industry. Internationaal onderscheidende zwaartepunten bestaan op verschillende onderwerpen. Zonder uitputtend te zijn, gaat dat vanuit de technologie bekeken, bijvoorbeeld om big data science in Eindhoven en Amsterdam. Eindhoven en Enschede zijn toonaangevend op het gebied van embedded systemen en draadloze verbindingen. In Brabant en Limburg bestaan krachtige samenwerkingen rondom 3D printing en (flexible) elektronische producten, overigens ook weer met diverse verbanden elders in Nederland. In Delft en Eindhoven staat het Robot onderzoek inmiddels hoog op de agenda. Maar naast pure technologische sterktes is juist ook de kennis op de verbinding met specifieke toepassingsdomeinen van belang om internationaal onderscheidend te blijven. Dit betreft dan de verbinding tussen de geavanceerde industrie

enerzijds en sectoren als de agrosector, logistiek, medisch, water/maritiem en de creatieve industrie anderzijds.

Hoogwaardige bedrijvigheid door gebruik van fundamentele en toegepaste kennis

Gezien het sterk internationale karakter van deze ontwikkeling is het onvermijdelijk dat wordt ingezet op een beperkt aantal grote ambities. Daarmee kunnen internationaal onderscheidende zwaartepunten en aantrekkelijke eco-systemen met schaalgrootte in R&D, worden gerealiseerd.

In 2030 kan Nederland de leverancier zijn voor wat nu de Factory of the Future is. In dat type fabriek verzorgt men de productie van klant-specifieke producten met een hoge complexiteit in kleine series. Denk bij producten aan hoogwaardige productiemachines (ASML), maar ook aan ASMI, FEI, Tempres, Fokker, etc. In tegenstelling tot bijvoorbeeld Duitsland waar het accent ligt op het digitaliseren van massaproductie. Met name het hightech productie equipment cluster rondom Eindhoven en de hightech maritieme cluster en (wetenschappelijke) instrumentatie in Zuid-Holland zijn hier goed voor gepositioneerd. De unieke samenwerking tussen OEMs, toeleveranciers en kennisinstellingen biedt de basis voor networked centric production pur sang. Maar doordat er daarbovenop een sterke verbinding is opgebouwd met het instrumentmakers cluster in Zuid-Holland, en de hightech activiteiten in Oost en Noord Nederland, heeft het cluster aan schaalgrootte en internationale slagkracht gewonnen. Brainport Nederland kan zich inmiddels het derde hightech systems cluster in Europa noemen.

Vanuit de harde technologie zijn actieve materialen nodig voor sensing en actuatie. Deze worden gemaakt op basis van combinaties van

DUTCH INDUSTRY, SMART(-EST) INDUSTRY

materialen, in multi-scale architecture en met functionele gradiënten. Dit soort sensoren en actuatoren kunnen met 3D printing worden vervaardigd en geïntegreerd in een compleet product. Op termijn zal ook de stap naar bio-medische 3D print systemen mogelijk zijn. In toekomstige 3D printsystemen wordt met hoge precisie en snelheid additieve productie gerealiseerd. Het huidige 3D printing is het begin en thans beperkt tot langzame processen voor een enkel materiaal. Bestaande CAD systemen zijn ongeschikt voor de flexibele 3D print processen. CAD systemen moeten omgaan met 3D systemen waarbij op ieder punt X,Y,Z vele materiaal vrijheidsgraden en eigenschappen mogelijk worden en bewust complexe microstructuren worden ingebouwd. Ontwerpers tekenen niet meer, maar laten computers optimale structuren uitrekenen. Naast het ontwerp van het klant-specifieke product zal de computer ook het fabricage “recept” bepalen. Ondertussen wordt ook het op hoge snelheid aanbrengen van nano-structuren van groter belang, niet alleen t.b.v. wafer productie bij ASML, maar ook ten behoeve van hoogefficiënte/extreem goedkope dunne film zonnecel- en energieopslagtechnologieën. Multi-scale zal steeds vaker een klant-specifiek product betekenen: van nano-meter naar meters.

Tevens kan Nederland in 2030 zijn internationale positie definitief hebben gevestigd als koploper op het gebied van Agrofoodtech. Thema's als Smart Dairy Farming, Hortitech en precisie-landbouw zijn uitgebouwd én geïntegreerd tot een unieke internationale brand. Juist de Smart Industry ontwikkeling heeft het mogelijk gemaakt dat geautomatiseerde landbouwmethodes van Nederlandse oorsprong als Farm of the Future, inclusief equipment en software intelligence, de wereld veroveren. De grote sprong vooruit die hier heeft plaats gevonden is dat de agro-clusters in o.a. Wageningen en

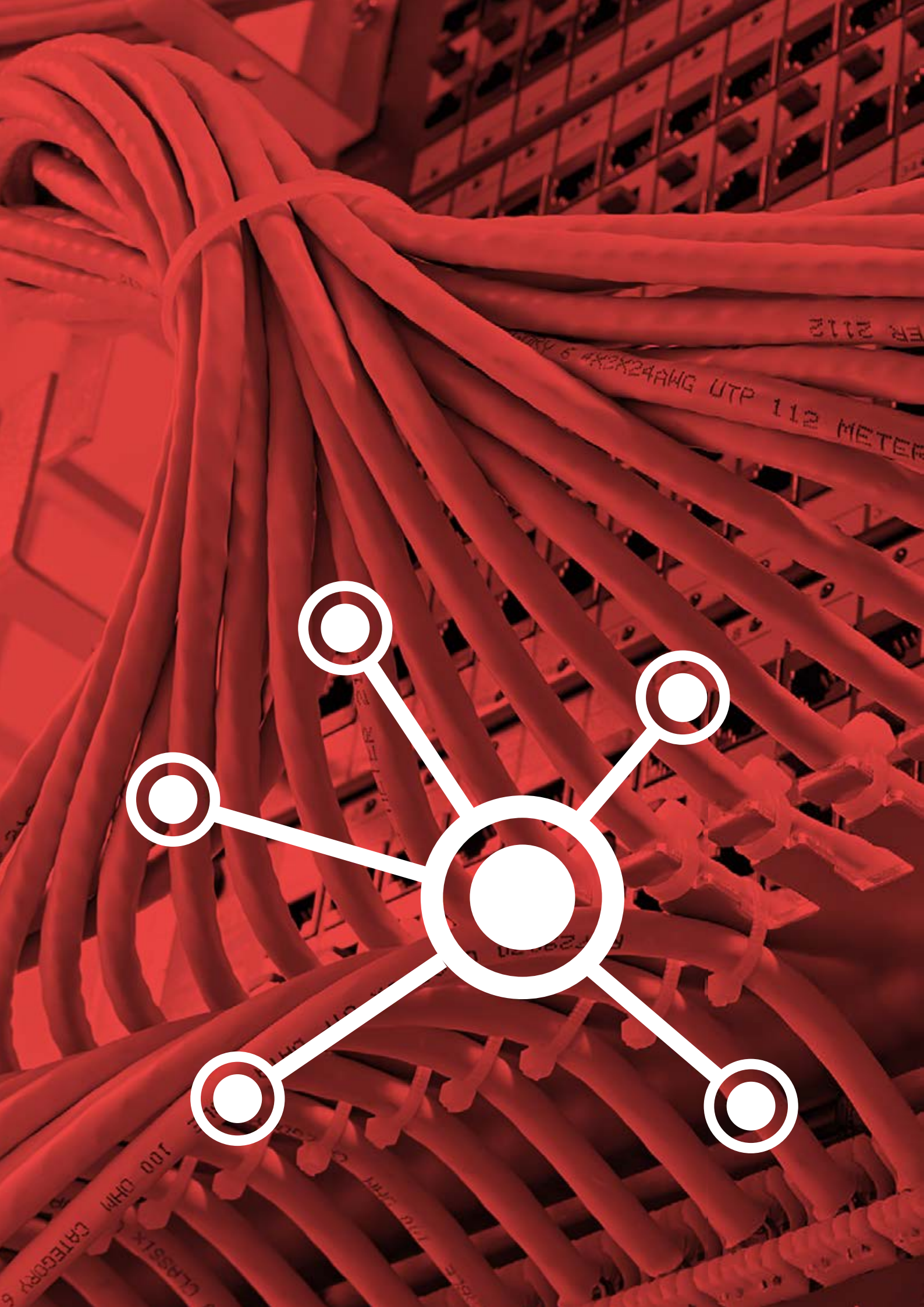
het Westland, en de foodsector in Noordoost Brabant hecht verbonden zijn geraakt met de hightech clusters in Zuidoost-Brabant, Zuid-Holland en Enschede. Deze hechte verbinding is tot stand gekomen doordat een traditie van samenwerken het mogelijk maakt cross-sectorale transitie te bewerkstelligen.

Direct hier aan gerelateerd is de mogelijkheid om leidend te worden op de combinatie van mechatronica en slimme sensor systemen: coöperatief rijden in plaats van alleen maar autonoom rijden, en ook ontwikkelingen als vergaande remote monitoring en onderhoud in de maritieme sector met als doel autonome schepen en deepsea mining robot systemen. Dit zijn voorbeelden van markten waarin dezelfde technologie wordt ingezet als in de automatische kas en in robots voor precisielandbouw.

Nederland is in 2030 geslaagd zijn sterktes op het gebied van design en hightech te combineren tot een internationaal vermaard cluster op gebied Smart Systems & Services. Niet alleen Philips heeft zijn leidende positie op het gebied van smart hightech for health sterk uitgebouwd, maar ook op het gebied van (het ontwerpen en de productie) van mode en van slimme kleding op maat is Nederland first in class. Research initiatieven in Zuid Nederland hebben, in nauwe samenwerking met Vlaanderen, een leidende internationale positie op het gebied body- en textile electronics. Het internationale bedrijfsleven is klant van dit cluster voor idee-, productontwikkeling en bijbehorende productie equipment. Juist omdat nieuwe product- en dienstconcepten de centrale asset zijn van dit cluster, heeft dit geleid tot een stroom van nieuwe startende bedrijven, OEM's en nieuwe bedrijvigheid op de top van de waardeketen in Nederland. En last but not least: door de combinatie van design, 3D printing en onze voedsel

industrie zal ook de personalized food mogelijk worden. Hierdoor wordt gezondere voedsel, afgestemd op persoonlijke data (energie verbruik, bekende ziekte, genotype, etc.) mogelijk, met als maatschappelijk doel minder ziektekosten en een betere gezondheid.

Smart Industry vormt de brug tussen de fundamentele en toegepaste kennis die nu ontwikkeld wordt en de nieuwe hoogwaardige bedrijvigheid waar we het in 2030 van moeten hebben.



DE DIGITALE SAMENLEVING

Prof.dr. Emile H.L. Aarts, prof.dr. Peter M.G. Apers, prof.dr.ir. Erik R. Fledderus,
prof.dr.ir. Inald L. Lagendijk

Onze samenleving staat voor grote maatschappelijke en economische uitdagingen: vergrijzing, verminderde beschikbaarheid van natuurlijke grondstoffen, leefbaarheid van steden, om er een paar te noemen. Slechts door een innovatieve multidisciplinaire benaderingen kunnen we deze uitdagingen succesvol aanpakken. De digitale creatie, gebruik, verspreiding, manipulatie en integratie van informatie vormen in vele gevallen de belangrijkste aanjager van innovatie. Het is niet voor niets dat digitale innovatie de kern is van veertigduizend informatie- en communicatietechnologie (ICT) bedrijven in Nederland, die samen goed zijn voor 6% van het Bruto Nationaal Product en met een jaarlijkse netto groei van 8% een bovengemiddelde bijdrage levert aan de economische groei. Nederland is de nummer 1 op het gebied van Data Exchange wereldwijd en kent een extreme proliferatie van digitale media en internet, zowel zakelijk als privé (bijna 100%). Dat maakt Nederland een digitale speler van wereldformaat. De wereldwijde toepassing van digitale technieken voor maatschappelijke en economische uitdagingen staat bekend als Digital Society.

DE DIGITALE SAMENLEVING

De Digital Society verwoordt de totale integratie van ICT in al ons doen en laten; er is geen samenleving meer denkbaar zonder ICT. Enerzijds vereist innovatie in maatschappelijke en economische uitdagingen daarom sterke ICT kennispijlers. Anderzijds is de Digital Society natuurlijk meer dan alleen maar de ICT, het behelst bijvoorbeeld ook de ethische kant: hoe zit het met onze privacy? wie is er verantwoordelijk voor zelfrijdende auto's? Digitalisering heeft impact op alle facetten van de maatschappij, inclusief de wetenschap. Denk daarbij aan de digitale informatie ten behoeve van intellectuele uitdagingen in bijvoorbeeld mens- en sociale wetenschappen, astronomie en biologie.

Digitalisering van de samenleving

Volgens Gartner benaderen we 1,2 miljard websites, en worden dagelijks 400 miljoen *tweets* en 3 miljard *likes* geproduceerd. Ook buiten de privé-wereld van (social)media en gaming, bijvoorbeeld in de high-tech industrie, heeft ICT het zaken doen drastisch veranderd. Auto's, havenkranen, kopieerapparaten, tuinbouwkassen – er wordt vrijwel continu gemeten om de veiligheid te bewaken en te verbeteren, de productie real-time te optimaliseren en alert te reageren op veranderende omstandigheden.

Het internet speelt een grote rol om de gegevens die geregistreerd worden uit te wisselen en te verwerken. Door de enorme toename van informatie en diversiteit van apparaten zal het huidige internet ook mee moeten ontwikkelen. Deze (permanente) verbondenheid maakt dat we spreken over een 'always-on'-samenleving waarin de grootschalige online gegevensverwerking oplossingen biedt die bijvoorbeeld de kwaliteit van leven aanzienlijk kunnen verbeteren.

We observeren de wereld waarin we leven door systemen die de koppeling leggen tussen de analoge fysische wereld – inclusief de mens – met het digital cyberdomein. Sensoren vormen de zintuigen van de Digital Society, of het nu gaat om het monitoren van hartslag met een armband, de kwaliteit van gewassen in kassen, de kwaliteit van een industrieel productieproces, de veiligheid op de weg, of nieuwsgaring en sociale analyses via Twitter berichten. De uitdaging is om onze wereld zo accuraat en compleet mogelijk in beeld te brengen via een grote diversiteit aan data en informatie.

Het globaal en instantaan verbinden van mensen en systemen en het transporteren van massale hoeveelheden informatie rond de wereld, is mogelijk dankzij ICT infrastructuur. Hieronder verstaan we communicatienetwerken, internet, cloud computing en alle computer software en hardware die daarvoor nodig is. De Digital Society kan alleen functioneren als de ICT infrastructuur robuust zijn. Een **vitale ICT infrastructuur** is daarom betrouwbaar en veilig, en zorgt ervoor dat gebruikers het wereldwijde systeem begrijpen en vertrouwen. Dit zijn essentiële voorwaarden voor infrastructuur die zorgdragen voor kritische onderdelen van de Digital Society zoals energieleverantie, financiële transacties, zorg, logistiek en mobiliteit.

Uiteindelijk wordt, na bewerking door algoritmes, informatie uit het digitale cyberdomein weer aan de mens aangeboden. Afhankelijk van de informatie kan dit in de vorm van een eenvoudig beeldscherm tot zeer complexe interactiesystemen wanneer het gaat om bijvoorbeeld het ondersteunen van kritische besluitvorming in crisissituaties. In alle gevallen is de uitdaging om de **Interactie** op zodanig wijze vorm te geven dat de mens haar rol optimaal kan spelen in het totaal van de processen.

Dankzij de vooruitgang op bovengenoemde drie systeem-georiënteerde gebieden is echter een vierde, methodologische invalshoek, in opkomst die ongekende mogelijkheden biedt. Het betreft hier de data-intensieve dienstensector; ook vaak de Big-Data sector genoemd. De kern van big data is het onttrekken van relevante informatie uit grote hoeveelheden data en het *actionable* maken daarvan voor hypothesevorming, voorspelling, personalisatie en besluitondersteuning. **Big Data** kan niet alleen substantieel bijdragen aan de aanpak van de maatschappelijke uitdagingen, maar brengt ook veel nieuwe business kansen met zich mee. In het recente rapport “Digital Planet” over de globale ontwikkeling van de digitale evolutie staat dat Nederland haar koppositie op het gebied van digitale ontwikkeling is kwijtgeraakt en van alle onderzochte landen de grootste achteruitgang noteert over de periode 2008 – 2013. Nederland heeft echter alle competenties in huis om weer Europees koploper te worden in deze sector. Hieronder beschrijven wij hoe dat in zijn werk kan gaan.

Data wordt de olie van de 21e eeuw

De toenemende rol van data en informatie in onze samenleving wordt ook wel de Big Data revolutie genoemd. Het algemene beeld is dat – dankzij digitalisatie, internet of things en grootschalige ICT infrastructuur – de beschikbaarheid van extreem grote hoeveelheden data na de eerdere industriële revoluties opnieuw een revolutie zal inluiden die de manier waarop wij leven, werken en denken ingrijpend zal veranderen.

Er worden nieuwe business modellen ontwikkeld, er ontstaan nieuwe bedrijven die op een veilige manier de informatie beheren en toegang geven op een wijze die transparant en geaccepteerd is door de burger. Voorbeelden zijn armbanden of kleding die biomarkers meten en doorgeven aan een dienstdoende arts in een

ziekenhuis, of een medische dienstverlener. Via dataverwerking krijgen we informatie en inzicht in onze medische toestand, of de arts krijgt een vroegtijdig alarm – ook voordat de symptomen voelbaar of zichtbaar zijn. We zullen bewegingssensoren dragen die ons activiteitenpatroon registreren en via elektronische diensten krijgen we coachingsinformatie waarmee we onze dagelijkse lifestyle-balans beter kunnen bewaken. In het geval dat we toch onverhoopt in het ziekenhuis terechtkomen voor een medische ingreep zullen we omringd zijn door apparaten die onze medische gegevens kennen en ondersteunen bij het stellen van diagnoses, om vervolgens de klinische workflow optimaal te organiseren zodat die past bij de aanbevolen therapie.

De data die door deze apparaten gegenereerd worden kunnen we zien als de olie van 21^e eeuw. Door ze te bewerken en te “raffineren” tot hoogwaardige informatie kunnen we de grote maatschappelijke problemen van de toekomst met succes te lijf gaan.

Investeren in ICT: terug naar de Europese koppositie

Nederland heeft een sterke ICT positie en kan deze ten volle benutten om een rol te spelen in de data-intensieve diensteneconomie. Nederlanders hebben affiniteit met ICT en volgen ICT innovaties op de voet; men gaat spelenderwijs met nieuwe ideeën om. De ICT infrastructuur is leidend op wereldschaal, met als hart een van ‘s werelds grootste internet knooppunten; de Internet Exchange in Amsterdam. Er is een cultuur van samenwerken en we staan positief tegenover het gebruik van nieuwe verdienmodellen. Nederland kent veel kleine bedrijven die ambitieus zijn en zich internationaal willen en kunnen bewijzen. De sterke positie van de Nederlandse Creatieve Industrie sector speelt hierbij een versnellende rol.

DE DIGITALE SAMENLEVING

Het is daarom van belang dat Nederland niet alleen *in de toepassing* van ICT investeert (*innoveren mét ICT*), maar ook in ICT zelf: *innoveren ín ICT*. Hierdoor kan ICT dan vernieuwd worden om vervolgens beter te kunnen inspelen op de bestaande en komende uitdagingen. Intensieve samenwerking met bedrijven, universiteiten en toegepaste onderzoeksorganisaties is daarbij noodzakelijk om een multidisciplinaire aanpak van de steeds complexere uitdagingen mogelijk te maken. De universitaire competenties op het gebied van data science zijn van wereldklasse. Daarnaast biedt de jarenlange ervaring en kennis van TNO op het gebied van waarde-creatie van ICT een ongeken- de mogelijkheid om een economisch topcluster op data science gebied op te zetten. Hiervoor kan het concept van de 3^e generatie universiteit model staan, ofwel we versnellen een universitaire verandering waarbij naast de traditionele waarden van kennisoverdracht (onderwijs) en kennisuitbreiding (onderzoek) ook waarde-creatie met kennis (valorisatie) een primaire rol speelt.

Data science: een nieuw wetenschapsgebied

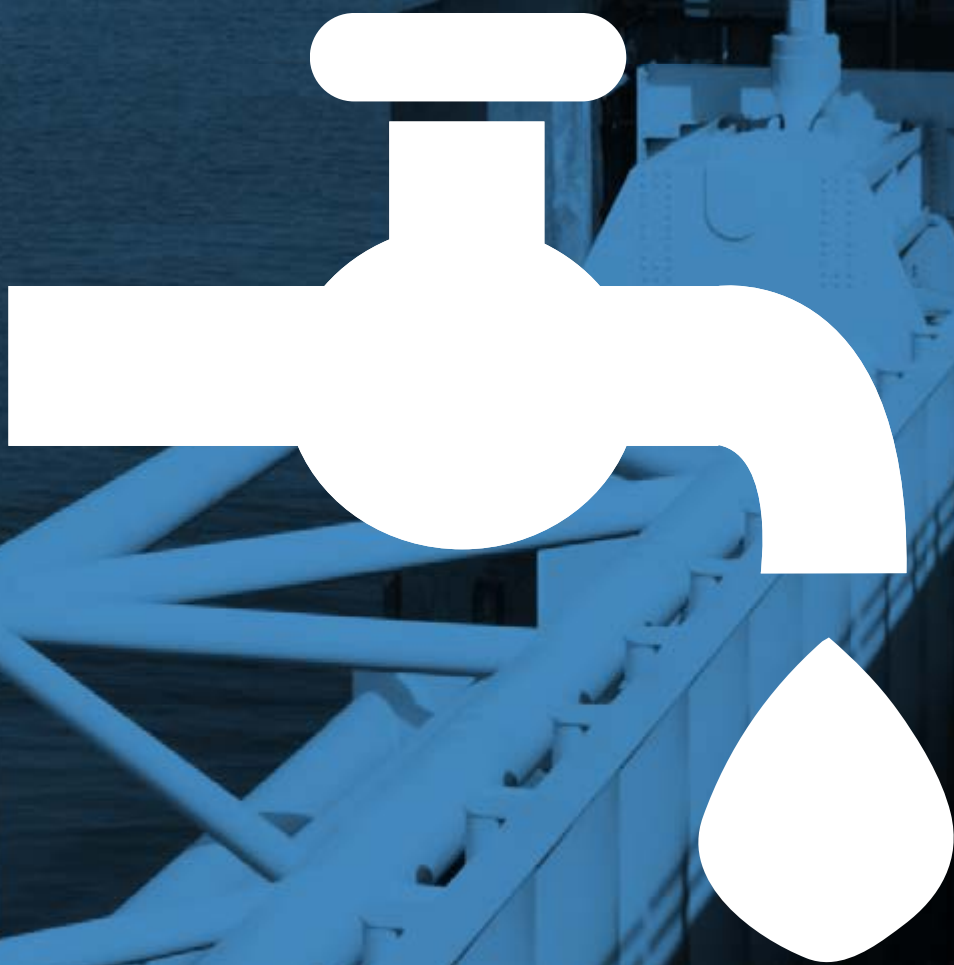
Er is een sterk groeiende behoefte om gegevens om te zetten in waardevolle informatie; dat levert waarde voor de bedrijven en organisaties die de data verzamelen en waarde voor de eindgebruikers die behoefte hebben aan intelligente oplossingen die uit deze data kunnen worden afgeleid. We spreken in dit verband over *data science* als de nieuwe wetenschap en over de *data scientist* als de nieuwe beroepscategorie. Data science is het kennisveld dat zich richt op het extraheren van waarde uit complexe en hybride data door het onttrekken van semantische informatie. Kortweg, het omzetten van data in een effectief verhaal dat begrepen en gebruikt kan worden door niet-experts. Data science combineert en integreert technieken en theorieën afkomstig uit verschillende disciplines,

waaronder statistiek, proces- en data-analyse, patroonherkenning, machine learning, artificiële intelligentie, online algoritmen, visualisatie, security, modelleren van onzekerheid, high-performance en gedistribueerde computing.

Binnen het vakgebied van data science zal het gaan over de vraag hoe je wetenschappelijk verantwoorde conclusies kan trekken uit grote, heterogene, incomplete en onverifieerbare gegevens. Daarbij is het doel om de betrouwbaarheid van de conclusies te vergroten. Dit betekent dat er methoden en technieken nodig zijn die de controleerbaarheid, herhaalbaarheid en vergelijkbaarheid kunnen garanderen, ook als bestanden veranderen, verloren gaan of simpelweg te groot zijn om lange tijd te bewaren.

De toepassingsgebieden van Big Data moeten zekerheid hebben dat de methoden en technieken die zij gebruiken betrouwbaar en robuust zijn. Voor de maatschappij is het van wezenlijk belang dat binnen de toepassingsgebieden vol- doende rekening wordt gehouden met privacy aspecten die gepaard gaan met de analyse van Big Data. Ook daar levert data science een bijdrage aan, door het ontwikkelen methoden om de privacy-gevoeligheid van informatie te beoordelen en het ontwikkelen van technieken om privacy gevoelige informatie voor bepaalde categorieën gebruikers af te schermen.

Data science is een nieuw wetenschapsgebied dat nodig is om aan de bovenstaande eisen die de toepassingsgebieden stellen tegemoet te komen.



INTEGRAAL WATERBEHEER

Prof. dr. ir. Nick van de Giesen, prof.dr.ir. Petra J.G.J. Hellegers, prof.dr. Stefan M.M. Kuks

Naarmate wereldbevolking en welvaart groeien, groeit ook de vraag naar zoet water. Niet alleen voor persoonlijke hygiëne, maar vooral voor voedselproductie en in mindere mate voor industrieel gebruik en energiewinning. Beschikbaarheid en kwaliteit van grond- en oppervlaktewater zijn bovendien van doorslaggevend belang voor het behoud van natuur en biodiversiteit. Doemverhalen voorspellen een wereldwijde watercrisis, maar in feite is hier sprake van een optelsom van lokale waterproblemen die met het in Nederland ontwikkelde concept van integraal waterbeheer kunnen worden aangepakt. De opgave is het ontwikkelen van een watersysteem waarbij de verschillende deelsystemen, zowel technisch als bestuurlijk, optimaal op elkaar zijn afgestemd om de risico's van watertekorten en wateroverlast te minimaliseren en de waterkwaliteit te verbeteren.

Concurrerende claims op water

Recente voorbeelden van zomerse wateroverlast (2014) en droogte (2003) vormen een voorproefje van de veranderingen die ons te wachten staan als gevolg van verandering van klimaat en landgebruik (verstening). Ook elders in de wereld kampen grote gebieden met wateroverlast of een groeiend tekort aan water. De groei van bevolking en welvaart leidt tot meer direct waterverbruik, maar ook tot meer indirect waterverbruik door de groeiende vraag naar voedsel en energie. De Verenigde Naties verwachten dat de behoefte aan zoet water de komende decennia zal stijgen met 50 procent. Het thuisgebruik (toilet, douche, keuken) vormt daar maar een fractie van. Het overgrote deel gaat op aan de productie van voedsel en energie. Overigens wordt de waterschaarste niet altijd veroorzaakt door tekort aan water, maar ook door vervuiling onder andere door overvloedig gebruik van pesticiden en nutriënten in de landbouw.

Vaak is sprake van concurrerende claims, waarbij een beperkte hoeveelheid water moet worden verdeeld tussen burgers, bedrijven en boeren en natuurlijke ecosystemen die dan vaak aan het kortste eind trekken. In het Middenwesten van de Verenigde Staten concurreert de behoefte aan water voor het winnen van (schalie)gas en olie met de waterbehoefte van de maïs- en soja-boeren in de regio en in het Midden-Oosten overschrijdt de waterbehoefte van de olie-industrie de beschikbare hoeveelheid water. In Nederland conflicteert een onnatuurlijk peilregime voor de landbouw met natuurlijke waterregimes voor natuurgebieden.

De maatschappelijke uitdagingen zijn voor een deel technisch van aard. Voor integraal waterbeheer, dat rekening houdt met alle verschillende aspecten, moeten de verschillende delen van het watersysteem als een geheel, dus in

samenhang, worden beschouwd. In de jaren tachtig, toen het begrip integraal waterbeheer (Integrated Water Resource Management) zijn intrede deed, was dat nog maar beperkt mogelijk, maar met de opkomst van big data en technieken om daar relevante informatie uit te halen, komt een integraal model voor de waterhuishouding binnen bereik. 'Snappen' hoe een watersysteem functioneert, blijft daarbij wel een essentiële voorwaarde om modelresultaten op waarde te schatten.

Voor een deel hebben de maatschappelijke uitdagingen ook te maken met 'governance': bestuurlijk zijn de verschillende delen van het watersysteem niet op elkaar afgestemd. In Nederland is het al lastig om de verschillende concurrerende claims (landbouw, natuur, scheepvaart, droge voeten etc.) met elkaar te verzoenen. Waterakkoorden, waarbij de verschillende waterbeheerders per stroomgebied afspraken maken met elkaar en andere overheden (gemeente, provincie), moeten zorgen voor een integrale bestuurlijke aanpak. Daarbij maken ze gebruik van instrumenten zoals het Voorzieningenniveau, waarmee de watervoorziening inzichtelijk wordt gemaakt.

Elders in de wereld ontbreekt meestal de bestuurlijke infrastructuur om de concurrerende claims op een afgewogen – integrale – manier met elkaar in overeenstemming te brengen. Internationaal is er wel veel aandacht voor overstromingen en droogte – vooral in het licht van klimaatverandering – maar ontbreekt de aandacht voor integraal waterbeheer, bijvoorbeeld als onderdeel van handelsovereenkomsten.

Kennis over water in verstedelijkte delta's als exportproduct

Zeker als het gaat om waterbeheer in verstedelijkte delta's heeft Nederland een grote naam

in de wereld. Zo zijn Nederlandse ingenieursbureaus en bedrijven betrokken bij het klimaatbestendig maken van New Orleans na Katrina en New York na de orkaan Sandy, maar ook bij de drinkwatervoorziening in Bangladesh en het herstel van mangrovebossen in Vietnam. Ook waterschappen en drinkwaterbedrijven verspreiden actief kennis en kunde op het gebied van waterbeheer.

Nederland heeft een sterk cluster van grote en kleine kennisintensieve bedrijven, ingenieursbureaus, kennisinstellingen en overheden die met elkaar verbonden zijn doordat ze in wisselende samenstelling werken aan kleine, grote en zeer grote projecten in binnen- en buitenland. Zij hebben hun basis in een veeleisende thuismarkt: een dichtbevolkte delta met zeer veel activiteiten en infrastructuur, een hoogopgeleide bevolking en – mede daardoor – zeer kritische afnemers. Een thuismarkt die dwingt tot voortdurend innoveren, levert oplossingen die ook elders in de wereld bruikbaar zijn. Daarbij geldt dat ‘one size fits all’ niet bestaat, of het nu gaat om technische of bestuurlijke voorzieningen. Het Nederlandse watercluster is daarom sterk gericht op het vinden van oplossingen die passen in de fysieke en sociale omgeving en die rekening houden met ecologische en economische randvoorwaarden.

Een voorbeeld van zo’n flexibele oplossing is de Stresstest Klimaatbestendigheid die op lokaal niveau wordt gebruikt om in kaart te brengen waar vitale functies en netwerken ontregeld kunnen raken als gevolg van extreme weersituaties, zoals plotselinge wateroverlast door hoosbuien of langdurige droogte. Daarbij wordt ook gekeken naar wat extreme weersituaties betekenen voor kwetsbare groepen zoals ouderen en zieken. Een ander voorbeeld van het flexibel omgaan met water is het programma Ruimte voor de

Rivier, dat enerzijds anticipeert op de verwachte hogere afvoerdebieten van de grote rivieren en anderzijds tot doel heeft om oplossingen te zoeken voor de onvermijdelijke ‘competing claims’. Hetzelfde geldt voor het Deltaprogramma Zoetwater, dat is gericht op het ontwikkelen van adaptieve en flexibele strategieën voor waterbeheer. Als één van de eerste landen ter wereld voerde ons land een Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) in, waardoor een geweldige stimulans werd gegeven aan de ontwikkeling en bouw van systemen voor het zuiveren van afvalwater van bedrijven en huishoudens. Systemen die inmiddels wereldwijd vermarkt worden. De ontwikkelingen staan niet stil, want mede op initiatief van de betrokken overheden worden technieken ontwikkeld om energie en fosfaat terug te winnen uit rioolslib, om het verschil tussen zoet en zout water te gebruiken voor de winning van elektriciteit en om effluentwater in te zetten als alternatieve zoetwaterbron voor de landbouw.

Wereldwijd wordt driekwart van het grond- en oppervlaktewater gebruikt voor irrigatie van landbouwgewassen. In Nederland is dat, behalve het beregenen van veldgewassen in de zomer, alleen van belang voor de glastuinbouw, maar dat neemt niet weg dat Nederlandse bedrijven een belangrijke rol spelen op het gebied van irrigatie. Uitgangspunten daarbij zijn enerzijds het optimaliseren van de bodemvochtcondities voor de veldgewassen via bodemverbetering en slimme regelbare drainagesystemen. Anderzijds gaat het om het verminderen van het watergebruik bijvoorbeeld door het ontwikkelen van systemen voor druppelirrigatie in combinatie met de levering van voedingsstoffen voor de plant en door het inzetten van voorgezuiverd huishoudelijk en industrieel afvalwater dat van zichzelf al voor de plant geschikte voedingsstoffen bevat.

Nederlandse delta is de proeftuin voor het testen van nieuwe kennis en innovaties

Naast universiteiten waar zowel de technische als de bestuurlijke kant van het watersysteem wordt onderzocht en onderwezen, beschikt ons land over verschillende kennisinstituten en over een groot aantal wereldwijd opererende ingenieursbureaus. Vanuit universiteiten en kennisinstellingen beginnen nu ook starters hun vleugels uit te slaan. Nederland zelf ontwikkelt zich steeds meer tot een proeftuin waar geëxperimenteerd wordt met verschillende benaderingen van integraal waterbeheer en de technische en bestuurlijke innovaties die daarbij horen. Een voorbeeld is 'Building with Nature' waarbij natuurlijke processen worden benut om waterdoelen te realiseren, zoals de Zandmotor. Dat is een kunstmatig aangelegde zandplaat voor de kust van Den Haag, waarvan het zand geleidelijk wordt afgevoerd en door stroming en wind op de vooroever wordt gedeponeerd. Op de hoge zandgronden experimenteren waterschappen met een vergelijkbare vorm van bouwen met natuur, waarbij te diep uitgesleten beekbodems via bovenstroomse zandsuppletie worden opgehoogd. Ook de eerdergenoemde Stresstest is aanleiding voor lokale overheden om te experimenteren met technische, sociale en bestuurlijke innovaties om de overlast te beperken en vitale functies en kwetsbare groepen te beschermen.

Naast de min of meer formele kennisinfrastructuur – verenigd onder de paraplu van de Topsector Water – wordt ook steeds meer gebruik gemaakt van de informele kennis van de 'crowd', van de burgers. Een voorbeeld daarvan is 'Landbouw op Peil', waarbij ondernemers (boeren), overheden (waterschappen) en onderzoekers samen klimaatrobuuste maatregelen ontwikkelen op bedrijfsniveau. Smartphones en social media bieden in onze tijd nog veel meer

mogelijkheden om de bestaande kennis van de burger – bijvoorbeeld over de aanwezigheid van vogels en planten – te benutten, maar ook om hem/haar te vragen om dingen te onderzoeken en te registreren (citizen science). Het voordeel daarvan is dat het watersysteem en het beheer ervan, dat nu nog grotendeels onzichtbaar is voor de burger, meer bekendheid krijgt en de betrokkenheid groter wordt.

Optimaal benutten van het geïntegreerde watersysteem

Kennis, expertise en ondernemerschap kunnen op den duur leiden tot daadwerkelijk integraal waterbeheer, waarbij de verschillende deelsystemen van het watersysteem, zowel technisch als bestuurlijk optimaal op elkaar zijn afgestemd. Risico's van watertekorten en waterovervloed worden herkend, geminimaliseerd en de waterkwaliteit verbeterd, zodat mensen die leven in (verstedelijkte) delta's veilig en prettig kunnen werken, wonen en recreëren. Het 'nieuwe' aan deze vorm van integraal waterbeheer is dat het zich aanpast aan de optredende fysieke veranderingen, zoals veranderde neerslagpatronen als gevolg van klimaatverandering en aan nieuwe inzichten als gevolg van politieke, sociale en culturele veranderingen.

Het realiseren van integraal waterbeheer vraagt nog veel onderzoek. Voor **korte termijn** (<10 dagen) operationeel integraal waterbeheer zijn nodig:

- Verbeterde observatiemethodes in de vorm van sensornetwerken, satellietwaarnemingen, en participatieve observaties.
- Geïntegreerde computermodellen die de wisselwerkingen tussen verschillende onderdelen van het watersysteem simuleren.
- Snellere rekenmethodes, hardware en software, om in real-time hoog complexe optimalisaties uit te voeren.

- Efficiënte bestuurskundige en participatieve methodes om doelfuncties vast te stellen en om grondeigenaren in het buitengebied (agrariërs) en belangrijke spelers in stedelijke gebieden (burgers, woningcorporaties) te betrekken bij het vasthouden van water.
- Ontwikkeling van 'slimme' kunstwerken die robuust kunnen reageren op (plotselinge) veranderingen in de fysieke omstandigheden.

De kennis is zoals gezegd, niet alleen relevant voor Nederlandse stroomgebieden, maar ook voor het oplossen van lokale waterproblemen in miljoenen andere stroomgebieden in de wereld, omdat het concept van integraal waterbeheer een handvat biedt voor het omgaan met concurrerende claims op water.

Voor **middellange termijn** (weken-seizoen) operationeel integraal waterbeheer zijn daarnaast nodig:

- Middellange termijn weersvoorspellingen;
- Geïntegreerde stroomgebiedsmodellen op (sub-)continentale schaal.
- Inzicht in risico's en baten van onderhoud van waterlopen afgezet tegen kosten en baten van een andere fysieke inrichting en de kosten en risico's van plotselinge wateroverlast.

Voor **lange termijn** (jaren) planningsdoeleinden zijn nodig:

- Geïntegreerde stroomgebiedsmodellen, van lokale tot (sub-)continentale schaal;
- Beter inzicht in klimaatveranderingen en sociaaleconomische en ecologische veranderingen.
- Interactieve systemen voor besluitvorming, inclusief gereedschappen om via risico-sturing, (maatschappelijke) kosten en baten af te wegen.
- Meer inzicht in de verschillende functies van de bodem, zoals gewasproductie, natuurbeheer en de afstemming daarvan met waterbeheer.
- Bestuurskundige innovaties die snelle iteraties tussen politieke wensen en technische mogelijkheden mogelijk maken.



DUURZAME EN PRODUCTIEVE LANDBOUW VOOR VOEDSEL EN GRONDSTOFFEN

Prof.dr.ir. Martin K. van Ittersum, prof.dr. Patricia Osseweijer, dr. P. Winnie Gerbens-Leenes,
dr.ir. Maja A. Slingerland

Volgens schattingen van de FAO zal in 2050 ca. 60% meer voedsel nodig zijn dan in 2010, terwijl er op dit moment wereldwijd ruim 800 miljoen mensen ondervoed zijn. Tegelijkertijd hebben wereldwijd meer dan 1 miljard mensen te maken met overgewicht. Voedselzekerheid is een veelomvattend en complex probleem met tenminste vier dimensies die zowel op lokale als mondiale schaal kunnen spelen: beschikbaarheid, toegang, benutting en stabiliteit.

Hoewel het aantal ondervoede mensen sinds 2000 is verminderd, is voedselzekerheid nog steeds een groot probleem dat vooral wordt veroorzaakt door bevolkingstoename en de sterk groeiende consumptie van dierlijke eiwitten. Aan deze toenemende vraag kan op verschillende manieren voldaan worden: door verhoging van de productie, verandering van dieet, en door vermindering van verliezen en verspilling. Echter, honger is vaak een probleem van onvoldoende economische en fysieke toegang tot voedsel, veroorzaakt door armoede en slechte infrastructuur. Tenslotte vormen milieuproblemen, beschikbaarheid of schaarste van hulpbronnen, klimaatverandering, speculatie en slecht beleid en bestuur onderdeel van de instabiliteit van voedselzekerheid.

Duurzame en hoogproductieve landbouw in dichtbevolkte gebieden

Nederland heeft historisch een sterke positie in land- en tuinbouw. Het heeft een hoog productieniveau en het is het tweede land ter wereld als het gaat om export van landbouwproducten. De centrale vraag in dit essay is hoe Nederland kan bijdragen aan voedselzekerheid wereldwijd door het uitbouwen van haar sterke economische en kennispositie op gebied van de landbouw en voedingssector. We gaan daarbij in op drie uitdagingen – een vierde uitdaging, ‘voeding en gezondheid’ vormt het onderwerp van een andere bijdrage in deze publicatie.

Uitdaging 1: Intensivering én duurzaamheid

Om op een duurzame wijze aan de extra vraag naar voedsel te kunnen voldoen is toename van de productie op het huidige areaal, maar ook het zuiniger omgaan met grondstoffen en beter en verder sluiten van kringlopen, essentieel. Dreigende tekorten aan goede landbouwgronden, fosfaat, water en andere hulpbronnen en hoge CO₂-emissies dwingen tot een andere inrichting van ons voedselsysteem. Dit geldt niet alleen voor een welvarend en dichtbevolkt land als Nederland – en de vraag is dan ook hoe onze kennis in gebieden die getroffen worden door voedselschaarste verbetering kan brengen. Om aan de toenemende vraag naar voedsel te voldoen en tegelijk onze economie te vergroten, moeten we niet alleen inzetten op hoogwaardige productie in agrofood, maar moet tegelijkertijd veel beter gebruik gemaakt worden van grondstoffen uit de landbouw ter vervanging van fossiele brandstoffen en als basismateriaal voor de chemische industrie. Een belangrijke randvoorwaarde voor deze bio-based economy is dat de groei van de voedselproductie en die van materialen niet met elkaar concurreren.

Uitdaging 2: Hoogproductieve landbouw én maatschappelijke acceptatie

Mensen zijn dol op technologie in hun broekzak, maar niet in hun voedsel. Een hoogproductieve, kennisintensieve voedselproductie, een transitie naar het gebruik van biomassa en agrarische grondstoffen in de industrie, verhoogde recycling en hergebruik, verlaagde emissies en het vermijden van verliezen in grondstoffen hebben een enorme impact op boeren, burgers en buitenlui. Deze transities slagen alleen als ze evenwichtig uitgevoerd en maatschappelijk geaccepteerd worden. Daarbij lopen we aan tegen de nodige tegenstrijdigheden en conflicten: landschappelijk (biodiversiteit, behoud van natuurgebieden en landschap, gezondheid (optreden en verspreiding van ziekten in de veehouderij), economie (stabiele afzetmarkten en productieprijzen) en leefbaarheid. In al deze dimensies spelen ethische aspecten een rol, bijvoorbeeld inzake technologie, dierenwelzijn en beleid en bestuur.

Uitdaging 3: Het boerenbedrijf als aantrekkelijke economische activiteit

Het aantal boeren is de afgelopen tientallen jaren in zowel Nederland als andere geïndustrialiseerde landen sterk afgenomen en de gemiddelde leeftijd van de overgebleven agrariërs ligt boven de 55 jaar. Economisch nemen ze een vaak zwakke positie in de voedselketen in. Overgebleven bedrijven nemen toe in schaal, zijn kapitaalintensief en risicovol. Tegelijkertijd groeien wereldwijd steden sterk en moeten steeds meer stadsbewoners gevoed worden. Hoe kan agrarische productie een economisch aantrekkelijke activiteit op het platteland blijven met voldoende productieve boeren die de groeiende steden voeden? En hoe zorgen we ervoor dat het groeiende gebruik van agrarische grondstoffen in de industrie ook bijdraagt aan een verbeterde voedselzekerheid?

De kwaliteit van de Nederlandse oplossingen verkoopt uitstekend

Ten aanzien van elk van deze uitdagingen kent Nederland economische sterktes en kansen voor innovatie en bedrijfsontwikkeling. Onze hoogproductieve, intensieve landbouw is in toenemende mate tegen milieukundige en ecologische grenzen aangelopen, maar maakt nu ook met succes de eerste transities naar meer duurzame systemen. De Nederlandse landbouwsector is gewend aan milieuregelgeving en regeldruk. Mede hierdoor heeft de sector een eigen kracht en dynamiek ontwikkeld waardoor ze economisch sterk is en steeds nieuwe ondernemingskansen creëert. Deze worden wereldwijd relevant door de groeiende druk op grondstoffen en land en het toenemende milieubewustzijn van mensen.

De Nederlandse land- en tuinbouwsector is groot, niet alleen in voedselproductie, maar vooral ook in de productie van uitgangsmateriaal en sierproducten. De sector is gewend producten op maat te leveren en de tuinbouw kent haar gelijke niet wat betreft efficiëntie en milieuvriendelijkheid per eenheid product (integrale gewasbescherming, goed waterbeheer en energie leverende kassen). Hierbij wordt nu al samengewerkt met de energie- en materialensector, waar talrijke economische kansen liggen voor verdere gezamenlijke ontwikkeling van de productie van voedsel en biomassa. Nederland is een belangrijke vestigingsplaats voor zowel de Europese voedings- en genotsmiddelenindustrie als de chemische industrie, met nationale en buitenlandse 'champions' en een uitstekende lokale en import infrastructuur (havens, kanalen, rivieren, lucht, spoor en weg).

De Nederlandse landbouw- en voedselsector ontwikkelt zich steeds meer in een klimaat van maatschappelijk verantwoord ondernemen. In weinig andere landen ter wereld worden

zulke intensieve discussies gevoerd over de schaal van productie (megastallen), dierenwelzijn en landschappelijke aspecten (koeien in de weide); maar bijvoorbeeld ook over de verantwoordelijkheid van de voedingsmiddelenindustrie met betrekking tot obesitas. Tegelijk zijn in Nederland trends naar kleinschaligheid en dicht bij huis produceren niet zo uitgesproken als in veel andere (Europese) landen. Wij zijn gewend aan producten van elders en deze houding biedt voordelen voor het verduurzamen van voedselketens: daar produceren waar de gevolgen voor het milieu het kleinst zijn.

Tenslotte hebben Nederlandse landbouwbedrijven steeds moeten zoeken naar toegevoegde waarde van hun producten, aangezien schaal van productie niet een relatief voordeel is in ons land met een hoge druk op grond en andere grondstoffen. Dat dwingt tot efficiëntie en innovatie. Milieukundige en maatschappelijke eisen worden opgelegd, terwijl kosten daarvoor tot op heden niet gecompenseerd worden. Gebruik van agrarische (rest)stoffen voor chemie, materialen en energie is nog steeds relatief duur, hetgeen Nederlandse ondernemers ook dwingt tot het zoeken naar innovatieve kansen.

Kwaliteit van en samenwerking tussen onze kennisinstellingen mondiaal erkend

Nederland is zeer internationaal georiënteerd in de kennisontwikkeling over voedsel en de bio-based economy. Mondiaal toonaangevende kennisinstellingen werken samen met grote, internationaal opererende bedrijven onder andere in de voedingsmiddelen en zaaizaad sector, en de chemie- en materialensector. Nederlandse bedrijven hebben daarnaast ook sterke onderzoeks- en ontwikkelingsafdelingen. In toenemende mate wordt ook samengewerkt met de vele internationaal opererende NGOs die in Nederland gevestigd zijn, bijvoorbeeld op het gebied van certificering.

DUURZAME EN PRODUCTIEVE LANDBOUW VOOR VOEDSEL EN GRONDSTOFFEN

Deze NGOs zetten zich ook in om het maatschappelijk debat scherp te houden en de ontwikkeling van nieuwe kennis ten behoeve van duurzame voedselzekerheid aan te jagen. We zijn sterk in samenwerken, vroeger in het drieluik landbouw-onderzoek, -voorlichting en -onderwijs; nu staat in de gouden driehoek de samenwerking tussen wetenschaps- en kennisorganisaties, het bedrijfsleven en de overheid centraal. Door het topsectorenbeleid is de publiek-private samenwerking, in de agro- en foodsector en de bio-based economy enorm toegenomen. Deze samenwerking trekt mondiale aandacht en wordt een export-product op zich.

Een sterk aspect van het Nederlandse wetenschappelijk onderzoek was en is de systeemanalytische benadering. Deze wordt nu algemeen gebruikt bij tal van kwantitatieve analyses, verkenningen en ontwerpen. We staan nu voor de uitdaging die te gebruiken voor de analyse, zowel op componentniveau als integraal, van food en bio-based systems. In lijn met de noodzaak tot hogere efficiëntie, het sluiten van kringlopen en de benutting van biomassa voor zowel voedsel, veevoer, chemicaliën, materialen en energie moet de benadering van het cascadedenken genoemd worden. Hierbij worden vanuit biomassa eerst hoogwaardige producten geproduceerd (bijvoorbeeld voedsel en farmaproducten) en vervolgens vanuit de overblijvende biomassa en reststromen producten van minder toegevoegde waarde zoals veevoer en bulkchemicaliën en tenslotte bio-energie.

Integrale ontwikkeling van gewassen en productiesystemen

Welke strategische veranderingen en investeringen zijn nodig voor het succesvol aanpakken van de uitdagingen en hoe zetten we onze sterke kennispositie en de economische sterktes daarvoor in?

Duurzame intensivering

De productieketen van voedsel en biomassa moet veel efficiënter omgaan met grondstoffen en minder milieuvriendelijk worden, met behoud van bodemkwaliteit. Indien we dit kunnen combineren met de hoge productieniveaus die in Nederland gehaald worden, hebben we een model voor duurzame intensivering dat echt aantrekkelijk is voor de wereld. Gewassen die zuiniger omgaan met water en die minder energie vragen (bijvoorbeeld in de vorm van kunstmest en pesticiden, maar ook in mechanisatie en de verwarming van stallen en kassen) zijn van het grootste belang. Efficiëntere en minder milieubelastende productie van eiwitten (insecten, kweekvlees, algen, etc.) kunnen de voedselvraag en klimaateffecten van dierlijke productie verminderen, zeker als ze gepaard gaan met consuminderen van vlees uit gezondheidsoogpunt. Daarnaast kan productie op marginale gronden (zilte teelt) en op zee (bijvoorbeeld van algen) voorheen onbenutte hulpbronnen betrekken bij het voldoen aan de vraag naar biomassa voor voedsel en bio-based producten. Cascadering en combinatie van functies is daarbij een cruciaal uitgangspunt.

Samenwerking tussen industrie, overheid (inclusief ontwikkelingssamenwerking) en kennisinstellingen kan deze ontwikkeling bevorderen, maar tegelijkertijd moeten we blijven investeren in fundamenteel onderzoek dat zich richt op wezenlijk nieuwe en onopgeloste problemen. Dat onderzoek dient gericht te zijn op handhaving van productie en verhoging van rentabiliteit, verminderen van milieubelasting, en verbetering van technologie en integratie in de keten, maar ook op integratie van sociale wetenschappen en technologie om de niet-technologische uitdagingen in management, landgebruik, economie en governance het hoofd te bieden. Dit vraagt ook om een systeembenadering, met aandacht voor alle relevante

schaalniveaus (van molecuul, tot cel, organisme, veld en (mondiaal) voedselsysteem). Alleen met goede ontwikkeling en toepassing van fundamentele kennis kan de basis van het voedselsysteem op lange termijn verbeterd worden.

Nieuwe productiesystemen

Nederland heeft een koopkrachtige vraag, goede logistiek, kennis en technologie en een grote sterke chemische sector. Daarmee hebben we de unieke mogelijkheid om uit geïmporteerde en/of lokaal geproduceerde gewassen via cascadering en bio-raffinage op economische wijze vele producten te maken, die zowel in onze sterke voedselindustrie als in de materialen en chemie sector verder opgewerkt kunnen worden tot producten met een hoge toegevoegde waarde.

Daarbij zijn er ook kansen voor agro-productieparken of anderzijds geïntegreerde systemen gelegen nabij de stad, die gedurende het hele jaar verse producten produceren (van de vollegrond, uit de kas en dierlijke producten) waarbij rest- of bijproducten (cakes, biomassa, mest) worden gebruikt als grondstof voor industriële toepassingen. Pas in laatste instantie worden reststromen gebruikt voor de productie van energie, terwijl overtollige energie van/uit kassen, industrie en stallen beschikbaar komt voor verwarming van woonhuizen. De Nederlandse kracht ligt daarbij met name in de ontwerpcapaciteit om duurzame oplossingen op maat te bedenken. Belangrijk hierbij is dat een substantieel deel van de toegevoegde waarde van dit proces ook terecht komt bij de boer. Alleen dan kan dit een aantrekkelijk model worden voor rurale ontwikkeling, armoedebestrijding en voedselzekerheid.

Veel sterkere integratie van plantenveredeling en gewasmanagement

Verbetering van de landbouwproductie kan op twee manieren worden gerealiseerd: via planten-

veredeling) óf door aanpassing van het gewasmanagement. Te vaak zijn dit gescheiden wegen in onderzoek en praktijk, terwijl aantoonbaar is dat langs beide wegen (samen) grote winst is te behalen. Daarbij moeten de doelen van veredeling meer divers worden, met aandacht voor voedingswaarde, kwaliteit en gezondheid, productie op marginale gronden (zilte teelt), alternatieve gewassen (bijvoorbeeld andere graangewassen, groenten en algen). De inzet van moleculaire plantenveredelings technieken kan deze ontwikkeling sterk versnellen.

Een grotere diversificatie van afzetmarkten, met nadruk op toegevoegde waarde kan de landbouw aantrekkelijk maken voor een nieuwe generatie boeren. Belangrijk is daarbij management (in de brede zin van het woord: technisch, humaan en economisch) van landbouwsystemen te ontwikkelen die optimaal gebruik maken van genetische eigenschappen en de omgevingsfactoren (klimaat en bodem). Daarbij zijn ecologische principes essentieel, maar zullen technologie en externe inputs ook cruciaal blijken. Een belangrijke maatschappelijk aandachtspunt is dat technologie en ecologie in ons voedsel samen kunnen gaan. Ook dit vraagt investeringen in zowel lange termijn fundamenteel onderzoek, als toegepast onderzoek en productontwikkeling.

Nederland heeft een sterke economische positie, met goede kansen voor bedrijven en een uitstekende kennisinfrastructuur voor de verbetering en verduurzaming van de landbouwstructuur welke een sleutelrol speelt in de transitie naar een bio-based economy. Om deze positie te verwaarden en te behouden is er behoefte aan integrale oplossingen met nadrukkelijke aandacht voor institutionele dimensies, systeemontwerp-dimensies, technische- en productiedimensies, en maatschappelijke vragen.



VOEDING EN GEZONDHEID

Prof.dr.ir. Pieter van 't Veer, dr. Peter van Dijken, dr. Karin Zimmermann, dr. Govert Gijsbers

Nederland staat op het gebied van gezondheid en voeding voor een aantal belangrijke uitdagingen. In de eerste plaats blijven welvaartsziekten zoals diabetes, hart- en vaatziekten en obesitas in de komende jaren een groot probleem; steeds meer onder jongeren, en niet alleen door te veel en ongezonde voeding, maar ook door gebrek aan beweging en andere lifestyle factoren.

Een tweede uitdaging is dat we door de toegenomen levensverwachting in de toekomst te maken krijgen met een veel grotere groep ouderen van boven de tachtig jaar.

Deze groep mensen heeft specifieke behoeften en wensen waar het gaat om goede en gezonde voeding.

Een derde belangrijke uitdaging is dat we grote verschillen in de bevolking zien waar het gaat om gezondheid en levensverwachting: in Nederland is het verschil in levensverwachting tussen laag- en hoogopgeleiden meer dan zeven jaar en het verschil in gezonde levensverwachting is nog veel groter. Dat heeft onder andere te maken met grote verschillen in kennis over gezondheid en voeding ('health literacy') en het vermogen om die kennis in gedrag om te zetten. Voedingsgedrag wordt jong aangeleerd, is biologisch bepaald en later in (on)bewuste, maar niet onveranderbare gedragspatronen vastgelegd. Hoe we de kennis over gezonde voeding effectief kunnen omzetten in strategieën voor een betere volksgezondheid is een complexe uitdaging die zowel biologische als sociale aspecten kent en die de hele levenscyclus omvat.

VOEDING EN GEZONDHEID

Bij gezonde voeding gaat het om het bevorderen van gezondheid en het voorkomen en terugdringen van welvaartsziekten die te maken hebben met voeding en leefwijze. Obesitas, diabetes, en hart- en vaatziekten zijn in belangrijke mate te voorkomen en te beheersen door gezondere voeding. Daarbij vragen functionele aspecten van voeding in toenemende mate aandacht: het functioneren op hogere leeftijd, het lichamelijk welbevinden (metabole gezondheid, microbiom, immunologie, interactie met erfelijke aanleg), maar ook de geestelijke gezondheid, bijvoorbeeld op het gebied van cognitie en stemming (dementie, depressie). Gezonde voeding is bij uitstek een maatschappelijke uitdaging die vraagt om interdisciplinair onderzoek waarbij biomedische en sociale wetenschappen een rol spelen, evenals psychologie en gedragswetenschappen.

Het Europese *Joint Programming Initiative Healthy Diet for a Healthy Life* (JPI HDHL) formuleert de uitdaging als volgt: “The grand challenge is to understand the most effective ways of improving public health through selected specific interventions targeting dietary and physical activity behaviours.” Deze uitdaging van een (grijze), chronisch gezonde bevolking (waarbij alle lagen van de bevolking profiteren van gezonde voeding) is niet alleen een belangrijke uitdaging voor Nederland en de Westerse wereld, maar ook in toenemende mate voor opkomende landen in Azië, Afrika en Latijns-Amerika. Veel ontwikkelingslanden hebben tegelijkertijd te maken met een ‘double burden’ van zowel voedseltekorten als overconsumptie in verschillende segmenten van de bevolking: voeding, voedsel en gezondheid zijn mondiale vraagstukken.

Gezonde, veilige en lekkere voeding op de markt brengen

Veranderingen in voedsel, voeding en gedrag bieden veel mogelijkheden die nog sterk

onderbenut worden. Voeding speelt een cruciale rol in het onderhoud en behoud van gezondheid en in de preventie van en het omgaan met ziekte. Ondanks aanvankelijk hooggespannen verwachtingen is het voor het bedrijfsleven niet eenvoudig gebleken zich hierop te profileren. Gezondheidsclaims op productniveau zijn bijzonder moeilijk te onderbouwen en het Europees Voedselveiligheids-agentschap EFSA ziet er op toe dat dit zeer zorgvuldig gebeurt. Om de potentie van gezonde voeding te kunnen benutten, zien we dat wetenschappelijk onderzoek en de voedingsindustrie de aandacht niet langer alleen richten op alleen biomedische aspecten, maar ook steeds meer op (het beïnvloeden van) voedingsgedrag van consumenten en op ecologische duurzaamheid van voedselproductie. Maatschappelijk gezien een uiterst relevante, maar wetenschappelijk gezien geen eenvoudige opgave die samenwerking vereist tussen een groot aantal partijen. Naast onderzoek en industrie, hebben ook patiënten- en consumentenorganisaties en de overheid hierin een rol.

Nederland heeft een sterke agrofoodsector die wereldwijd toonaangevend is. Dat wordt bijvoorbeeld duidelijk als we naar de export kijken. Nederland is na de VS de grootste landbouw-exporteur ter wereld. In 2013 steeg de waarde van de landbouwexport met 5 procent tot bijna 78 miljard Euro. Nederland heeft een aantal belangrijke agrofoodbedrijven; vijf daarvan stonden in 2013 in de Deloitte ‘top 250’ lijst van producenten van consumentengoederen: Unilever, Heineken, Vion, DE Masterblenders en Friesland Campina. Specifieke sterktes op het gebied van voeding en gezondheid zien we in de aanwezigheid van innovatieve bedrijven met een sterke R&D als Danone en Nutricia. De ambitie van de agrofoodsector is om gezonde, veilige en lekkere voedingsproducten op de markt te

brengen. Daarbij hoort samenwerking tussen alle ketenpartijen om de consument inzicht te geven in zijn dagelijkse voedselkeuzes en het effect ervan op zijn of haar gezondheid. Dit past in het concept “make the healthy choice the easy choice” en creëert niet alleen waarde voor de Nederlandse economie en volksgezondheid, maar ook internationaal door export.

Nederland speelt een internationale sleutelrol

Nederland heeft een publieke en private onderzoekinfrastructuur op het gebied van voeding, voedsel en gezondheid die wereldwijd leidend is. Het Wageningen cluster vervult daarbij een internationale sleutelrol. Steeds meer wordt structureel samengewerkt met andere universiteiten, onderzoeksinstituten en met het bedrijfsleven in het kader van de topsector Agri&Food. Publiek-private samenwerking speelt daarbij een sleutelrol. Zo worden oplossingsstrategieën voor de maatschappelijke uitdagingen verbonden met actoren op het gebied van voeding, volksgezondheid en de voedselketen.

Nederland heeft belangrijke kennissterktes op het gebied van voeding, voedsel en gezondheid. De eerste betreft onze kennis over beschikbaarheid van gezond, veilig en duurzaam voedsel. Daarbij gaat het niet alleen om de verbetering van productiemethoden en nieuwe distributie en logistiek voor gezond voedsel, maar ook om food innovaties zoals het bevorderen van gezonde samenstelling van voedingsmiddelen en het ontwikkelen van nieuwe eiwitbronnen.

Een tweede onderwerp waarover veel kennis is, maar waar zoals meestal in de wetenschap nog veel meer kennis nodig is, is de vraag hoe mensen tot besluiten komen over wat en hoe ze wanneer eten. Met die kennis over voeding en gedrag kunnen we mensen helpen bij het maken van keuzes voor gezonde voeding. Daarbij kunnen

nieuwe inzichten verkregen worden op basis van ICT-tools, zoals apps die niet alleen consumptiepatronen in kaart brengen, maar die ook helpen bij het maken van gezonde keuzes op het gebied van lifestyle en voeding. Het ontwikkelen van do-it-yourself technieken waardoor consumenten hun gezondheid kunnen meten en het ontwikkelen van gepersonaliseerde adviesystemen voor voeding en gezondheid wordt daarbij steeds belangrijker.

Een derde onderwerp waarop sterk wordt ingezet, gaat over het in kaart brengen van de gezondheidseffecten van voedselkeuzes die mensen maken: het monitoren van de impact van voedsel en voeding op individuen en op bevolkingsgroepen, waardoor een beter inzicht ontstaat in de gezondheidsbaten, zowel als de risico's en de kosten van verschillende keuzes.

Een vierde onderwerp waarvan we in Nederland veel afweten, is het ontwikkelen en screenen van nieuwe bronnen van voeding en van nieuwe gezonde ingrediënten, bijvoorbeeld op basis van algen, insecten, wieren en reststromen. Nieuwe manieren om deze voedselbronnen te verwerken met gebruik van minder zout, verzadigd vet en suiker en het innovatief structureren van deze ingrediënten (onder andere door 3D printen) zijn onderwerpen waarin Nederlandse kennisinstellingen voorop lopen.

Op het gebied van beleidsondersteunend voedingsonderzoek levert Nederland een belangrijke kennisbijdrage in het ontwikkelen, testen en evalueren van *nudging* (duwtjes in de rug). *Nudging* maakt gebruik van de omgeving om gedrag te veranderen bij het kiezen voor duurzame en gezonde producten. De keuzevrijheid wordt niet beperkt, maar er wordt een omgeving gecreëerd waarin individuele consumenten de juiste keuzes maken zonder gebruik te maken

VOEDING EN GEZONDHEID

van de traditionele beleidsinstrumenten zoals wet- en regelgeving, belastingen, subsidies en bewustwordings-campagnes.

Samenvattend is dit een uniek kenmerk van het onderzoek naar voeding, voedsel en gezondheid in Nederland: de aanwezigheid van sterke groepen op het gebied van voedings- en voedselonderzoek en de sterke samenwerkingsverbanden tussen publiek en privaat. Er zijn groepen met specifieke expertise op het gebied van voedingssurveillance en volksgezondheid, als ook op het gebied van interventie-, cohort- en moleculair onderzoek. Daarnaast is er veel kennis over gezondheid en gedrag met betrekking tot specifieke kwetsbare groepen zoals jongeren, ouderen en kansarme groepen.

Specifieke kennis over voeding koppelen aan gedrag

De eerste vernieuwingsopgave is om beter inzicht te krijgen in patronen van voedselconsumptie en in de werkingsmechanismen van gezonde voeding. Dat vereist het verbinden van het biomedisch denken over voeding en gezondheid met het sociaalwetenschappelijk denken over voedingsgedrag; in de praktijk van de preventie en bevordering van gezondheid gaat het om één en dezelfde burger die bewust of onbewust gezonde of ongezonde keuzes maakt in de context van zijn sociale en fysieke omgeving. Genomics technieken geven steeds meer inzicht in de werkingsmechanismen van gezonde voeding. Daarnaast kunnen we óók de voedselconsumptie gedetailleerd naar tijd en plaats karakteriseren en daardoor het voedingsgedrag van consumenten leren begrijpen en hierop in te grijpen. Het maken van keuzen is vooral ook een sociaal proces dat vraagt ook kennis van de 'communities' waarin mensen zich bevinden en van de sociale en psychologische determinanten van gedrag. De uitdaging is het ontwikkelen

van oplossingen op individueel- en op populatieniveau. Dat geldt zowel voor voedsel (product innovaties) als voor de gepersonaliseerde advisering van mensen over dieet en voeding.

Een tweede opgave is om gezonde voeding ook duurzaam te maken. Behalve voor consumenten is die vraag ook belangrijk voor producenten. Het ontwikkelen van duurzame voedselketens en nieuwe bronnen van voeding en ingrediënten (bijvoorbeeld op basis van algen, insecten, wieren, reststromen) is geen eenvoudige opgave. Het gebruik van nieuwe ingrediënten kan ecologische winst opleveren, maar ook gepaard gaan met mogelijke gezondheidsrisico's (allergieën). Ook voor voedingsgedrag zijn er belangrijke vragen: hoe nieuwe producten te profileren die passen bij wensen en behoeften van de consument, en welke neveneffecten hebben deze producten op het voedingspatroon als geheel? Daarin kunnen sociale media, apps, sensoren en big data de voedingsbedrijven helpen businessmodellen te ontwikkelen waardoor zij direct kunnen communiceren met eindgebruikers. Ook zal bijvoorbeeld de voedingsindustrie zich actief tot haar klanten willen wenden door hen gericht koopadvies te bieden, waardoor ze in staat zullen zijn om die producten te consumeren die bijdragen aan gezondheid, duurzaamheid en/of andere drivers van gedrag: personaliseren van voedingsstrategieën. Een belangrijke opgave daarbij is de privacy van de consument te borgen in de relatie met bijvoorbeeld voedingsbedrijven en verzekeraars die via big data steeds meer willen weten van hun individuele klanten.

Een derde vernieuwingsopgave betreft het veel beter inzicht krijgen in de relaties tussen gedrag, voeding en gezondheid. Dit vereist onder andere het opzetten van nieuwe, sterke onderzoekinfrastructuur op het gebied van voedsel, voeding en gezondheid. In dit verband heeft het European

Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) recent een strategische werkgroep Health en Food opgericht die het ontwikkelen en financieren van Roadmaps voor dergelijke infrastructures wil stimuleren. Het gaat hierbij om research infrastructures voor voedings- en consumentengedrag die de voedsel- en voedingswerelden met elkaar kunnen verbinden. Standaardisering en data-sharing binnen het multidisciplinaire voedingsonderzoek heeft daarbij grote prioriteit. Zo kan veel beter inzicht ontstaan in de biologische en sociaalpsychologische determinanten van voedingsgedrag, als ook in de gevolgen voor gezondheid, op individueel, community en volksgezondheidsniveau. De consument zal steeds meer ondersteund en verleid worden om regie te nemen in een gezonde leefstijl. Goed gekarakteriseerde meetinstrumenten, inclusief persoonlijke real-time en on-the-spot gedrags- en voedingsdata, leveren bijvoorbeeld informatie aan de beleidsrelevante pan-Europese voedselconsumptie-peiling, terwijl de consument op grond van deze informatie betrouwbare en gepersonaliseerde voedingsadviezen kan ontvangen.

De overkoepelende wetenschappelijke uitdaging is het interdisciplinaire karakter van onderzoek naar voeding, voedsel en gezondheid te versterken om daarmee de maatschappelijke vraagstukken met betrekking tot gezondheid tegemoet te kunnen treden. Dit vraagt om initiatieven waarin het onderzoek naar gezonde voeding en naar voedselproductie op velerlei niveaus met elkaar worden verbonden: voedselaanbod en behoefte, voedselkeuze en betekenis, consumptie en verzadiging, lifestyle, voeding en innovatie, voedingsstoffen en functioneren, fysiologie en epidemiologie, met speciale aandacht voor kwetsbare risicogroepen en sociaaleconomische gezondheidsverschillen. Daarbij is het van belang in te zetten op initiatieven die de hele kennisketen omvatten: van fundamenteel onderzoek naar toepassing in bedrijven en bij consumenten. Daarbij zal Nederland erop moeten toezien dat haar Europese leidende positie op het gebied van onderzoek naar voedsel, voeding en gezondheid in de toekomst wordt geborgd door een sterke, Europees ingebedde research infrastructuur.

SLOTWOORD

In tien essays hebben schrijvers van zes instellingen een doorkijkje gegeven naar de toekomst. Ze beschrijven een aantal belangrijke maatschappelijke uitdagingen voor Nederland, hoe we die uitdagingen aan kunnen gaan en economisch kunnen verzilveren door gericht in te zetten op onderzoek, technologie en innovatie, daarbij bouwend op de sterktes van onze bedrijven en kennisinstellingen.

Deze slotbeschouwing gaat in op twee onderwerpen. Eerst destilleren we, samenvattend, enkele hoofdlijnen uit de essays – belangrijke rode draden die door meerdere auteurs worden gezien als kenmerkend voor de Nederlandse aanpak. Dan kijken we naar wat er nodig is om de vaak ambitieuze vernieuwingsopgaven die in de essays gepresenteerd worden ook daadwerkelijk te realiseren. Daarbij gaan we kort in op financiering en beleid van onderzoek, technologie en innovatie en de verschillende rollen van de belangrijkste stakeholders.

Enkele rode draden

Terugblikkend op de essays zien we een grote verscheidenheid en een groot potentieel aan nieuwe ideeën die daadwerkelijk het verschil kunnen maken. Naast al die diversiteit kunnen ook een aantal gemeenschappelijke thema's en gedachtenlijnen ontdekken die als rode draden door de essays lopen.

Een belangrijke constatering die in verschillende essays aan de orde komt is dat een integrale aanpak nodig is om tot werkelijke vernieuwing te komen – dat geldt in de industrie, voor de agrofood, maar ook op de weg en in de zorg. Die integrale aanpak kent twee hoofdlijnen. De eerste is dat het belangrijk is om de hele kennisketen bij elkaar te brengen: vragen van bedrijven en burgers, technologieontwikkeling en -toepassing, toegepast onderzoek en innovatie en fundamenteel onderzoek dat zowel ongebonden als agenda-gedreven ('mission-oriented') kan zijn. Juist in de verbinding schuilt de kracht. Daarmee komt een proces van kennisontwikkeling en kenniscirculatie op gang dat ook door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid als essentieel wordt gezien om tot een innovatieve en lerende economie te komen.

Een tweede, daarmee verbonden lijn is de noodzaak om veel verschillende partijen bij elkaar te brengen. De essays benadrukken niet alleen het belang daarvan, maar laten ook zien dat het hier gaat om een erkende sterkte van de Nederlandse innovatieaanpak. In de topsectoren wordt steeds intensiever en productiever samengewerkt tussen bedrijven, kennisinstellingen en de overheid ('gouden driehoek'). Vanuit de gedachte van de 'quadruple helix' wordt bovendien ook het belang van betrokkenheid van burgers en maatschappelijke organisaties benadrukt. Een aantal essays gaat in op het belang van 'proeftuinen' en 'living labs'. Alle grote vernieuwingen zijn complex van aard en vereisen de samenwerking tussen, en bijdragen van, een groot aantal stakeholders. Complexe veranderingen zijn moeilijk te plannen en gaan nooit in één keer goed. Proeftuinen bieden de mogelijkheid om met meerdere partijen te experimenteren in een 'real life' situatie, onder redelijk gecontroleerde omstandigheden. Dat laatste is nodig om vanuit de praktijk feedback te geven aan de wetenschap en vice versa.

Benadrukt wordt in de essays dat Nederland met zijn poldertraditie in veel opzichten een perfect 'proeftuinland' is. Ons land is welvarend,

dichtbevolkt, met veeleisende burgers en consumenten, een open economie die internationaal moet concurreren en met veel sectoren die gewend zijn om te gaan met een hoge regeldruk. Die innovatieaanpak ontwikkelt zich, volgens sommige essays, tot een exportproduct op zich.

Een ander aspect van die integrale benadering is dat de essays nadrukkelijk stellen dat een sterke samenhang nodig is tussen technische en sociale wetenschappen om tot vernieuwing te komen. Veel diepgaander inzicht in de determinanten van menselijk gedrag is nodig om te begrijpen hoe mensen omgaan met problemen en met mogelijke technologische oplossingen daarvoor. Dat geldt voor gedrag op de weg, voor voedselkeuzes en voor beslissingen die mensen nemen als het gaat om het kiezen voor duurzame oplossingen. Technologie biedt daarbij tegelijkertijd ook nieuwe mogelijkheden om menselijk gedrag in kaart te brengen en te begrijpen, bijvoorbeeld via de apps en de sensoren die in onze smart phones zijn ingebouwd.

Tenslotte, en dat volgt uit het voorgaande, zien we dat een aantal essays nadrukkelijk ingaat op het belang van persoonlijke oplossingen. Individuele noden en wensen van de burger, de consument of de patiënt komen steeds meer centraal te staan. Of het nu gaat om 'personal manufacturing', persoonlijke voeding en zorg, of decentrale energiesystemen: echte vernieuwing komt alleen tot stand als die uitgaat van de behoeften van de eindgebruiker.

Randvoorwaarden: wat is er nodig?

De Nederlandse wetenschap en innovatie zijn onderdeel van een sterk veranderende wereld. Economische en sociale veranderingen in binnen- en buitenland hebben grote invloed op hoe we wetenschap en technologie vormgeven. Belangrijke uitdagingen hebben te maken met de

globalisering, waarbij we vooral denken aan de opkomst van Azië en vooral China als economische macht, maar ook als science super power. Globalisering, in combinatie met automatisering en offshoring leiden tot vragen over technologische werkloosheid en het verdwijnen van middenklasse banen. Internationale verhoudingen veranderen en veiligheid is niet meer vanzelfsprekend: vragen over terrorisme, klimaatverandering, waterproblemen en grondstoffenschaarste domineren de agenda. En sinds het begin van de financiële crisis van 2008 blijven de economische vooruitzichten voor Europa en voor Nederland een bron zorg. Dat is ook een van de redenen dat in Nederland de budgetten voor wetenschap en innovatie, ook in de komende jaren, nog onder druk zullen blijven staan.

In deze context bemoeit de maatschappij zich steeds nadrukkelijker met wetenschap en technologie. Aan de ene kant is er vanuit een perspectief van lage economische groei en beperkte financiële middelen een steeds sterke vraag om sturing van wetenschap en innovatie. Aan de andere, meer positieve kant wordt steeds meer duidelijk dat nieuwe kennis die door wetenschap en innovatie gegenereerd wordt en tot toepassing komt, steeds meer de sleutel is tot onze toekomstige welvaart.

Een belangrijke voorwaarde om via onderzoek en innovatie nieuwe bedrijvigheid en welvaart te creëren, is om langdurig en vasthoudend investeren in een aantal prioritaire uitdagingen en vernieuwingsopgaven waarvan deze publicatie een aantal voorbeelden heeft laten zien. Auteurs als Mazzucato pleiten in dit verband voor een 'entrepreneurial state', met een actieve rol van de overheid die investeert in onderzoek en ontwikkeling op terreinen die voor het bedrijfsleven te riskant of nog te weinig renderend zijn. De sterk toegenomen belangstelling voor het

ondersteunen van nieuwe bedrijven is daarbij een belangrijke stap in de goede richting: Startup Delta en Yes!Delft zijn daarvan slechts enkele voorbeelden. Ook zien we dat innovatieve bedrijven zich steeds meer vestigen in de nabijheid van universiteiten, waardoor belangrijke nieuwe clusters ontstaan.

De Nederlandse wetenschap staat internationaal hoog aangeschreven en loopt voorop in een aantal belangrijke disciplines en gebieden. Dat biedt grote kansen om met andere partijen zowel de wetenschap als de toepassing ervan verder te brengen. Die meer open benadering van wetenschap en technologie wordt in Europa inmiddels aangeduid als Science 2.0. Daarbij gaat het om de veranderingen en de eisen die aan de wetenschap worden gesteld door de digitalisering en globalisering van wetenschappelijke netwerken en vanuit de Grand Challenges. Ook voor Nederland lijkt het een wenkend perspectief om, ‘inspired by technology’ op deze manier te werken aan wetenschap en innovatie voor welvaart en welzijn.

Zo’n veertig hoogleraren hebben met veel enthousiasme bijgedragen aan deze publicatie. De ‘mission-oriented’ aanpak, die de link legt tussen maatschappelijke uitdagingen voor Nederland en inspanningen op gebied van wetenschap en innovatie, werd daarbij door de schrijfteams voortvarend opgepakt. Dat leidde veelal tot gedeelde beelden en ambities naar de toekomst, zoals hierboven werd samengevat. De tien onderwerpen in deze bundel zijn een selectie van de vernieuwingsopgaven voor Nederland, maar het zijn tien belangrijke opgaven: voortgang daarop zal voor Nederland echt een verschil maken. Deze publicatie is vooral een uitnodiging aan wetenschap, toegepast onderzoek, bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en overheden om samen volgende stappen te zetten die nodig zijn om de vernieuwingsopgaven aan te pakken.

COLOFON

Deze publicatie is het resultaat van de samenwerking tussen de volgende partijen:

3TU IJsbrand Haagsma (3TU federatie), Maurice Bouwens (Universiteit Twente),
Eva Hoogland (TU Delft), Margo Strijbosch (TU Delft), Renee Westenbrink (TU Eindhoven)

TNO Govert Gijsbers, Tom van der Horst, Claire Stolwijk, Frans van der Zee

WUR Henrieke de Ruiter

STW Chris Mombers

Redactie Govert Gijsbers, IJsbrand Haagsma, Tom van der Horst, Joost van Kasteren,
Claire Stolwijk, Renee Westenbrink, Frans van der Zee

Ontwerp Raymakers Ontwerp, Inge Raymakers

Druk Drukkerij Snep, Jos Peters



UNIVERSITY OF TWENTE.

3TU.

TNO innovation
for life



Nieuwe technologie
mogelijk maken