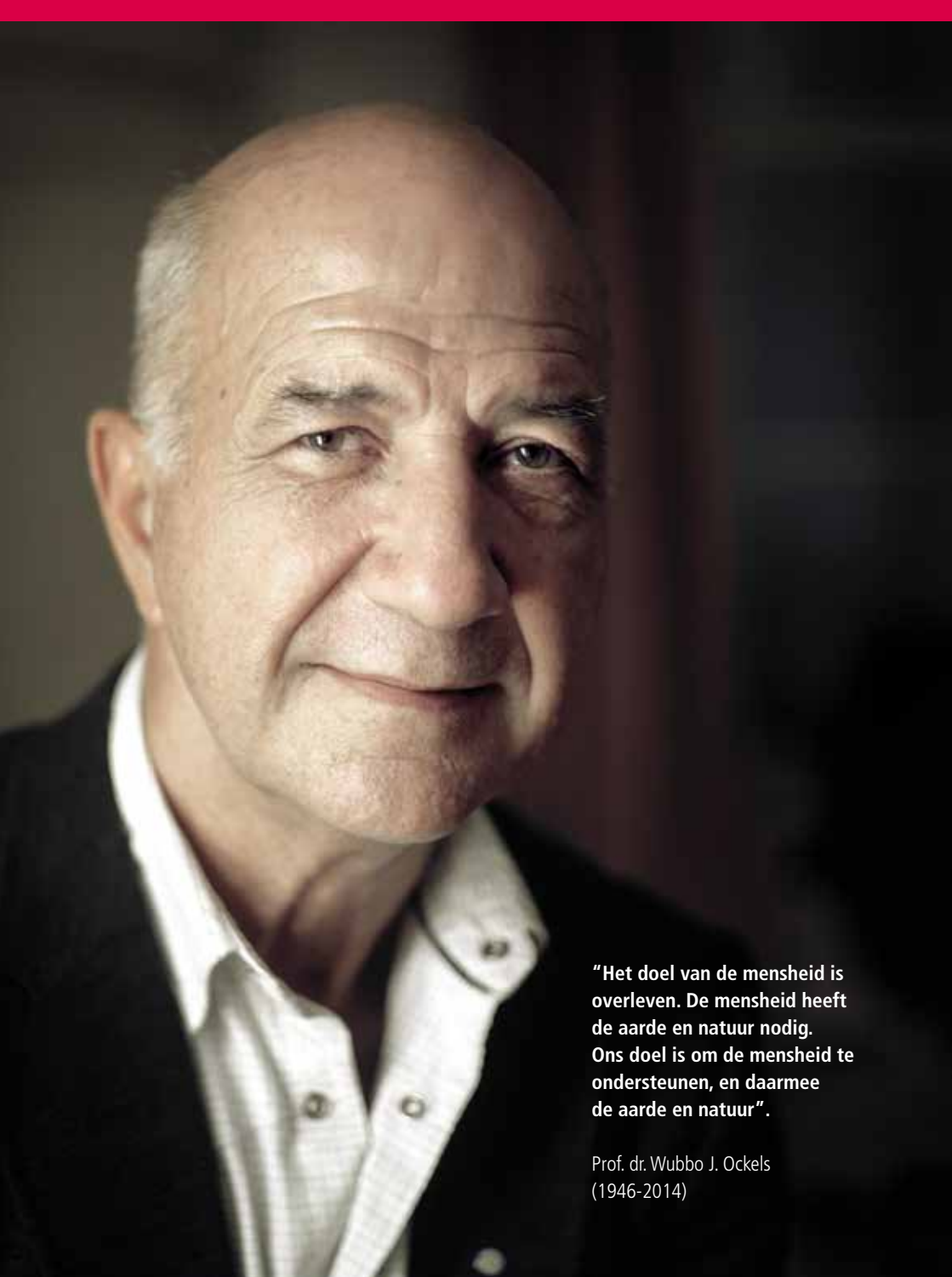




# **EMPOWERMENT REGIE OVER JE EIGEN ENERGIE**

**LECTORALE REDE | Jack Doomernik | 19 mei 2017**



**“Het doel van de mensheid is overleven. De mensheid heeft de aarde en natuur nodig. Ons doel is om de mensheid te ondersteunen, en daarmee de aarde en natuur”.**

Prof. dr. Wubbo J. Ockels  
(1946-2014)

# INHOUD

	<b>VOORWOORD</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>ENERGIETRANSITIE, TRENDS EN ONTWIKKELINGEN</b>	<b>6</b>
	- Mondiale problematiek	6
	- De situatie in Nederland	8
	- Trends in energietechnologie	10
	- Veranderingen in de markt	12
	- De rol van de burger	14
<b>2</b>	<b>HET LECTORAAT SMART ENERGY</b>	<b>16</b>
	- Context en missie	16
	- De centrale onderzoeksvraag	20
	- Onderzoekslijn Meten & Weten	22
	- Onderzoekslijn Inpassen & Koppelen	23
	- Onderzoekslijn Consuminderen & Prosumeren	24
<b>3</b>	<b>TOT SLOT</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>LITERATUUR</b>	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>CV JACK DOOMERNIK</b>	<b>30</b>
<b>6</b>	<b>INTRODUCTIE KENNISKRINGLEDEN LECTORAAT SMART ENERGY</b>	<b>32</b>



# VOORWOORD

**Onze huidige energievoorziening is niet duurzaam. Schadelijke emissies dragen bij aan klimaatverandering, de herkomst van fossiele brandstoffen maakt de economie afhankelijk van politiek en economisch instabiele landen, en de betaalbaarheid voor huishoudens en bedrijven komt onder druk te staan. Om tot een duurzame maatschappij te komen is een aantal belangrijke veranderingen in gang gezet waar we de komende decennia op voort moeten bouwen. Het gaat dan om: energiebesparing, duurzame warmte, biomassa, schone elektriciteitsproductie, afvang en opvang van CO<sub>2</sub>.**

We maken een omslag mee van centraal gestuurde energievoorziening met groot-schalige opwekking, naar een vrije markt met decentrale opwekking. Fluctuatie in het aanbod van wind en zon maakt het moeilijker de productiecapaciteit aan te passen aan de vraag. Er ontstaan kansen voor nieuwe spelers. De transitie waar we voor staan, stuit op een machtsblok gevormd door gevestigde belangen en vraagt om een combinatie van zorgvuldig handelen en disruptieve verandering. Het is als dansen op het slappe koord, waarbij je de nieuwe technieken kunt zien als 'de lange stok' die zorgt voor evenwicht. Transitie is succesvol wanneer veran-

dering zowel van binnen als van buiten wordt ondersteund. Dit vraagt om samenwerking tussen overheid, ondernemers, burgers en onderwijs en om onderzoek. De lectoraten en onderzoeksgroepen binnen het Expertisecentrum Duurzame Innovatie voeren multidisciplinair praktijkgericht onderzoek uit op het gebied van (energie)techniek, ingegeven door en gericht op sociaal-technologische vraagstukken van bedrijven en instellingen, die bijdragen aan de verduurzaming van de samenleving.

Smart Energy is één van de lectoraten van het Expertisecentrum Duurzame Innovatie. De missie van het lectoraat is om de consument, de overheid en het bedrijfsleven handvatten te geven voor het nemen van regie op eigen energiegebruik. De onderzoeksagenda wordt gebouwd op de thema's energiebesparing en insparing en koppeling van duurzame energie in de dagelijkse praktijk van consument en bedrijfsleven. Meer specifiek: opwekking van energie, energieopslag, conversie, distributie, gebruik, bediening en beheersing.

Jack Doomernik is hiervoor onze lector. Zijn opdracht is om vanuit praktijkgericht onderzoek een bijdrage te leveren aan curriculumontwikkeling en kennisverspreiding in de regio. Kennis die de noodzakelijke energietransitie ondersteunt en waarmee wij u willen verleiden tot het leveren van een bijdrage. Het zijn immers niet alleen de grote spelers die er toe doen. Ieder van ons, individueel, draagt bij aan de omslag. Ik verzeker u: uw inspanningen zijn geen druppels op een gloeiende plaat ... alle beetjes helpen.

Wij nodigen u uit om samen met ons de komende jaren de uitdaging aan te gaan en zeggenschap te nemen over uw eigen energie.

**René Tönissen**, voorzitter stuurgroep EDI  
**Maya van den Heuvel**, manager EDI



# 1

## ENERGIETRANSITIE, TRENDS EN ONTWIKKELINGEN

We zitten midden in de energietransitie en duurzaamheid is niet meer weg te denken uit ons dagelijkse leven. Om de omslag naar een duurzame samenleving te maken, is het noodzakelijk om minder energie te gebruiken, benodigde energie uit duurzame bronnen op te wekken en fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk in te zetten. De komende decennia gaat het energiesysteem in Europa op de schop. Het streven is om in 2050 een energievoorziening te hebben die nagenoeg CO<sub>2</sub>-loos is. Hoe dat precies gerealiseerd gaat worden is nog onduidelijk, maar het zal vrijwel zeker gepaard gaan met verdere elektrificatie van de maatschappij en met een veel groter aandeel variërende duurzame energiebronnen. De verwachting is dat de vraag naar elektriciteit voorlopig blijft groeien door meer ICT- en robotica-toepassingen, elektrisch verwarmen en rijden en door vergaande elektrificatie van de industrie.

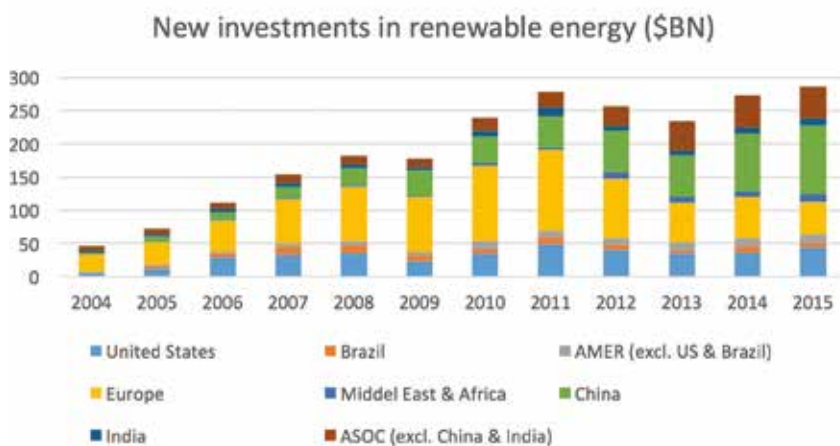
### MONDIALE PROBLEMATIEK

Als het om klimaatverandering gaat, is dit het decennium van de waarheid. Urbanisatie in grote delen van de wereld stelt nieuwe eisen aan steden en infrastructuur, om comfortabel wonen, efficiënt werken en duurzame mobiliteit mogelijk te maken. De verwachting is dat het wereldwijde energieverbruik de komende 15 jaar met 20-25% zal stijgen (DNV-GL 2016). Om te voldoen aan 2 graden-doelstelling, zoals afgesproken in het klimaatakkoord in Parijs (VN 2015), is een jaarlijkse daling van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van 6,2% nodig. Er staat druk op de industrie om de energie-efficiency te verbeteren, meer duurzame energie in te zetten en emissies te verminderen. CO<sub>2</sub>-beprijzing is hierbij integraal onderdeel van (inter)nationale mitigatiestrategieën. Daarnaast wordt ingezet op de ontwikkeling van hernieuwbare energie uit wind, warmte, zon en water, om het gebruik van fossiele brandstoffen te verminderen. De verwachting is dat in 2025 onshore wind- en zonne-energie de goedkoopste vormen van energie zijn en de piek in het verbruik van niet-hernieuwbare natuurlijke hulpbronnen is bereikt. Door de terugdringing van fossiele brandstoffen zullen de risico's van gestrande activa zoals kolengestookte elektriciteitscentrales, olieplatforms en gasvelden toenemen.

In het COP21-klimaatakkoord dat in 2015 in Parijs gesloten is en is geratificeerd door 195 landen, waaronder China en de Verenigde Staten, is afgesproken dat de uitstoot van broeikasgassen moet worden teruggedrongen om de opwarming

van de aarde te beperken tot maximaal 2 graden, met 1,5 graad als streefwaarde. Deze overeenkomst is uniek, omdat landen hiermee de wettelijke verplichting aangaan om maatregelen te nemen, maar het blijft een compromis dat minder ver gaat dan eigenlijk nodig is (McClelland 2016). Aangezien de problematiek grensoverschrijdend is, moeten ontwikkelingslanden door rijke ontwikkelde landen met geld en middelen geholpen worden om hun uitstoot te verminderen. Binnen de Europese Unie is de strategie gericht op energie-efficiëntie, inzet van hernieuwbare energie en afvangen en opslag van CO<sub>2</sub>. Omdat winning van aardgas in Groningen steeds verder wordt terugschroefd, wordt Nederland steeds minder een aardgasland (ECN en et al 2016). Ons energielandschap zal veranderen waarbij het aandeel van hernieuwbare energie groeit (ENECO 2013). De verwachting is dat tegen 2025 zonne-energie de goedkoopste vorm van elektriciteit zal zijn. Door de groei van duurzame energie is energieopslag een onmisbare schakel in het energiesysteem om verschillen in vraag en aanbod te overbruggen (FME en Energy Storage NL 2016).

In 2015 is wereldwijd voor \$286 billion geïnvesteerd in hernieuwbare energie. Het leeuwendeel hiervan (95%) ging naar wind- en zonne-energieprojecten, waardoor de opwekcapaciteit uit wind en zon toenam met 118 GW. Van het totaal opgestelde vermogen was in 2015 inmiddels 16.2% hernieuwbaar. Opvallend is dat investeringen in Europa de laatste jaren teruglopen en China inmiddels de leidende rol van Europa heeft overgenomen (FS-UNEP 2016).



Na Europa is China nu de grootste investeerder in hernieuwbare energie (FS-UNEP 2016)

## DE SITUATIE IN NEDERLAND

De Nederlandse ambities zijn verwoord in het Energieakkoord (SER 2013). De doelstelling uit het Energieakkoord is om 14% hernieuwbare energie op te wekken in 2020 en 16% in 2023.

Bedrijven, en met name de industrie, zijn grootverbruikers van energie. De ambities voor de industriële sector zijn uitgewerkt in convenanten, zoals de meerjarenafspraken energie-efficiëntie 2008-2020 (MJA3) en de meerjarenafspraken energie-efficiëntie ETS onderneming (MEE). Eind 2016 is door het ministerie van Economische Zaken de Energieagenda gepresenteerd met energiebesparing, minder aardgasgebruik en meer investeringen in hernieuwbare energie als inzet, zodat in 2050 Nederland nog nauwelijks broeikasgassen (CO<sub>2</sub>) uitstoot (EZ 2016).

Er bestaat weinig twijfel over de noodzaak om steeds meer energie uit duurzame bronnen op te wekken. Mede dankzij het Energieakkoord wordt de energievoorziening in Nederland steeds duurzamer (ECN et al 2016). De inzet op wind- en zonne-energie neemt toe en de eerste oudere kolencentrales zijn gesloten. Door teruglopende aardgaswinning en doordat minder restwarmte beschikbaar zal komen uit kolencentrales, zal versneld gezocht moeten worden naar alternatieven voor warmtevoorziening.



Volop aandacht in de media voor de energietransitie



In 2016 was het aandeel van groene energie in Nederland 6% en de laatste prognoses laten zien dat de ambities uit het Energieakkoord niet gehaald worden met het huidige beleid. Het moet dus sneller en regionale en lokale overheden spelen daarbij een belangrijke rol. Alle provincies en vrijwel alle gemeentes hebben het streven naar energieneutraliteit op de agenda staan. Hoe deze doelstelling te bereiken, is minder voor de hand liggend. De publieke opinie is positief als het gaat om verduurzaming van de samenleving, maar inpassing in stedelijke gebieden geeft problemen. Zonneweides vereisen veel ruimte en windturbines veroorzaken slagschaduw en geluid. Bovendien verschillen de meningen over de schoonheid van een windmolen.

Het is een goed principe om energie daar op te wekken waar die verbruikt wordt, maar dit is niet altijd mogelijk. Er zal dan naar alternatieve locaties gezocht moeten worden. Dit kan ook buiten de gemeentegrenzen. Soms heeft dit zelfs de voorkeur. Het rendement van een windmolen is beter aan de kust dan landinwaarts, maar ook het transport van energie zal betaald moeten worden. Er ligt een uitdaging om de juiste locaties te vinden voor de opwekking van groene energie.

Nederland is voornemens om vijf windparken aan te leggen in de Noordzee. In het Nederlandse deel van de Noordzee zijn al drie windparken operationeel en twee parken in aanbouw. Als de parken die nu gebouwd worden, klaar zijn, dan wekken zij samen met de bestaande parken bijna 1000 MW aan elektriciteit op. Afgesproken is dat windenergie op zee in 2023 in totaal 4.450 MW elektriciteit moet leveren. Daarmee kunnen ruim 5 miljoen huishoudens van elektriciteit worden voorzien. Dat betekent 3.493 MW bovenop de 957 MW die al gebouwd of in aanbouw is<sup>1</sup>.

In 2014 bestond het energieverbruik van een gemiddeld huishouden in Nederland voor 42% uit aardgas, 25% uit elektriciteit en voor 31% uit motorbrandstoffen (ECN et al 2016). Particulieren hebben vooral aandacht voor het opwekken van elektriciteit met zonnepanelen, terwijl het leeuwendeel van de energierekening bepaald wordt door het gasverbruik. Mede door de discussie rondom de gaswinning in Groningen zal de voorziening in de warmwaterbehoefte uit zonnepanelen en warmtepompen, gecombineerd met opslag in boilers, meer aandacht krijgen. De kosten voor de installatie en de inpassing in bestaande woningen vormen nu nog grote obstakels. Bijna een derde (31%) van het energieverbruik is gerelateerd aan transport, terwijl slechts 1% van het wagenpark elektrisch of hybride is. Hier is dus nog veel te winnen. De hoge aanschafwaarde van elektrische auto's, de beperkte actieradius en het geringe aantal laadpunten in Nederland zijn belangrijke drempels om afscheid te nemen van benzine, diesel en lpg.

## TRENDS IN ENERGIETECHNOLOGIE

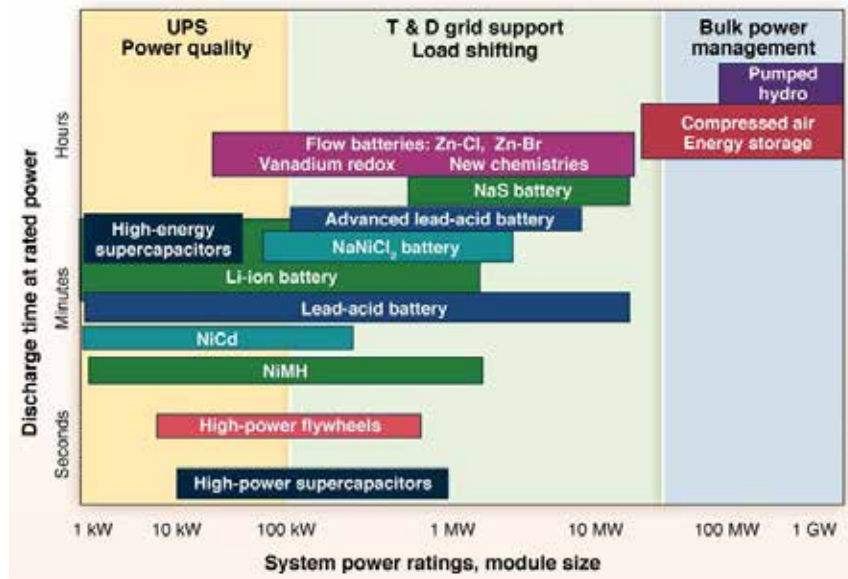
Technologie is naast demografische ontwikkelingen, klimaatbeleid en internationale afspraken een belangrijke driver voor het energielandschap (Boyle 2017). De digitalisering van onze maatschappij heeft ook haar invloed op de energievoorziening, vooral in het balanceren van vraag en aanbod met behulp van 'smart grids'<sup>2</sup>. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van opwekking, conversie en opslag van energie leveren een belangrijke bijdrage aan de energietransitie.

Het bouwen van windturbines op land en op zee is uitgegroeid tot een nieuwe industrietak. Door technische innovaties worden windturbines steeds groter en efficiënter. Een turbinevermogen van 3 of 4 MW is eenvoudig commercieel verkrijgbaar en ontwerpen van 13 MW liggen op de tekenplank. In Noorwegen en Schotland experimenteert men al met drijvende turbines. Hoewel nog in een vroeg stadium van ontwikkeling, zijn er prototypes ontwikkeld voor opwekking van energie uit wind op grotere hoogtes door vliegers (Idle 2016).

Zonnepanelen worden steeds goedkoper. Uit marktonderzoek blijkt dat over de laatste 35 jaar de prijs van zonnepanelen met 20% daalde, iedere keer als de totale productie verdubbelde (Fraunhofer IIS). Rendementen van zonnepanelen worden beter (van 10-15% naar 22-24%) en zonnepanelen worden zonnedaken en zonnegevels met een vormgeving die beter past in de gebouwde omgeving (Idle 2016). Of zoals Elon Musk, de CEO van Tesla het verwoordt: "We need to make solar panels as appealing as electric cars have become". Een nog minder ontwikkelde, maar veelbelovende technologie is het winnen van energie uit de oceaan via getijden, stromingen, golven, thermische en osmotische energie.

Door de ontwikkeling van nieuwe materialen die hun toepassing vinden in onder andere coatings, batterijen, PV-cellen, vermogenselektronica, magneten en composieten, ontstaan tal van nieuwe technische mogelijkheden. Een steile daling van de prijzen van batterijen maken opslag voor elektrisch vervoer en stationaire toepassingen steeds rendabeler. Naast betere en goedkopere batterijen levert de ontwikkeling van nieuwe conversie- en opslagmethoden, zoals brandstofcellen en vliegwielen, nieuwe oplossingen. Het figuur op pagina 11 geeft een overzicht van verschillende opslagmethodes, afhankelijk van het vereiste vermogen en de vereiste snelheid van ontladen. Batterijen zijn er in tal van soorten, afhankelijk van de toepassing. Supercondensatoren en vliegwielen kunnen snel hun energie afstaan. Voor hogere vermogens en trage processen is opslag in water (Pumped Hydro Storage) of lucht (Compressed Air Energy Storage) meer geschikt. Energieopslag kan op meerdere terreinen waarde leveren. Klantwaarde voor gebruikers, systeemwaarde voor netbeheerders en economische waarde voor nagenoeg alle deelnemers aan het energiesysteem (FME en Energy Storage NL 2016).

Inzicht in mogelijke opslag-toepassingen en hun bijdrage aan een duurzaam en efficiënt energiesysteem – ook in verhouding tot alternatieven - is daarom urgenter dan ooit.



Opslagmethodes en toepassingen (Dunn, Kamath and Tarascon 2011)

De verwachting is dat de wereldwijde, nieuw te installeren opslagcapaciteit zal groeien van 0,2 naar 12,7 GW in 2025 (Navigant Research 2015). De sterkste groei is hierbij te verwachten van huishoudelijke toepassingen. Voor Nederland is de businesscase voor de installatie van huisbatterijen nog negatief, zolang de salderingsregeling waarbij huishoudens zonder kosten aan het net kunnen terugleveren, van kracht is.

De ontwikkeling van energienetten met sensoren die real-time data verzamelen om energie te regelen (smart grids) is in volle gang. Begin 2016 hebben de netbeheerders Liander, Enexis en Stedin laten weten circa 2,6 miljoen slimme meters in de Nederlandse huishoudens te hebben uitgerold. In 2020 zijn naar verwachting alle Nederlandse huishoudens voorzien van slimme meters. De overheid verwacht van de slimme meter een energiebesparing van 3,5%. Uit recent onderzoek van het PBL blijkt echter dat huishoudens minder dan 1% besparen (PBL 2016). Voor energiebesparing is directe feedback over het eigen energieverbruik cruciaal, maar consumenten investeren maar beperkt in slimme energiemangers.

Uit het onderzoek blijkt dat de meest effectieve en directe feedback in-home displays zijn. Bestaande platforms zijn duur en niet gebaseerd op open standaarden en daardoor moeilijk aan te passen aan de persoonlijke behoefte.

Traditionele transportnetten die gebruik maken van wisselspanning, worden steeds vaker met HVDC-links verbonden tot supranationale netwerken, waarbij de eenvoud en flexibiliteit van wisselspanning wordt gecombineerd met de beheersbaarheid van gelijkstroom. Gelijkstroom krijgt ook steeds meer aandacht voor midden- en laagspanningstoepassingen, gerelateerd aan zonnepanelen, energieopslag in batterijen en domotica. Het verbinden en onderling laten communiceren van apparaten via het 'Internet of Things' geeft de mogelijkheid om de energievraag in de tijd te verschuiven en in combinatie met opslagtechnieken de fluctuaties in energieopwekking van hernieuwbare bronnen te beheersen. De verwachting is dat gebouwen steeds slimmer worden en zich in eerste instantie ontwikkelen tot energiezuinige *green buildings* met groene energielabels, en in tweede instantie tot energieproducerende gebouwen die functioneren als flexibele netgekoppelde energie-hubs.

## **VERANDERINGEN IN DE MARKT**

Energie (gas en elektriciteit) werd in de vorige eeuw geleverd door nutsbedrijven. Het gevoerde energiebeleid in de Europese Unie, gebaseerd op het verdrag van Rome dat 'een vrij verkeer van kapitaal, goederen, diensten en mensen binnen de EU' nastreeft, heeft ertoe geleid dat de energiemarkt is geliberaliseerd. Nieuwkomers op de energiemarkt hebben de liberalisering aangegrepen om te gaan concurreren met de bestaande energiebedrijven. Om oneerlijke concurrentie te voorkomen, zijn gevestigde energiebedrijven gedwongen hun leveringsbedrijf en netwerkbedrijf te splitsen. Hierdoor zijn energieleveringsbedrijven overgenomen door grote buitenlandse energiebedrijven. Zo is Nuon nu in handen van het Zweedse Vattenfall, zijn Rendo en Cogas overgenomen door Electrabel en is Essent onderdeel van het Duitse RWE. Liberalisering betekent voor de consument de vrijheid om zelf een leverancier voor elektriciteit en gas te kiezen.

Door de ongelijktijdigheid en scherpe schommelingen van vraag en aanbod, zal balanshandhaving voor de beheerders van elektriciteitsnetten steeds lastiger (en duurder) worden en er zullen meer en meer problemen met transport- en "power quality" gaan optreden. Wanneer de netbeheerders hier met een 'business-as-usual'-aanpak op reageren, zal de transportcapaciteit zowel bij de TSO (Transmission System Operator, Tennet) als de DNO's (Distribution Network Operators, zoals Liander, Enexis en Stedin) fors uitgebreid moeten worden.

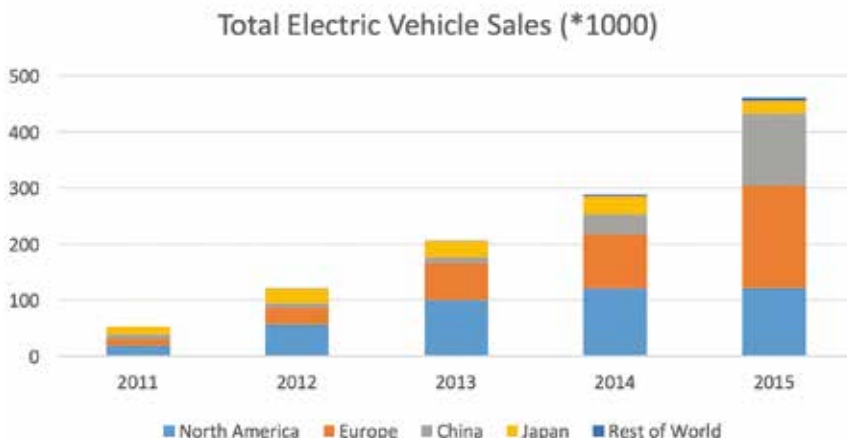
Zie voor een nadere analyse van deze problematiek het Nationaal Actieplan Energieopslag (FME en Energy Storage NL 2016).

De transitie van een centraal gestuurde energievoorziening met grootschalige opwekking naar een vrije markt met decentrale opwekking, geeft enerzijds problemen voor de gevestigde energie- en netwerkbedrijven, die zich van oudsher met energievoorziening bezighouden, maar biedt anderzijds ook kansen voor nieuwe spelers. De liberalisering van de energiemarkt geeft niet alleen ruimte aan bedrijven en consumenten om hun energieleverancier te kiezen, maar biedt ook de mogelijkheid om nieuwe initiatieven te nemen. Er ontstaan nieuwe rollen doordat consumenten, al dan niet verenigd in energiecoöperaties, zelf energie gaan opwekken en 'prosumers' worden. Energie Service Companies (ESCO's) bieden aan om de hele energievoorziening in een wijk te regelen om bewoners te ontzorgen. Ook bedrijven zijn op zoek naar mogelijkheden om energieproducent te worden en energie te leveren aan de omgeving.

Bij grootschalige opwekking worden vraag en aanbod in balans gehouden door de productiecapaciteit aan te passen aan de vraag, gebaseerd op ervaringsgetallen, dag-, week- en jaarpatronen op basis van historische gegevens en prognoses. Met decentrale opwekking en sterke fluctuatie van het aanbod van wind en zon wordt dat steeds lastiger. Vraagsturing speelt een cruciale rol in de beheersing van energiestromen. Door het monitoren van vraag en aanbod met sensoren, eventueel gekoppeld in een netwerk aangevuld met data-analyses, is het mogelijk om nauwkeurige voorspellingen te maken op basis van actuele gegevens en energiestromen te balanceren. Deze digitalisering van de samenleving, gebaseerd op het Internet of Things, openbaart zich in tal van initiatieven, zoals: smart buildings, smart cities, smart industry, smart mobility en smart grids. Begin dit jaar voorspelde het toonaangevende IT-onderzoeksbureau Gartner een jaarlijkse groei van 30% in 'connected things'. In deze sterke technologieontwikkeling acteren techbedrijven als game changers. In de energiesector is een groot aantal start-ups and scale-ups waarneembaar met tal van nieuwe producten voor opwekking, conversie, opslag, mobiliteit, monitoring en vraagsturing.

Elektrische auto's worden al een aantal jaren aangeboden in de markt en ondanks de lage brandstofprijzen werden in 2016 60% meer elektrische auto's verkocht (FS-UNEP 2016). Met name in China en in een beperkt aantal Europese landen (Noorwegen, Nederland, Verenigd Koninkrijk) is een sterke groei waarneembaar. Het aandeel in het totale wagenpark is vooralsnog beperkt, maar de verwachting is dat met goedkopere elektrische auto's met een grotere actieradius en een betere

laadinfrastructuur de groei verder zal doorzetten. Hoewel elektrische auto's het verbruik van elektrische energie vergroten, vormen ze een belangrijke schakel in de energietransitie vanwege de reductie van emissies voor wegtransport en vanwege de mogelijkheden om fluctuaties in energieaanbod en -vraag op te vangen. Een auto staat 90% van de tijd stil en is dus een interessante optie om tijdelijk energie in op te slaan of aan te onttrekken. De 'Electric vehicle to grid-technologie' is nog in ontwikkeling, maar er wordt al geëxperimenteerd om een beperkte vloot van voertuigen te gebruiken als 'virtual power plant' (Jackson 2016).



Wereldwijde verkoop van elektrische auto's (FS-UNEP 2016)

## DE ROL VAN DE BURGER

De meeste huishoudens in Nederland zien de voordelen van energiebesparende maatregelen, maar dit leidt niet direct tot actie. De gedachte dat de investering niet terugverdiend kan worden is hierbij de grootste drempel. Verlagen van de energierekening, verbetering van het wooncomfort en het leveren van een positieve bijdrage aan het milieu zijn de belangrijkste motieven om energie te besparen. Uit onderzoek blijkt dat de groep bewoners die wel al maatregelen heeft getroffen, meer geneigd is nieuwe maatregelen te treffen.

Slimme meters worden op grote schaal in Nederland geïntroduceerd door de netbeheerders, maar vooral eigenaar-bewoners van koopwoningen gebruiken ook slimme thermostaten en energieverbruiksmanagers. Inzicht in het eigen verbruik leidt tot aanpassing van het gedrag, zoals het vaker uit doen van het licht en lager instellen van de thermostaat, en in twee van de drie gevallen tot het nemen van

maatregelen, zoals het vervangen van lampen en apparaten door energiezuinige exemplaren en de aanschaf van zonnepanelen. Hierdoor valt de energierekening minstens 50 euro per jaar lager uit, soms is dat zelfs meer dan 100 euro (ECN 2016).

Burgers nemen niet alleen particuliere initiatieven, maar verenigen zich ook in energiecoöperaties. Opvallend is het sterk groeiende aantal initiatieven in de laatste jaren om in wijken en dorpen en op regionaal niveau te verduurzamen. Deze energiecoöperaties die zo'n 35 tot 40 duizend leden vertegenwoordigen, richten zich vooral op lokale energieproductie, energiebesparing en collectieve inkoop van zonnepanelen en energie (HIER Opgewekt 2016). Het aantal initiatieven voor grotere collectieve zon- en windprojecten neemt toe, waarbij ook steeds meer gebruik gemaakt wordt van professionele partijen zoals projectontwikkelaars en energiebedrijven. Door ondernemende burgers is momenteel 82 MW aan collectief opgesteld windvermogen gerealiseerd en zijn er 98 collectieve zonprojecten opgezet met een totaal vermogen van 7 MW (ECN 2016). De verwachting is dat de groei in collectieve projecten de komende jaren zal doorzetten. De bijdrage van burgers aan het totale opgestelde vermogen aan hernieuwbare energie is op zich beperkt, maar de grote winst zit in een sterke toename van het collectieve bewustzijn rondom klimaat en energie.

<sup>1</sup> [www.noordzeeloket.nl](http://www.noordzeeloket.nl)

<sup>2</sup> Door inzet van ICT en computertechnologie om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, worden conventionele elektriciteitsnetten steeds slimmer en transformeren ze tot intelligente netten ook wel smart grids genoemd.

<sup>3</sup> HVDC is de afkorting van High-Voltage Direct Current, een technologie waarbij elektrische energie op hoge gelijkspanning wordt getransporteerd.

<sup>4</sup> Sinds 2010 is de gemiddelde prijs voor een autobatterijpakket van \$1000 per kWh gezakt naar \$350 per kWh. De prijs voor een batterijpakket van 24 kWh, zoals bijvoorbeeld aanwezig in een Nissan Leaf, komt hiermee op \$8400.

<sup>5</sup> Dit betreft zowel 100% elektrische auto's (Battery Electric Vehicles) als hybride auto's (Plug-in Hybrid Electric Vehicles).

<sup>6</sup> Analyse verschillen onderzoek naar energiebesparende maatregelen, GfK, 2016

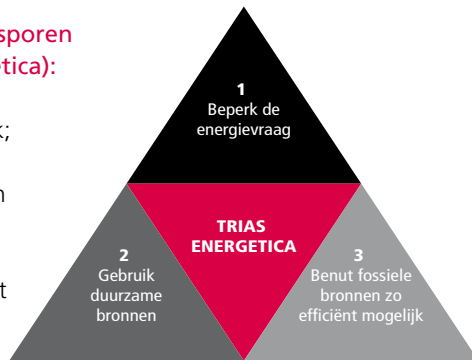
# 2 HET LECTORAAT SMART ENERGY

## CONTEXT EN MISSIE

Onze maatschappij wordt steeds afhankelijker van energie. We gebruiken energie in verschillende vormen en voor diverse toepassingen zoals lage en hoge temperatuur warmtevraag in huishoudens en industrie, goedertransport, personenvervoer en elektriciteitsvraag voor licht, kracht verwarming en koeling. De wijze waarop de maatschappij omgaat met en voorziet in deze energiebehoefte verandert voortdurend. Er is daarbij een toenemende behoefte om te komen tot een duurzame energievoorziening, vanwege de uitputting van fossiele energiebronnen en de opwarming van de aarde. Deze ontwikkeling wordt aangeduid als de energietransitie.

De energietransitie omvat drie sporen (ook bekend als de Trias Energetica):

- reductie van het energieverbruik;
- opwekking van en inpassing van energie uit duurzame bronnen;
- fossiele brandstoffen zo efficiënt mogelijk inzetten.

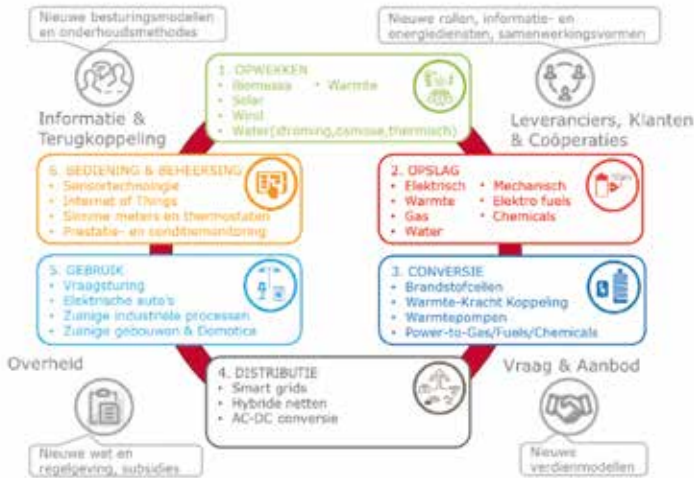


De huidige Nederlandse inzet richting het gebruik van hernieuwbare energie in 2020 is te laag om te voldoen aan de Europese doelstelling van 14%. Als we doorgaan op de huidige voet is de prognose dat we uitkomen op een percentage van circa 8-11% in 2020 (PBL en ECN 2012). Daarnaast worden in 2020 diverse emissieplafonds voor de gebouwde omgeving, land- en tuinbouw en de niet-CO broeikasgassen ruim overschreden. Om die reden heeft het Nederlandse kabinet de nationale doelen aangescherpt: 14% energie uit duurzame bronnen in 2020 en 16% volledig duurzame energievoorziening in Nederland in 2023 (SER 2013).



Om deze energiedoelen te bereiken is een energietransitie noodzakelijk op meerdere fronten (Agentschap NL 2012). De focus voor het onderzoek van het lectoraat ligt op de volgende zes technologische elementen:

- 1. Opwekking van duurzame energie:** er moet worden doorgepakt met de bestaande technologie op het vergroten van het procentuele aandeel opwekking van duurzame energie, waaronder zonne-energie, windenergie, vergassing en vergisting van biomassa en waterkracht (MacKay 2008). Ook zullen innovaties voor effectieve en efficiënte vormen van duurzame energie moeten worden doorontwikkeld.
- 2. Energieopslag:** elektrificeren van energie op grote schaal is noodzakelijk voor een duurzame energievoorziening (o.a. in auto's, warmtekrachtkoppeling). Hiervoor is grootschalige en kleinschalige opslag van elektriciteit essentieel, mede vanwege de soms grote fluctuaties in decentraal opgewekte duurzame energievormen (zoals zon en wind). Opslagssystemen voor (duurzame) energie moeten daarom worden doorontwikkeld en vaker worden toegepast in de praktijk. Denk aan waterstofsysteem, efficiënte accu's en thermochemische opslag.
- 3. Conversie:** door conversie kunnen verschillende energievormen in elkaar worden omgezet. Conversietechnieken zijn schakels om bijvoorbeeld elektriciteit, warmte en gassystemen met elkaar te koppelen.
- 4. Distributie:** de energie-infrastructuur moet worden aangepast (Bles en Blom 2012). Het elektriciteitsnet moet een bottom-upstructuur krijgen om decentrale opwekking te kunnen accommoderen. Het net moet slimmer worden om vraag en aanbod beter op elkaar af te kunnen stemmen. Op kleinere schaal dient opgewekte (en opgeslagen) duurzame energie via intelligente netten te worden gekoppeld aan particulieren, bedrijven en andere gebruikers. Hiertoe behoort ook aansturingsoftware voor een optimale afstemming van verbruik en productie, evenals de ontwikkeling en toepassing van nieuwe technologie voor netten en bijbehorende industriële installaties.
- 5. Gebruik:** duurzame energie-initiatieven vragen om een cultuurverandering in de samenleving. De mens moet bewuster en zuiniger worden in zijn energiegedrag. Zuinig omgaan met energie moet worden gestimuleerd. Ook zullen kleinschalige coöperatieve vormen voor de opwekking van duurzame energie meer en meer moeten worden vormgegeven en toegepast.
- 6. Bediening en beheersing:** in en om het huis moet meer en beter gebruik worden gemaakt van slimme energie-technologie voor de consument. Hierbij valt te denken aan intelligente energiemeters, nieuwe efficiënte vermogens-elektronica met bijbehorende ICT-systemen, snelle communicatie-infrastructuur (via modems en gateways), verbetering van elektrische oplaadpunten, robuuste aansturingmodules voor zuinige verbruiksapparaten (intelligente (af)wasmachines, elektrisch vervoer), warmtepompen et cetera.



Het socio-economisch-technisch ecosysteem

Naast techniek zijn ook socio-economische elementen van belang:

- **leveranciers, klanten en coöperaties:** veranderende verhouding tussen klant en leverancier, nieuwe rollen en samenwerkingsvormen, energiecoöperaties, buurtinitiatieven;
- **vraag en aanbod:** nieuwe business- en verdienmodellen zullen ontstaan die op maat gesneden zijn voor een decentrale opwekking van duurzame energie. De huidige businessmodellen, gebaseerd op centrale fossiele energie, zullen meer en meer naar de achtergrond verdwijnen;
- **informatie en terugkoppeling:** nieuwe informatie- en energiediensten, nieuwe besturingsmodellen en onderhoudsmethodes;
- **overheid:** subsidieprogramma's en structurele wijzigingen op het terrein van wet- en regelgeving zullen nodig zijn (o.a. Elektriciteitswet, Wet milieu-belastingen) om tijdig en op een juiste manier te kunnen inspelen op de nieuwe energie-structuren.

Het lectoraat Smart Energy werkt binnen de context van het socio-economisch-technisch ecosysteem (zie figuur hierboven).

De energietransitie moet plaatsvinden op verschillende schaalniveaus:

- apparaatniveau (wasmachine, televisie, verlichting, auto);
- gebouwniveau;
- lokaal niveau, bijvoorbeeld een woonwijk of bedrijventerrein;
- regionaal niveau, bijvoorbeeld gemeentelijk of provinciaal niveau;
- landelijk niveau;
- internationaal (Europees, mondiaal) niveau.

In onderstaande figuur zijn de elementen van de energietransitie en de diverse schaalniveaus bondig samengevat. In de figuur is tevens de focus van het lectoraat Smart Energy gemarkeerd.



Focus van het lectoraat Smart Energy

Samengevat: het kennisdomein van het lectoraat Smart Energy focust op de technische hulpmiddelen voor energiebesparing van apparaten, woningen, woonwijken en bedrijventerreinen, en op de inpassing en koppeling van duurzame energie aan energiesystemen, die passen binnen deze schaalniveaus.

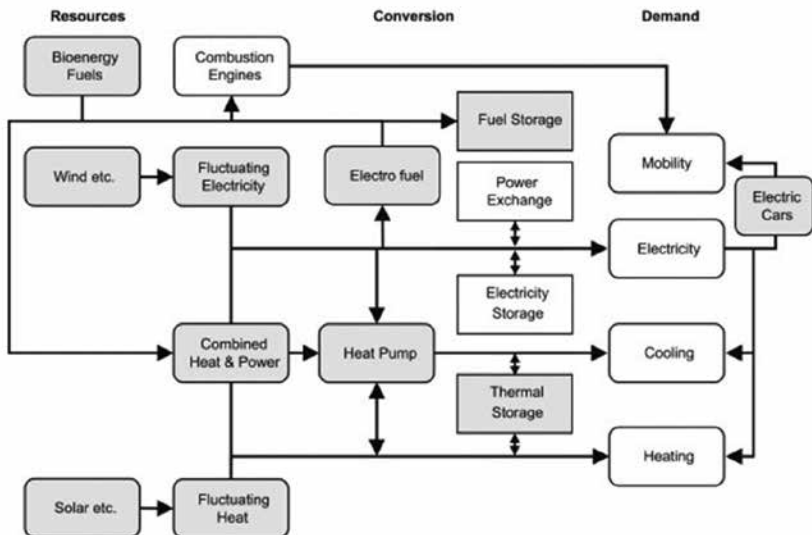
De ambitie van het lectoraat Smart Energy is het leveren van een bijdrage aan de transitie naar een duurzame energievoorziening en het multidisciplinair opleiden van studenten tot hooggekwalificeerde professionals. Daarnaast wil het lectoraat waarde toevoegen aan bedrijven, overheden en organisaties in de Brabantse regio die betrokken zijn bij de energietransitie en heeft het als doel om het onderwijs en de ontwikkeling van de beroepspraktijk te verrijken. De missie van het lectoraat Smart Energy is:

1. Het verrichten van praktijkgericht onderzoek naar nieuwe technische smart energy-innovaties voor consument, overheid en bedrijfsleven.
2. Een bijdrage leveren aan het opleiden van beroepsprofessionals via kwalitatief hoogstaand en aantrekkelijk onderwijs.
3. Kennisvermeerdering op het gebied van toepassing en gebruik van smart energy-producten, -processen en -diensten in en om het huis en in het bedrijfsleven.

## DE CENTRALE ONDERZOEKSVRAAG

Het lectoraat Smart Energy wordt gevoed door de maatschappelijke behoefte om te komen tot een duurzame energievoorziening. Daartoe zijn ontwikkelingen noodzakelijk op meerdere fronten. Het kennisdomein van het lectoraat Smart Energy focust specifiek op energiebesparing en op inpassing en koppeling van duurzame energie in de dagelijkse praktijk van consument en bedrijfsleven. Hun behoeftes zijn het startpunt voor onderzoek binnen het lectoraat.

Onderzoek aan de universiteit van Aalborg in Denemarken laat zien dat tegen 2050 een energiesysteem in Europa mogelijk is met 100% hernieuwbare energie (Connolly et al 2016). Hier zijn wel grote technologische ontwikkelingen voor nodig, zoals het sluiten van kerncentrales, grote besparingen op warmtegebruik, overstap naar 100% elektrische auto's, overschakeling van diesel naar elektro fuels voor vrachtverkeer, uitrol van warmtenetten in steden en warmtepompen in buitengebieden en vervangen van aardgas door methaan. De jaarlijkse kosten zijn naar schatting 10 tot 15% hoger dan in het 'business-as-usual-scenario'.



Holistische benadering van energienetwerken (Connolly et al 2016)

De centrale vraag van het lectoraat Smart Energy luidt: hoe kan energiebesparing en inpassing van duurzame energie worden verbeterd en vergroot, gebruikmakend van technologische ontwikkelingen? Deze centrale vraag is onderverdeeld in de volgende drie onderzoeklijnen:

- **Meten & Weten:** hoe kunnen consumenten, bedrijven en overheden meer inzicht verkrijgen in hun energieverbruik om de juiste beslissingen te nemen over hun energiehuishouding?
- **Inpassen & Koppelen:** hoe kunnen decentrale duurzame energiebronnen met een niet- stuurbaar aanbodpatroon en conversie- en opslagsystemen in de energie-infrastructuur in en om het huis, in het distributienetwerk en in de industrie worden ingepast om het energiesysteem te verduurzamen?
- **Consuminderen & Prosumeren:** hoe kan energiezuinig gedrag en gebruik van (decentrale) duurzame energie door consumenten, bedrijven en overheden worden gefaciliteerd met technische hulpmiddelen om de overgang naar een duurzame energiehuishouding te versnellen?



Onderzoeklijnen van het lectoraat Smart Energy

## ONDERZOEKSLIJN METEN & WETEN

De onderzoekslijn Meten & Weten richt zich op de reductie van het energieverbruik door het verkrijgen van inzicht in het energieverbruik. Circa 30% van het energieverbruik in Nederlandse huishoudens is te besparen door verstandig om te gaan met elektrische apparaten en een slimme warmtehuishouding. Investeringsomvang dergelijke besparingen te halen zijn in 3 jaar terug te verdienen, zo blijkt uit diverse onderzoeken. Een belangrijk adagium daarbij is meten = weten. Inzicht in het energieverbruik kan voor mensen aanleiding zijn om bewuster om te gaan met hun energieverbruik. Daarnaast kan reductie van het energieverbruik worden geautomatiseerd met behulp van bijvoorbeeld energiemanagementsystemen (EMS).

Voorbeelden van intelligente meet-en-weet-apparatuur zijn:

- slimme meter voor het verstrekken van tijdige, nauwkeurige en gedetailleerde verbruiksinfo;
- energiemanagementsystemen (EMS);
- gebruik van intelligente sensoren;
- stand-by killers van elektrische apparatuur;
- gebruik van ICT-tools voor energiebesparing.

### Centrale onderzoeksvraag binnen de onderzoekslijn Meten & Weten is:

*Hoe kunnen consumenten, bedrijven en overheden meer inzicht verkrijgen in hun energieverbruik om de juiste beslissingen te nemen over hun energiehuishouding?*

In de onderzoekslijn Meten & Weten staan sub-onderzoeksvragen centraal als:

- Welke informatie hebben consumenten, bedrijven en overheden nodig?
- Welke data zijn beschikbaar en wat moet er gemeten worden?
- Hoe ga ik meten en welke apparaten bestaan hiervoor of kunnen worden doorontwikkeld?
- Hoe maak ik van data zinvolle informatie?
- Hoe moeten we meetresultaten interpreteren en presenteren?
- Hoe kunnen we het meten automatiseren?

## ONDERZOEKSLIJN INPASSEN & KOPPELEN

De onderzoekslijn Inpassen & Koppelen is gericht op de inpassing van en koppeling met duurzame energiebronnen. De nadruk ligt daarbij op de inpassing van duurzame bronnen met een niet-stuurbaar aanbodpatroon (zon, water, wind, warmte) en op de elektrische inpassing van warmtekrachtkoppelingen.

De wijze waarop elektriciteit wordt opgewekt, verandert in de energietransitie. In de huidige situatie wordt in grote centrales warmte omgezet in elektriciteit, waarbij de restwarmte soms wordt aangewend voor stadsverwarming. Hernieuwbare alternatieven hiervoor zijn zon- en windenergie, bronnen die zich direct laten omzetten in elektrische energie. De energietransitie leidt ertoe dat op termijn steeds meer apparatuur en processen elektrisch voorzien worden van energie. Dat bespaart het gebruik van primaire energie, maar leidt wel tot een toename van het waargenomen elektriciteitsverbruik op het terrein van elektrische apparatuur, warmtevoorziening en mobiliteit. Voorbeelden hiervan zijn de toename in elektrisch gebruik van warmtepompen en elektrische auto's. Slimme verbindingen worden noodzakelijk om het aanbod van (decentrale) energie en de vraag naar elektriciteit aan elkaar aan te passen. Intelligente netten (smart grids) helpen bij het integreren van hernieuwbare energie in het elektriciteitsnet. Bij een verschuiving van centrale naar decentrale energieopwekking ontstaat een toenemende vraag naar nieuwe methoden van opslag van decentraal opgewekte energie.

### Centrale onderzoeksvraag binnen de onderzoekslijn Inpassen & Koppelen is:

*Hoe kunnen decentrale duurzame energiebronnen met een niet-stuurbaar aanbodpatroon en conversie- en opslagsystemen in de energie-infrastructuur in en om het huis, in het distributienetwerk en in de industrie worden ingepast om het energiesysteem te verduurzamen?*

In de onderzoekslijn Inpassen & Koppelen staan sub-onderzoeksvragen centraal als:

- Hoe kunnen vraag en aanbod het beste decentraal aan elkaar worden gekoppeld?
- Welke nieuwe methoden van conversie en energieopslag kunnen worden toegepast?
- Hoe kunnen slimme netten en analyse van big data bijdragen aan het matchen van vraag en aanbod van decentrale energieopwekking?

- Hoe kan elektrische apparatuur (zoals een wasmachine of koelkast) zich aanpassen aan het wisselende aanbod van decentrale energie (bijvoorbeeld door koppeling met weersvoorspellingen of de hoeveelheid zon via het Internet of Things)?

## **ONDERZOEKSLIJN CONSUMINDEREN & PROSUMEREN**

De onderzoekslijn Consuminderen & Prosumeren is gericht op technologieontwikkeling die het gedrag van particulieren, overheden en bedrijven beïnvloedt om energiebesparing en opwekking van eigen energie te stimuleren (prosumeren). Businessontwikkeling voor nieuwe - of combinaties van bestaande - producten en diensten, zoals de toepassing van domotica, maakt hier onderdeel van uit. De energietransitie vraagt immers om nieuwe rollen en businessmodellen waarin consumenten, bedrijven, prosumenten en energie- en netwerkbedrijven op een economisch gezonde en maatschappelijk verantwoorde manier met elkaar samenwerken. Grondige kennis van de energiemarkt, zowel centraal als decentraal, is daarbij van belang.

### **Centrale onderzoeksvraag binnen de onderzoekslijn Consuminderen & Prosumeren is:**

*Hoe kan energiezuinig gedrag en gebruik van (decentrale) duurzame energie door consumenten, bedrijven en overheden worden gefaciliteerd met technische hulpmiddelen om de overgang naar een duurzame energiehuishouding te versnellen?*

In de onderzoekslijn Consuminderen & Prosumeren staan sub-onderzoeksvragen centraal als:

- Welke invloed heeft het gedrag van consumenten en bedrijven op het verbruiksprofiel en andersom?
- Hoe kunnen de sociale aspecten van energieverbruik en -opwekking door consumenten en bedrijven technisch inzichtelijk worden gemaakt?
- Welke informatie triggert consumenten en bedrijven en hoe kan deze technisch worden ondersteund?
- Welke domotica-producten voor energiebesparing zijn in en om het huis toe te passen?



- Hoe kan de interface mens-machine/apparaat het meest optimaal worden ingericht?

In alle sub-onderzoeksvragen is er sprake van een relatie met technologie. Binnen de onderzoekslijn Consuminderen & Prosumeren wordt samenwerking gezocht met docenten van de opleidingen Communication & Multimedia Design (CMD) en Marketing en met de lectoraten Duurzame Bedrijfsvoering en Finance and Sustainability.



Illustratie uit  
het kinderboek  
*'Dorp in het donker'*

# 3 TOT SLOT

**Dit boekje is geschreven naar aanleiding van de lectorale rede die ik als titel "Empowerment: regie over je eigen energie" heb meegegeven. Met mijn lectoraat Smart Energy wil ik bedrijven, overheden en consumenten ondersteunen op hun reis naar duurzaamheid door de technologie dicht bij de gebruiker te brengen. De ontwikkeling en toepassing van de benodigde technologie is immers geen doel op zich, maar een belangrijke 'enabler' voor de energietransitie. Een duurzame samenleving begint uiteraard bij jezelf. Ik probeer hier zelf een steentje aan bij te dragen en roep iedereen op om binnen zijn of haar mogelijkheden hetzelfde te doen.**

Het lectoraat Smart Energy kan nooit succesvol zijn zonder de steun van vele betrokkenen. Dat begint bij de kenniskring die bestaat uit Jobert Ludlage, Redouane Eddeane, Farshad Elahigohar, Diederich Kroeske, Njord van Erck en Hans Jonkers. Maya van den Heuvel was voor mij een belangrijk klankbord om mijn weg te leren kennen binnen Avans en de juiste keuzes te maken. Veel werk is mij uit handen genomen door Leslie Oninx, Sandra in 't Groen en Liesbeth Pennings, vanuit het Expertisecentrum Duurzame Innovatie. Naast ondersteuning bij de projecten bedank ik Esther van der Ham voor haar prachtige boekje "Dorp in het donker". Van mijn EDI-medelectoren, Emile Quanjel, Karel Spee en Jos Gunsing, heb ik geleerd wat het vak van lector inhoudt; zij hebben mij met raad en daad bijgestaan. Ook de contacten met lectoren van andere expertisecentra en deskundigen buiten Avans hebben bijgedragen aan mijn ontwikkeling. Een bijzondere rol is weggelegd voor de betrokken studenten. Ik geniet van de gesprekken en discussies die ik

met hen heb en verbaas me regelmatig over de mooie resultaten die ze behalen. Zonder studenten geen lectoraat.

In het bijzonder bedank ik de projectgroep TEG-Exhaust met Barry Advokaat, Jorgen de Groot, Lennard van Hasselt, Joris Kaaks, Paul van der Pluijm, Coen van Rossum en Nout van der Wal, voor hun bijdrage aan de promotiecampagne en hun optreden in het filmpje "Onderzoek TEG-Exhaust". En Job de Beer voor het maken van de opnamen hiervoor en voor het filmpje "Een dag uit het leven van een lector". Bijzondere dank aan Danny Geldtmeijer, die als voorganger een stevige basis heeft gelegd voor dit lectoraat en mij de mogelijkheid heeft geboden om een vliegende start te maken. Dank ook aan het College van Bestuur en de leden van de stuurgroep EDI voor het stellen van de juiste vragen om de koers te bepalen en het onderzoeksplan richting te geven. De ondersteuning door Jetta Wille bij subsidieaanvragen, van Ingrid Ruijters en Maartje de Jong bij de financiële zaken en Astrid Damen en Cheyenne Toet bij de voorbereiding van de lectorale rede waren waardevol. Margot Custers en Serge Mouthaan hebben enorm geholpen om het lectoraat naar buiten te profileren.

Tallose gesprekken heb ik gevoerd met bedrijven en organisaties in het werkveld van Smart Energy. Onder andere met SPARK, Heijmans, Enpuls, Eneco, Alliander, Enexis, ProRail, Technolution, Alfen, DNV-GL, ministerie van Defensie, Kropman, Hoppenbrouwers, Arcadis, Ricardo, Strukton, TU/e, UvT, TUD, FH Aachen, University of Southampton, HAN, Saxion, InHolland, Hogeschool Zeeland, Fontys, Topsector Energie, Onze Stroomfabriek, Bredenoord, PRE, Stork, Janicki Architect, ECN, TNO, provincie Noord-Brabant, provincie West-Vlaanderen, gemeente Breda, gemeente 's-Hertogenbosch, World Class Maintenance, Rockstart, Energiecoöperatie Udenhout, Hart van Brabant, BLIX, Turquoise, Darwind, VDL, OMRON en New Age Learning. Deze gesprekken hebben mij geïnspireerd en vormden de aanzet tot een verdere aanscherping van mijn ideeën. Bij de uitwerking van mijn plannen blijf ik graag gebruikmaken van de deskundigheid van deze partners.

En last but not least dank ik mijn familie, vrienden en in het bijzonder mijn vader Louis en mijn kinderen Simon, Myrthe, Max en Diederick die mijn energiepeil op niveau hebben gehouden. Roos, bedankt voor de liefde en ruimte die je mij geeft om mijn dromen waar te maken. Zonder jou was dit nooit gelukt.

Ik nodig u van harte uit om samen met mij het glas te heffen op een energieke en duurzame toekomst!

Jack Doomernik



# 4 LITERATUUR

- Agentschap NL (2012), Energietransitie 2.0, Frans van der Loo, Blad Energie 5 oktober 2012.
- Bles, Mart en Blom, Martijn (2012), Slimme netten leveren geld op, CE Delft, artikel vakblad Energie, nummer 3/4 juni 2012.
- Boyle, R. (2017), How energy will play out in the future, Future of energy, Raconteur, March 2017.
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B.V. (2016) Smart Energy Europe: The technical and economic impact of one potential 100% renewable energy scenario for the European Union, Renewable and Sustainable Energy Reviews 60 (2016) 1634-1653.
- DNV-GL (2016), Technology Outlook 2025.
- ECN (2016), Nationale energieverkenning 2016, K. Schoots, M. Hekkenberg, P. Hammingh, ECN-O-16-035.
- ECN, Energie-Nederland, Netbeheer Nederland (2016), Energietrends 2016.
- EZ (2016), Energieagenda, Naar een CO -arme energievoorziening, ministerie van Economische Zaken.
- ENECO (2013), Veranderingen in ons energielandschap, Het basisboek voor duurzaamheidsambities, Kluwer.
- FME en Energy Storage NL (2016), Nationaal Actieplan Energieopslag
- FS-UNEP (2016), Global trends in renewable energy investment 2016, Frankfurt School - UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, 2016.
- HIER Opgewekt (2016), Lokale Energie Monitor 2015.
- Idle, T. (2017), Cars that run on sunlight and kites high in the sky, Future of energy, Raconteur, March 2017.
- Jackson, F. (2017), Power to the people, Future of energy, Raconteur, March 2017.
- MacKay, David J.C. (2008), Sustainable Energy – without the hot air, Cambridge University, December 2008.
- McClelland, J. (2016) Clean and green are now getting down to business, Powering the future, Raconteur, June 2016.
- Navigant Research (2015), Energy storage for renewables integration, 2015.
- PBL en ECN (2012), Referentieraming energie en emissies: actualisatie 2012. Energie en emissies in de jaren 2012, 2020 en 2030. Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), augustus 2012.
- PBL (2016), Kees Vringer en Ton Dassen, De slimme meter, uitgelezen energie(k)?, Planbureau voor de Leefomgeving, 2016
- RVO (2016), Monitoring energiebesparing gebouwde omgeving 2015, oktober 2016.
- SER (2013), Energieakkoord voor Duurzame groei, Sociaal Economische Raad.
- VN (2015), Eenentwintigste jaarlijkse klimaatconferentie COP 21, Verenigde Naties, Parijs.



# 5 CV JACK DOOMERNIK

**Jack Doomernik is sinds 1 juni 2016 lector Smart Energy bij het Expertisecentrum Duurzame Innovatie van Avans Hogeschool. Dit lectoraat maakt deel uit van het Expertisecentrum Duurzame Innovatie. Naast zijn functie als lector is hij werkzaam als Principal Consultant bij Stork Asset Management Solutions op het snijvlak van techniek, marketing en management.**

Jack Doomernik is een ervaren, analytische en resultaatgerichte manager, strategisch consultant, gekwalificeerde lead auditor en systematische onderzoeker met meer dan 30 jaar ervaring met publieke en private opdrachtgevers. Hij heeft een stevige technisch-commerciële en economische achtergrond, een goed ontwikkeld netwerk in engineering en consultancy, een duidelijke strategische visie en is gericht op samenwerking. Zijn ervaring strekt zich uit over de sectoren spoorwegen, wegen, havens, luchthavens, elektriciteitsbedrijven en de olie- en gasindustrie.

Jack Doomernik is in maart 1986 afgestudeerd aan de Technische Universiteit in Eindhoven als elektrotechnisch ingenieur met als specialisatie elektrische energiesystemen. Bij zijn eerste werkgever, de Nederlandse Spoorwegen, was hij verantwoordelijk voor de ontwikkeling van simulatiesoftware voor de tractie-energievoorziening, het ontwerpen van elektrificatieprojecten, de organisatie van metingen en veldtesten en troubleshooting activiteiten. Als consultant was hij vanaf het begin betrokken bij de introductie van 25 kV/50 Hz voor de HSL-Zuid en de Betuweroute. Van 1994 tot 2003 vervulde hij rollen in management, techniek en commercie bij het ingenieursbureau Arcadis. Daarna werkte hij voor meer dan 12 jaar bij Lloyd's Register in de divisies Transportation en Energy, als technisch manager, auditor en adviseur. In december 2008 heeft hij de Master of Marketing afgerond met als specialisatie internationale marketing voor professionele dienstverleners bij Tias Business School in Tilburg en de Santa Clara University in Californië. Medio 2017 is de afronding van zijn doctoraatsstudie in de Toegepaste Economische Wetenschappen aan de Universiteit Antwerpen gepland, met als thema: Strategies for High-Speed Rail operators in the European passenger transport market.



# 6 INTRODUCTIE KENNISKRINGLEDEN LECTORAAT SMART ENERGY







## Diederich Kroeske

Ik ben een 'maker', iemand die het leuk vindt technologieën te combineren en toe te passen. Van idee naar concreet product, van concept naar prototype. Hierin heb ik me, in mijn loopbaan voor Avans, helemaal uit kunnen leven bij onder andere Philips en ASML.

In 2004 ben ik betrokken geweest bij de opstart van de opleiding Technische Informatica in 's-Hertogenbosch. Ik werd getroffen door het enthousiasme van de studenten en zag welke meerwaarde ik zou kunnen leveren in het begeleiden van deze toekomstige engineers. De overstap naar Avans was toen snel gemaakt.

Nu, 13 jaar later, ben ik werkzaam bij de opleiding Technische Informatica in Breda. Nog steeds vind ik het een uitdaging om jonge mensen te enthousiasmeren en te motiveren voor techniek. Het lectoraat geeft mij ruimte en tijd om, samen met studenten, te experimenteren. Ik probeer daarom ook altijd lectoraatsprojecten te combineren met reguliere studentprojecten. Dit veelal in de hogere studie jaren en/of minors.

In de (technische) informatica heeft het begrip Internet of Things (IoT) het momentum. Zeer goedkope en energiezuinige computertjes worden overal ingezet en zijn met elkaar verbonden. De uitdaging voor de komende jaren zit hem in het (her-)ontdekken en combineren van technologieën die volledig geautomatiseerde toepassingen mogelijk maken. Van zelfrijdende auto's tot zelflerende energiedistributiesystemen. Kortom, er is nog genoeg te ontdekken en te ontwikkelen. Uiteraard samen met studenten en in samenwerking met het lectoraat.



## Farshad Elahigohar

Ik studeerde in 2005 af in de elektrotechniek aan de TU Delft. Zowel tijdens als na mijn studie heeft energietechniek altijd mijn interesse gehad. Elektriciteitsvoorziening is fascinerend. Een groot, complex en (in Nederland) zeer betrouwbaar systeem, waarbij alles met elkaar verbonden is.

Na mijn studie heb ik negen jaar gewerkt binnen grote spoor-, tunnel- en weginfrastructuurprojecten. In deze periode ben ik regelmatig betrokken geweest bij het begeleiden van stagiairs en afstudeerders. Zo ontdekte ik mijn affiniteit met het begeleiden van jongeren en kennisoverdracht. De reden waarom ik in 2015 de overstap heb gemaakt naar het hoger beroeps onderwijs.

Naast mijn onderwijstaken ondersteun ik voor één dag per week het lectoraat Smart Energy. Binnen het lectoraat wordt gekeken hoe je energiebesparing en inpassing van duurzame energie kunt optimaliseren door de toepassing van technische hulpmiddelen. Energiebesparing verwijst naar alle energiebesparende maatregelen om het verbruik van elektriciteit te verminderen. Binnen het lectoraat onderzoek ik hoe je het elektriciteitsverbruik in een gebouw inzichtelijk kunt maken, met als doel om besparingsmaatregelen te treffen. Op deze manier hoop ik een brug te slaan tussen het onderwijs en toegepast onderzoek.



## Redouane Eddeane

Ik heb Elektrotechniek gestudeerd aan de Technische Universiteit Eindhoven. Mijn specialiteit is vermogenselektronica, wat een belangrijke 'enabler' is van smart grids en dus energietransitie. De opkomst van zeer efficiënte vermogenselektronica samen met Internet of Things zal leiden tot een digitale energierevolutie: de manier waarop energie wordt opgewekt, gedistribueerd en verbruikt zal razendsnel veranderen.

Na mijn studie heb ik een aantal jaren gewerkt in verschillende functies bij onder andere de researchafdeling van Philips Lighting. Sinds vier jaar ben ik werkzaam als docent en curriculumcoördinator van de opleiding Elektrotechniek Breda bij Avans. Vanuit mijn ervaring in het ontwikkelen van energiezuinige voedingen en duurzame energiebronnen ben ik lid geworden van het lectoraat Smart Energy. In deze rol kan ik bijdragen aan de koppeling tussen onderwijs en onderzoek. Mijn ambitie is het om een 'proeftuin' te creëren waarin studenten, docenten en bedrijven samen aan innovaties werken die duurzaam en van maatschappelijke waarde zijn.

Bij het lectoraat Smart Energy ben ik onder andere betrokken bij het project Cellular Smart GRid Platform (CSGRiP). Het CSGriP-project onderzoekt, ontwikkelt en test een netconcept waarin deelnetten op distributieniveau grotendeels zelfvoorzienend en zelfstandig opereren in lokale, decentrale opwekking en lokale afname van energie, gebruikmakend van beperkte energieopslag en nieuwe smart grids-technologieën. Door middel van geavanceerde vermogenselektronica wordt een intelligente elektrische netwerkcel van ca. 0,5 MW (wijkniveau) ontwikkeld, getest, geanalyseerd en gevalideerd. Vraag en aanbod worden gestuurd op basis van fre-

quentiebeïnvloeding binnen toelaatbare bandbreedte in combinatie met opslag en regelbare bronnen/grote gebruikers. Daarnaast wordt een regeltechnisch systeem ontwikkeld, voor een zo efficiënt mogelijke uitwisseling van energie tussen een cel en het onderliggende netwerk.

Dit concept heeft tot doel een maximale lokale afstemming van vraag en aanbod en een maximale integratie van decentrale duurzame energie. Ook wordt onderzoek gedaan naar nieuwe tarifeer-, verreken- en businessmodellen, alsmede naar sociale aspecten (acceptatie door consumenten). Kenmerkend voor het CSGrIP-systeem is, dat het een intrinsiek stabiele netwerkcel opbouwt en in stand houdt, zonder noodzaak tot een vergaande complexe ICT-infrastructuur op gebruikersniveau. Het inbedden van toegepast onderzoek in het onderwijs is mijn hoofddoel. Het doet me genoegen om studenten uit verschillende opleidingen (zowel technische als commerciële opleidingen) te zien werken aan de energie-infrastructuur van de toekomst. Studenten die onderzoek doen naar gedragsverandering en energiebesparing werken samen met studenten die applicaties ontwikkelen om energieverbruik binnen gebouwen te monitoren. Samen bouwen ze aan een duurzame energievoorziening.



## Esther van der Ham

Ik studeerde civiele techniek aan de HTS en technische bedrijfskunde bij de Technische Universiteit Eindhoven. In die zin ben ik binnen de kenniskring een vreemde eend in de bijt. Ik heb het lectoraat ondersteund op het gebied van de koppeling tussen onderzoek en onderwijs, projectmanagement en kwaliteitsbeheersing.

Ten aanzien van de lectoraatsthema's heb ik iets bijzonders gedaan: ik heb ze verwerkt in een kinderboek 'Het dorp in het donker'. Het is een sprookje over duurzame energie. Zonne-energie, energie uit water en biomassa, het komt allemaal aan de orde, binnen de setting van een kabouterdorp.

Ik vind het een uitdaging om dit soort technische onderwerpen voor (jonge) kinderen begrijpelijk te maken, zodat zij er hun oordeel over kunnen vormen en er in de toekomst iets mee kunnen doen. Hartstikke leuk om zo drie passies van me, techniek, schrijven en illustreren, met elkaar te verbinden.



## Njord van Erck

Energie is een vanzelfsprekendheid. We vinden het niet meer dan normaal dat energie dag en nacht beschikbaar is. Dat opwekking van energie nog altijd grotendeels gebeurt met behulp van fossiele brandstoffen - en met tamelijk laag rendement - is slechts bij weinige mensen bekend. Helder is dat het gebruik van dit soort brandstoffen eens moet ophouden, vanwege het broeikas-effect. Mijn persoonlijke doel is een bijdrage leveren aan het vergroten van het bewustzijn dat energietransitie noodzakelijk is. Daarbij zal ik vooral aandacht besteden aan de werktuigbouwkundige aspecten van het opwekken en het gebruik van energie.

Door mijn opleiding als scheepswerktuigkundige aan de Hogeschool Zeeland in Vlissingen, ben ik goed bekend met het proces rondom het opwekken van energie en weet ik welke verbruikers er zijn. Aan boord van schepen komen beide aspecten terug, zowel energieopwekking als -verbruik.

Mijn werkervaring heb ik opgedaan in de aandrijf- en besturingstechniek (Bosch Rexroth) en daarna in de pompindustrie (Flowserve). Mijn kennis van technieken en complexe industriële projecten heb ik de afgelopen 5 jaar als docent overgebracht op studenten binnen de opleiding Werktuigbouwkunde bij Avans in Breda. Zowel door het geven van les als door het begeleiden van studenten binnen projecten van de opleiding. Binnen het lectoraat ga ik projecten begeleiden die de energietransitie ten goede komen. De nadruk ligt daarbij op het gebruik van warmtepompen en geothermie en het slimmer omgaan met restwarmte.



## Jobert Ludlage

Tot 2009 werkte ik bij een bedrijf dat gespecialiseerd is in de toepassing van optimaliserende regeltechnologie (MPC) binnen de (proces)industrie. Mijn taak was de ontwikkeling van de eigen technologie op dit gebied en verbreding van de toepasbaarheid hiervan binnen de industrie. Deze activiteiten werden veelal gedaan in internationale samenwerkingsprojecten met eindgebruikers en onderzoeksinstituten. Op deze wijze heb ik altijd een directe betrokkenheid gehouden met het hoger onderwijs en het onderzoek dat daar plaatsvindt.

In 2009 heb ik de overstap gemaakt naar het onderwijs. Ik ben vier dagen per week gaan werken voor Avans en één dag per week bij de TU in Eindhoven. Bij de TU/e werk ik in de groep Control Systems, faculteit Electrical Engineering, aan de toepassing van netwerk georiënteerde identificatie en moderne model gebaseerde technieken in de (proces)industrie.

Binnen Avans ben ik docent en teamcoördinator van de opleiding Elektrotechniek in Breda. Daarnaast ben ik een halve dag per week betrokken bij het lectoraat Smart Energy. Mijn interesses gaan vooral uit naar monitoring en regeling van (micro-)grids. Een andere belangrijke reden voor mij om in de kenniskring te participeren, is de rol die het lectoraat kan spelen binnen de opleiding Elektrotechniek. De opleiding Elektrotechniek in Breda heeft altijd een goed aangeschreven sectie energietechniek gehad. Vanuit het bedrijfsleven is er een grote vraag naar elektrotechnici, maar de aantrekkingskracht van dit vakgebied op jonge mensen is momenteel niet groot. Elektrotechniek heeft een wat oubollig imago en profileert



zich onvoldoende. Het lectoraat kan hier verandering in brengen. Aansprekende zichtbare projecten (zonneboot, elektrische brancard), de moderne technologie en het onderzoek dat nodig is om de energietransitie te realiseren, kunnen de interesse in en de attractiviteit van het vakgebied sterk vergroten.



## Leslie Onincx

Voordat ik in 2014 als management assistente aan de slag ging bij het Expertise-centrum Duurzame Innovatie, heb ik bij verschillende opleidingsinstituten gewerkt. Ik had dus al wel ervaring in de onderwijswereld, maar kwam nu voor het eerst in een onderzoeksomgeving terecht.

Bij EDI ben ik mede verantwoordelijk voor het gehele reilen en zeilen op de back-office. Vanuit die rol sluit ik aan bij alle kenniskringoverleggen van het lectoraat Smart Energy en ondersteun ik de leden van het lectoraat waar nodig op secretariaal, administratief en logistiek vlak.

Ik heb helemaal geen technische achtergrond, dus het bijwonen van deze overleggen is voor mij erg leerzaam. Ik hoor en zie steeds weer nieuwe dingen en vind het interessant om te zien met welke onderzoeksprojecten de kenniskringleden bezig zijn. Zij werken daar met veel passie aan en dragen deze passie ook over op de studenten waar zij mee samenwerken. Super om te zien! Voor mij daardoor heel inspirerend om in deze omgeving werkzaam te zijn en vanaf de zijlijn mee te kijken in de onderzoeksprojecten.

## COLOFON

Dit is een uitgave van Avans Hogeschool.  
Uitgegeven ter gelegenheid van de lectorale rede van Jack Doomernik

### **Coördinatie**

Leslie Onincx

### **Vormgeving**

HeldHavtig bv, Breda

### **Fotografie**

Beeldveld/Wilfried Scholtes  
Joost van den Broek

### **Druk**

De Bondt Grafimedia, Barendrecht

### **Contact**

Expertisecentrum Duurzame Innovatie  
Leslie Onincx  
duurzame-innovatie@avans.nl  
088-5257784

ISBN: 978-90-74611-64-0

©2017 Jack Doomernik / Avans Hogeschool



