

**Circulariteit**

**Op weg naar 2050?**

Luscuere, Peter

**Publication date**

2018

**Document Version**

Final published version

**Citation (APA)**

Luscuere, P. (Ed.) (2018). *Circulariteit: Op weg naar 2050?* TU Delft OPEN Publishing.  
<https://books.bk.tudelft.nl/index.php/press/catalog/book/isbn.9789463660549>

**Important note**

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).  
Please check the document version above.

**Copyright**

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

**Takedown policy**

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.  
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# CIRCULARITEIT

OP WEG NAAR 2050?

PETER LUSCUERE [ED.]





CIRCULARITEIT

OP WEG NAAR 2050?

PETER LUSCUERE [ED.]



## CIRCULARITEIT – OP WEG NAAR 2050?

Dit boek is tot stand gekomen in nauwe samenwerking tussen TU Delft en TWL - Platform voor mens en techniek, Van Dorp en Inspired Ambitions



### **Uitgever**

TU Delft Open voor TWL

### **Editor**

Peter Luscuere

### **Redactie**

Peter Luscuere, Mieke van Veen

### **Auteurs**

Steven Beckers, Monica Chao-Duivis, Henk Willem van Dorp, Bob Geldermans, Rob van Hattum, Carola Hein, Sabine Jansen, Kasper Guldager Jensen, Ulrich Knaack, Peter Luscuere, Wart Luscuere, Giancarlo Mangone, Peter Oei, David Peck, Jeroen Peppers & Ronald Franken, Anne-Marie Rakhorst, Peter Rem, Hennes de Ridder, Harry Stokman & Bart Franken, Martin Tenpierik, Liesbeth van Tongeren, Hein van Tuijl, Leendert Verhoef, Jaron Weishut, Jan-Henk Welink, Ad van Wijk & Chris Hellinga, Kees Wisse & Jaap Dijkgraaf, Miro Zeman & Olindo Isabella.

### **Grafische vormgeving**

Sirene ontwerpers, Rotterdam

### **Fotografie**

Portretfotografie: Richard Jetten (Jetten Foto), behalve op pagina 30 (LTFc), pagina 68 (Nichon Glerum), pagina 102 (Charles Aydlett), pagina 142 (Giancarlo Mangone) en pagina 238 (Kjell Postema).

De editor en redactie hebben intensief getracht alle copyrights van foto's en afbeeldingen te achterhalen. In het onvoorziene geval dat materiaal ongeautoriseerd is gebruikt wil de editor graag in contact komen met de rechthebbende. De copyrights van de wetenschappelijke afbeeldingen blijven bij de betreffende auteurs.

ISBN 978-94-6366-054-9

© 2018 TU Delft

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, re-use of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilms or in other ways, and storage in data banks. For any kind of use, permission of the copyright owner must be obtained.

# VOORWOORD

Dit boek is geschreven naar aanleiding van de ministeriële publicatie 'Rijksbreed programma Circulaire Economie'<sup>1</sup> uit september 2016, waarin de ambitieuze doelstelling wordt uitgesproken dat Nederland zich voor 2050 moet ontwikkelen naar een volledig circulaire economie.

Juist in deze periode waren wij, Peter Luscuere als trekker van het transitiepad Circular Economy binnen de Roadmap Next Economy voor de Metropool Regio Rotterdam Den Haag en Henk Willem van Dorp (DGA Van Dorp en Voorzitter TVVL) bezig met exact deze vraagstukken: hoe onze economie om te vormen van een lineaire naar een circulaire economie en dat in het tijds kader van 2016-2050. Op de vraag 'of en zo ja hoe' een dergelijke ingrijpende transitie mogelijk is, was het antwoord van Henk Willem: "Laten we er een boek over schrijven".

Een eerste hoofdstuk is geschreven, deels gebaseerd op het visiedocument 'Beyond Sustainability'<sup>2</sup>, dat als visie door TVVL gedeeld wordt<sup>3</sup>. Dit hoofdstuk is bedoeld ter inspiratie van de medeauteurs en om een aantal uitdagingen die in deze transitie besloten liggen helder te definiëren. Vervolgens werd collega's en bekenden op het gebied van duurzaamheid gevraagd een bijdrage van drie à vier pagina's te leveren binnen een periode van twee maanden, een vraag waar nagenoeg iedereen onmiddellijk 'ja' op zei. De vraag aan hen was: "Is een dergelijke transitie überhaupt mogelijk, of beschrijf waar we tegenaan lopen indien we dit pad volgen, beschreven vanuit jouw eigen perspectief/kennisdomein". Het boek waar uiteindelijk 33 auteurs aan meewerkten, geeft in 28 hoofdstukken een breed scala aan inzichten, doorkijkjes, beperkingen en opportuniteiten. Het zwaartepunt ligt op technisch gebied qua onderzoek en toepassingsgerichtheid, maar ook juridische, maatschappelijke en sociale aspecten komen aan de orde.

---

<sup>1</sup>  
<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>

<sup>2</sup>  
RuMoer #62 Sustainability, p.26-45. PG Luscuere, RJ Geldermans, MJ Tenpierik, SC Jansen [https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer\\_62-sustainability](https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer_62-sustainability)

<sup>3</sup>  
Zie themanummer 'Beyond Cities', TVVL Magazine | 01 | 2016

Aangezien het boek een reactie is op een publicatie in Nederland over Nederland is het hoofdzakelijk in het Nederlands geschreven. Desselnettemin zijn enkele buitenlandse collega's en bekenden die kennis hebben van de Nederlandse situatie in de gelegenheid gesteld om hun bijdrage in het Engels te leveren. Daarmee is het boek deels tweetalig, hetgeen voor de beoogde doelgroep geen probleem zou moeten zijn.

Diverse auteurs hebben zich strikt aan de drie à vier pagina's vraagstelling gehouden, sommigen hebben dit losser geïnterpreteerd, als vier pagina's zuivere tekst, maar daar kwamen dan foto's, figuren, voetnoten en referenties nog bij. Wij zijn daar ruimhartig mee omgegaan, met excuses aan hen die zich wel strikt aan de vraagstelling hebben gehouden, aangezien de teksten veelal zo interessant waren dat een verplichte reductie de kwaliteit zou aantasten. De bijdrage van Ad van Wijk en Chris Hellinga is wellicht het fraaiste voorbeeld, eenmaal op stoom hebben zij een uiterst actueel hoofdstuk geproduceerd van zo'n 22 pagina's. Deze is zo actueel in de discussie in Nederland rondom het thema 'van het (aard)gas af' en in internationaal verband om te komen tot een duurzame energietransitie dat de heren gevraagd hebben of hun bijdrage als separate voorpublicatie uitgegeven mocht worden. Hier zijn we gaarne in meegegaan en TWVL heeft deze en een Engelstalige versie uitgegeven, welke ook te vinden zijn op haar website<sup>4</sup>.

Dit boek is derhalve een resultaat van een nauwe samenwerking tussen TU Delft en TWVL - Platform voor mens en techniek, Van Dorp en Inspired Ambitions.

TU Delft is de grootste en oudste Technische Universiteit van Nederland met ca. 20.000 studenten en 5.000 medewerkers verdeeld over acht faculteiten en een 25 onderzoeksinstituten. Zij wordt gerekend tot een van de twintig beste technische universiteiten ter wereld. Internationaal wordt samengewerkt in onder andere het IDEA League verband met Polytechnic University of Milan, Chalmers University of Technology, ETH Zürich en RWTH Aachen University.

TWVL is een technische vereniging en een belangrijke kennispartner in de technologiesector. Leden denken na over oplossingen voor de technische uitdagingen van de toekomst. Opgericht in 1959 telt TWVL inmiddels ruim 1.000 persoonlijke en 500 bedrijfsleden. Aangesloten zijn specialisten zoals technisch adviseurs, installateurs, wetenschappelijke onderzoekers, architecten, fabrikanten, leveranciers, studenten en eigenaren en gebruikers van gebouwen.

Van Dorp is begonnen als traditioneel installatiebedrijf met tien medewerkers. Tegenwoordig is het uitgegroeid tot een technische dienstverlener met vestigingen door heel Nederland met meer dan 1.000 medewerkers. Ondanks deze groei, hanteert Van Dorp nog steeds dezelfde kernwaarden. Zo is het nog steeds een familiebedrijf en wordt veel waarde gehecht aan duurzaam ondernemen. De slogan 'met kennis en respect' maakt dan ook niet voor niets onderdeel uit van het beeldmerk.

---

<sup>4</sup>

<https://www.twvl.nl/k/n190/news/view/27439/17488/waterstof-de-sleutel-voor-de-energietransitie.html>

Inspired Ambitions is een conceptueel consultancy bureau opgericht door en gebaseerd op de levenslange ervaring van Peter Luscuere op het gebied van binnenmilieu, gebouwgebonden techniek, duurzaamheid en circulariteit van de gebouwde omgeving, met name in de stofarme industrie, gezondheidszorg en utiliteitsbouw. En dat alles vanuit posities in de industrie, onderzoek, raadgevende bureaus en geflankeerd met meer dan een kwart eeuw hoogleraarschap aan de TU Delft.

Wij bedanken Michael Braungart en Jeremy Rifkin die onze inspiratiebronnen zijn voor wat betreft uitdagingen rond duurzaamheid en energietransitie en circulariteit die in dit boek beschreven worden. Ook bedanken we de initiatiefnemers voor het document 'Rijksbreed programma Circulaire Economie', dat de directe aanleiding was voor dit boek. Tenslotte hopen wij dat dit boek u inspireert om in uw eigen omgeving inhoud te geven aan de transitie naar een circulaire economie.

Peter Luscuere  
Henk Willem van Dorp



# PREFACE

This book has been written in response to the publication 'Rijksbreed programma Circulaire Economie'<sup>5</sup> by four ministries in September 2016, in which the ambitious goal is formulated that The Netherlands must develop into a fully circular economy before 2050.

Exactly that problem: how to transform our linear economy into a circular one and that within the timeframe of 2016-2050, was the subject of discussion between Peter Luscuere as chair of the transition path Circular Economy within the Roadmap Next Economy for the 'Metropool Regio Rotterdam Den Haag' and Henk Willem van Dorp (DGA Van Dorp and chairman TVWL). In answer to the question "if and if so how" a transition that radical would be possible at all, the answer of Henk Willem was: "Let' write a book about it".

A first chapter was written, partly based on the vision document 'Beyond Sustainability'<sup>6</sup>, which is shared as a vision by TVWL <sup>7</sup>. This chapter is intended as an inspiration to co-authors and to state some of the challenges we are confronted with, given this transition. Subsequently colleagues and friends in the field of sustainability were asked to contribute three-four pages within a period of two months, a question nearly all immediately agreed to. The question asked was: "Do you think this transition is feasible at all? Or describe from your perspective/field of knowledge what we will encounter in pursuing this path". The book to which eventually 33 authors contributed spread over 28 chapters gives a wide variety of insights, perspectives, limitations and opportunities. The core is technological in terms of research and application orientation, but juridical, societal and social aspects are discussed as well.

As the book is written in response to a Dutch publication about The Netherlands it is predominantly written in Dutch. However some foreign colleagues and friends who are familiar with the Dutch situation were given the opportunity to present their contribution in English. Therewith the book is partly bilingual, which should not be a problem for the target audience.

---

<sup>5</sup>

<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/documenten/rapporten/2016/09/14/bijlage-1-nederland-circulair-in-2050>

<sup>6</sup>

RuMoer #62 Sustainability, p.26-45. PG Luscuere, RJ Geldermans, MJ Tenperik, SC Jansen [https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer\\_62-sustainability](https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer_62-sustainability)

<sup>7</sup>

See theme copy 'Beyond Cities', TVWL Magazine| 01 |2016

Various co-authors have conformed themselves strictly to the three-four page limitation, whereas some have interpreted this more loosely, e.g. four pages of pure text but excluding several pages of photos, figures, footnotes and references. We accepted these extra's quite generously, apologizing to those who have conformed themselves more strictly to what was asked for, because the texts were so interesting that a forced reduction would compromise the quality of their contribution. The chapter of Ad van Wijk and Chris Hellinga may serve as a handsome example: once ongoing, they produced a very topical contribution of 22 pages. This chapter is a timely contribution to the discussion in The Netherlands on the transition from natural gas to alternatives as well as on the renewable energy transition in international context. In fact they have asked to be able to pre-print their contribution as a separate publication for ongoing discussions. We have agreed to this favorably and TVVL has taken care of both printed versions as well as digital availability on their website of this chapter both in Dutch and English<sup>8</sup>.

This book is therefore the result of a close cooperation between TU Delft, TVVL –Platform for man and technology, Van Dorp and Inspired Ambitions.

Delft University of Technology is the largest and oldest Technical University in The Netherlands with some 20.000 students, 5.000 employees, divided over eight faculties and 25 research institutes. She is counted as one of the top twenty universities in the world. International cooperation takes amongst others place with the Polytechnic University of Milan, Chalmers University of Technology, ETH Zürich and RWTH Aachen University in the IDEA League.

TVVL is a technical association and an important knowledge partner in the technology sector. Members reflect on solutions for technical challenges of the future. Established in 1959 TVVL composes of over 1.000 members and 500 companies. Affiliated are specialists such as: technical consultants, installers, scientific researchers, architects, manufacturers, suppliers, students and owners and users of buildings.

Van Dorp started as a traditional installation firm with ten employees. Nowadays it has grown to be a technical service provider with branches throughout The Netherlands and over 1.000 employees. Despite this growth Van Dorp still cherishes their core values. It is still a family company and it values sustainable entrepreneurship. The slogan 'met kennis en respect' (with respect and knowledge) is naturally still part of the Logo.

---

<sup>8</sup>

<https://www.tvvl.nl/k/n190/news/view/27439/17488/waterstof-de-sleutel-voor-de-energietransitie.html>

Inspired Ambitions is a conceptual consultancy founded by and based on the lifelong experience of Peter Luscuere in the fields of: indoor environment, building-related technology, sustainability and circularity in the Built Environment, especially in: contamination controlled environments, health care and utility buildings. All this from positions in industry, research, consultancy companies and flanked by a quarter century professorship at Delft University of Technology.

We thank Michael Braungart and Jeremy Rifkin, being our inspirational sources for challenges on sustainability, energy transition and circularity as described in this book. We also thank the initiators of the document 'Rijksbreed programma Circulaire Economie', which was the immediate cause for writing this book. Finally we hope that this book will inspire you in your own environment to pursue the transition to a circular economy.

Peter Luscuere  
Henk Willem van Dorp





# INHOUDSOPGAVE / CONTENTS

NEDERLAND CIRCULAIR IN 2050 WAT BETEKENT DAT EN KAN HET ÜBERHAUPT?	15
<hr/>	
PETER LUSCUERE	
CIRCULAR URBAN FOOD PRODUCTION	29
<hr/>	
STEVEN BECKERS	
PRIVAATRECHTELIJK BOUWRECHT EN CIRCULAIR BOUWEN: EEN ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN	39
<hr/>	
MONICA CHAO-DUIVIS	
WERKGELEGENHEID EN BASISINKOMEN	49
<hr/>	
HENK WILLEM VAN DORP	
CIRCULAR & FLEXIBLE BUILDING: FOR WHOM? A USER PERSPECTIVE	57
<hr/>	
BOB GELDERMANS	
MEDIA, TECHNOLOGIE EN CIRCULAIR DENKEN	67
<hr/>	
ROB VAN HATTUM	
BEYOND OIL: DESIGNING THE TRANSITION	77
<hr/>	
CAROLA HEIN	
DE EXERGIEBENADERING VOOR KEUZES IN DE ENERGIETRANSITIE	87
<hr/>	
SABINE JANSEN	
A CONCRETE DILEMMA (AND SOME SOLUTIONS)	101
<hr/>	
KASPER GULDAGER JENSEN	
DESIGN FOR DECONSTRUCTION, OR WHY ALUMINIUM AND GLASS IS BETTER THAN WOOD?	115
<hr/>	
ULRICH KNAACK	

INCLUSIEVE PRODUCTIVITEIT DOELMATIG NAAR EEN VEERKRACHTIGE SAMENLEVING	<b>125</b>
<hr/>	
WART LUSCUERE	
NATURE INTEGRATED HYBRID INFRASTRUCTURE: MAXIMIZING THE POTENTIAL ROLE OF URBAN NATURE IN GENERATING CIRCULAR ECONOMY COMMUNITIES	<b>141</b>
<hr/>	
GIANCARLO MANGONE	
TOEKOMSTIGE VOEDSELPRODUCTIESYSTEMEN	<b>155</b>
<hr/>	
PETER OEI	
THE CRITICAL MATERIALS CHALLENGES	<b>169</b>
<hr/>	
DAVID PECK	
DE CIRCULAIRE CORPORATIE?	<b>181</b>
<hr/>	
JEROEN PEPERS & RONALD FRANKEN	
DE SOCIALE KANT VAN DE CIRCULAIRE ECONOMIE	<b>191</b>
<hr/>	
ANNE-MARIE RAKHORST	
TECHNOLOGIEËN VOOR CIRCULAIRE BUSINESSCASES	<b>199</b>
<hr/>	
PETER REM	
NAAR EEN CIRCULAIRE BOUWSECTOR	<b>209</b>
<hr/>	
HENNES DE RIDDER	
ELEKTRICITEIT IS FANTASTISCH	<b>219</b>
<hr/>	
HARRY STOKMAN & BART FRANKEN	
DE RELATIE TUSSEN ENERGIE EN MATERIALEN	<b>227</b>
<hr/>	
MARTIN TENPIERIK	
WERKGELEGENHEID HEEFT MIJN LEVEN ZIN ALS ER GEEN BETAALD WERK IS?	<b>237</b>
<hr/>	
LIESBETH VAN TONGEREN	
BUILDINGS AS MATERIAL BANKS	<b>251</b>
<hr/>	
HEIN VAN TUIJL	
DE CAMPUS ALS LIVING LAB VOOR DE CIRCULAIRE ECONOMIE	<b>261</b>
<hr/>	
LEENDERT VERHOEF	

THE GREEN VILLAGE PROEFLOCATIE VOOR DE DUURZAME MAATSCHAPPIJ	<b>271</b>
<hr/>	
JARON WEISHUT	
AFVALVERWERKING IN DE TOEKOMST	<b>281</b>
<hr/>	
JAN-HENK WELINK	
WATERSTOF DE SLEUTEL VOOR DE ENERGIETRANSITIE	<b>291</b>
<hr/>	
AD VAN WIJK & CHRIS HELLINGA	
DATA ALS SUCCESFACTOR VOOR CIRCULARITEIT	<b>315</b>
<hr/>	
KEES WISSE & JAAP DIJKGRAAF	
SOLAR ENERGY	<b>325</b>
<hr/>	
MIRO ZEMAN & OLINDO ISABELLA	

“Het is niet de vraag òf, maar hoe en hoe snel we een transitie naar hernieuwbaarheid en circulariteit moeten en kunnen doorvoeren.”

# NEDERLAND CIRCULAIR IN 2050

## WAT BETEKENT DAT EN KAN HET ÜBERHAUPT?

PETER LUSCUERE

### OVER PETER LUSCUERE

Peter Luscuere is hoogleraar aan de TU Delft, sectie Building Physics & Systems, gasthoogleraar aan de Tianjin University, PR China en tevens oprichter van Inspired Ambitions, een onafhankelijk adviesbureau.

Peter heeft uitgebreide ervaring met het ontwerp van binnenmilieu, zowel in de industrie, de gezondheidszorg als de utiliteitsbouw. Als directeur bij RTB van Heugten en later bij Royal Haskoning was hij adviseur/projectdirecteur bij meerdere spraakmakende projecten zoals het ING-house, Erasmus MC, Orbis te Sittard en Het *Nieuwe* Rijksmuseum. Peter is geïnspireerd door Cradle to Cradle® hetgeen heeft geleid tot de visie 'Beyond Sustainability' waarin het concept van 'positive footprints' wordt toegepast op alle natuurlijke hulpbronnen.

Binnen de Roadmap Next Economy, een project met Jeremy Rifkin voor de Metropoolregio Rotterdam Den Haag was hij trekker van het transitiepad Circular Economy.





# NEDERLAND CIRCULAIR IN 2050

## WAT BETEKENT DAT EN KAN HET ÜBERHAUPT?

PETER LUSCUERE

### RIJKSBREED PROGRAMMA CIRCULAIRE ECONOMIE

In september 2016 is in het kader van een Rijksbreed programma Circulaire Economie<sup>1</sup> een publicatie verschenen getiteld: 'Nederland circulair in 2050'. Het is een gemeenschappelijke publicatie van – destijds – het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, het Ministerie van Economische Zaken, mede namens het Ministerie van Buitenlandse Zaken en het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. De titel draagt reeds de uiterst ambitieuze doelstelling in zich die de auteurs voor ogen staat. Nederland moet zich ontwikkelen naar een circulaire economie en dat doel moet in 2050 bereikt zijn. Ik heb groot respect voor het inzicht en de moed van de betrokken medewerkers van de diverse ministeries om een dergelijk vergaand doel te formuleren. Nederland blinkt niet uit qua duurzaamheid en hier hebben we al de eerste vraag: hoe hangen duurzaamheid en circulariteit samen? Als we niet uitkijken, wordt het een linguïstische discussie in plaats van een ontwikkeling die er voor ons en ons nageslacht toe doet.

---

<sup>1</sup>  
[www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie](http://www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie)



## CIRCULARITEIT = HERNIEUWBAARHEID

Wat is een circulaire economie en hoe definiëren we circulariteit? Die vraag stond begin 2016 centraal binnen de werkgroep 'circulariteit' en later 'circulaire economie' als onderdeel van de Roadmap Next Economy (RNE), een project onder leiding van Jeremy Rifkin binnen de Metropoolregio Rotterdam Den Haag (MRDH). In de tussentijdse rapportage 'Transition Pathway Circular Economy (CE) [towards zero waste] v4'<sup>2</sup> van deze werkgroep is het begrip circulariteit simpel en eenduidig gedefinieerd als zijnde 'hernieuwbaarheid'. En dan niet alleen van technische materialen, maar van alle relevante natuurlijke hulpbronnen in de gebouwde omgeving, hoewel ook toepasbaar daarbuiten: energie, lucht, water, materialen en vruchtbare grond, de laatste als de belangrijkste hulpbron voor onze voedselproductie. Deze hulpbronnen worden hetzij verbruikt, zoals fossiele brandstoffen en veel materialen, danwel verontreinigd tot het punt dat ze niet veilig meer te gebruiken zijn zoals water en lucht, of gaan verloren, zoals vruchtbare grond en sommige biologische materialen. Om hernieuwbaarheid te definiëren hanteren wij de volgende uitgangspunten, overigens uitsluitend gebruik makend van hernieuwbare energie:

- 1 Energie moet van een hernieuwbare bron afkomstig zijn: zon, wind, golven, OTEC, biomassa, waterkracht, geothermie en getijden.
- 2 Lucht, water en vruchtbare grond dienen intrinsiek hernieuwbaar te zijn, minimaal reinigbaar tot uitgangskwaliteit.
- 3 Biologische materialen mogen slechts gebruikt worden tot het niveau dat ze weer aan kunnen groeien.
- 4 Technische materialen dienen eeuwigdurend recyclebaar te zijn.

Discussies rond circulaire economie worden veelal beperkt tot de circulariteit van materialen. Het doel is dan om materialen langer te kunnen gebruiken door (beter)onderhoud/repareerbaarheid, hergebruik, renovatie en herfabricage en uiteindelijk recycling. Op zich uiterst relevante ontwikkelingen die ervoor zorg dragen dat het uiteindelijke 'end of life'-scenario zo lang als mogelijk is, wordt uitgesteld. Deze benaderingen zijn echter, in termen van Cradle to Cradle<sup>®</sup>, een 'less bad'-benadering, zij verhogen de efficiency, maar leveren geen effectieve oplossingen, zoals volledige hernieuwbaarheid dat zou kunnen.

## CIRCULARITEIT EN ENERGIE

Dat de opwarming van de aarde door menselijk handelen, met name door de uitstoot van CO<sub>2</sub> plaatsvindt, wordt door 97% van actief in peer-reviewed tijdschriften publicerende wetenschappers onderschreven<sup>3</sup>. Een deel van deze wetenschappers is eveneens de mening toegedaan dat, om de

<sup>2</sup>

<https://mrdrh.nl/system/files/projectbestanden/werkdocument%20Circular%20Economy.pdf>

<sup>3</sup>

<https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/>

temperatuurstijging als gevolg van de klimaatverandering niet boven de 2°C te laten stijgen, er in rap tempo niet alleen een transitie naar hernieuwbare energie moet plaatsvinden, maar dat eveneens alle nieuwe en nog niet ontwikkelde fossiele brandstofreserves in de grond moeten blijven. Dat staat op zijn zachts gezegd op gespannen voet met de belangen van oliemaatschappijen, zoals de uitspraak van Ben van Beurden, CEO van Shell, in oktober 2016: "Ik pomp alles op wat ik op kan pompen...", duidelijk weergeeft.

Wereldwijd is het niet zozeer de vraag welke bron ons voldoende hernieuwbare energie kan leveren, aangezien de zon ongeveer 10.000 maal zoveel energie op aarde doet belanden dan wij momenteel gebruiken [18,5 TW<sup>4,5</sup>]. Een groot deel hiervan valt op de oceanen of wordt in de atmosfeer geabsorbeerd. Wat resteert, nog immer een goede 1.200 maal onze behoefte, is met afstand de grootste, schone en gratis bron van hernieuwbare energie. Windenergie heeft een potentie van ongeveer 5,5 maal onze behoefte, terwijl alle andere bronnen: golven, OTEC, biomassa, waterkracht, geothermie en getijden, tezamen slechts 0,5-1,4 maal onze behoefte zouden kunnen dekken.

Wereldwijd is het niet zozeer de vraag welke bron ons voldoende hernieuwbare energie kan leveren, aangezien de zon ongeveer 10.000 maal zoveel energie op aarde doet belanden dan wij momenteel gebruiken (18,5 TW).

In de beoogde transitie naar volledige circulariteit, rekening houdend met de – in het in 2013 gesloten energieakkoord – overeengekomen ambitie van 1,5% reductie per jaar, zouden we in Nederland van ons huidige totale energiegebruik van 3.141 PJ [waarvan 145 PJ hernieuwbaar] gedurende de resterende 33 jaar tot 2050 gemiddeld 53 PJ/jaar aan hernieuwbare capaciteit moeten toevoegen. Alleen al voor de elektriciteitsproductie (zo'n 13% van het totaal oftewel 413 PJ voor Nederland) betekent dit, eveneens met de 1,5% reductie per jaar rekenend, nog steeds 3 PJ/jaar erbij, oftewel zo'n 123 windmolens van 3 MW. In termen van Photo Voltaïsche opwekking betekent dat per jaar een veld van zo'n 7 km<sup>2</sup> erbij, of uiteindelijk een gebied van globaal 15\*15 km.

---

4

Perez, R. and M. Perez, (2009): A fundamental look at energy reserves for the planet. The International Energy Agency SHCP Solar Update, Volume 50, pp. 2-3, April 2009.

5

UPDATE 2015 -- A FUNDAMENTAL LOOK AT SUPPLY SIDE ENERGY RESERVES FOR THE PLANET  
Marc Perez & Richard Perez

Internationaal zien we grote zon- en windparken op gunstige locaties (Marokko, Saoedi-Arabië, Mexico) waarvan de laagste bieding op dit moment voor langetermijncontracten 1,77 \$ct/kWh is. De verwachting is dat dit zal doorzetten tot ca. 1 \$ct/kWh op geschikte zon- en/of windrijke gebieden. In de nabije toekomst zal hernieuwbare energie het goedkoopst geproduceerd kunnen worden op zon- en windrijke locaties. De vraag is dan hoe en tegen welke kosten dit te transporteren of op te slaan is in bijvoorbeeld waterstof, zie<sup>6</sup>.

#### CIRCULARITEIT EN WATER

In Nederland is schoon drinkwater heel gewoon en goedkoop voorhanden. We kunnen uit de kraan drinken, iets wat op veel plaatsen in de wereld bepaald niet het geval is. Toch heeft ook Nederland en Europa een probleem: de niveaus van hormoon- en medicijnresten zijn te hoog, terwijl het bestaande systeem van inzamelen en centraal reinigen, door de daarmee gepaard gaande verdunning, niet in staat is deze verontreinigingen te verwijderen. Ziekenhuizen zijn verantwoordelijk voor een belangrijk deel van deze verontreinigingen, die daar juist vanwege de hogere concentratie goed kunnen worden afgevangen en behandeld<sup>7</sup>.

In zijn algemeenheid kunnen kleinschaliger reinigingen een deel van de problemen voorkomen. Zelfs in moderne kantoorgebouwen komen we biologische waterzuiveringen tegen<sup>8</sup>, die in staat zijn een kleine 80% van het water te hergebruiken in een grijs circuit.

#### CIRCULARITEIT EN LUCHT

De lucht in Nederland mag vele malen schoner zijn dan die in China of India, maar toch is een groot deel van België, het Ruhrgebied en een groot deel van Nederland qua PM<sub>2.5</sub>-uitstoot het smerigste stukje Europa. In 2000 was, volgens de European Environmental Agency, het verlies aan statistische levensverwachting als gevolg van de blootstelling aan deze kleine te inhaleren deeltjes 12-36 maanden. In 2020 is dat verminderd tot 6-9 maanden, maar toch is dit deel van Europa nog immer het meest verontreinigd.

---

<sup>6</sup>

Solar Power To the People, Ad van Wijk, Els van der Roest, Jos Boere, ISBN 978-1-61499-831-0, p.60

<sup>7</sup>

Pharmafilter: <http://www.pharmafilter.nl/en/>

<sup>8</sup>

<http://openbuildings.com/buildings/covent-garden-profile-3744>

Om deze blootstelling te verminderen is het allereerst van belang om de uitstoot van transportsystemen en kolencentrales te verminderen. Daarnaast kunnen mechanische en elektrostatische filtersystemen in gebouwen een reductie aan de blootstelling leveren, evenals het gebruik van diverse vegetaties, waaronder sommige mossen die deze deeltjes goed af kunnen vangen.

De lucht in Nederland mag vele malen schoner zijn dan die in China of India, maar toch is een groot deel van België, het Ruhrgebied en een groot deel van Nederland qua  $PM_{2.5}$ -uitstoot het smerigste stukje Europa.

### **Circulariteit en Materialen**

Materialen worden in de huidige lineaire economie veelal uitgeput. Het 'take, make, waste'-concept, zo genoemd door Michael Braungart, is in de meeste, zo niet alle landen de standaard. Materialen worden gewonnen, producten worden gefabriceerd en gebruikt en tenslotte afgedaan als afval. In de USA worden veelal 'landfills' gecreëerd, in Nederland wordt veel verbrand hetgeen bijna hilarisch 'duurzame energieopwekking' wordt genoemd.

Technische materialen zijn wellicht de lastigste groep. Recycling is veelal downcycling als gevolg van kwaliteitsverlies en daarmee de onherroepelijke weg naar 'end of life'.

De waarde van materialen zal in de nabije toekomst mede bepaald worden door de schaarsheid van 'virgin materials', zodra de grenzen van de commercieel winbare voorraden in zicht komen. Producten en processen zullen moeten worden herontworpen om de beoogde eeuwigdurende recyclebaarheid, een doel waar we nog zeer ver van verwijderd zijn. Niet voor niets noemt Michael Braungart veel van de moderne materialen 'monstrous hybrids'. Deze kunnen niet of slechts tegen extreme energie-inzet in de oorspronkelijke bestanddelen worden gescheiden. De investeringen die gedaan worden om materialen beter te kunnen recyclen, zullen worden beschermd door andere businessmodellen waarin het eigendom van deze materialen behouden blijft bij diegene die ze weer nodig heeft om er nieuwe producten van te kunnen maken.

Een update van de studie door A Diederer<sup>9</sup> met de getallen van de USGS<sup>10</sup> uit 2018 laat zien dat we in de komende twintig jaar voor een achttal elementen door de commercieel winbare wereldvoorraad heen zijn, zie fig. 1, terwijl er van een viertal elementen geen gegevens meer voorhanden zijn (sinds): In (2009), Tl (2014), Hg en Cd (2015). Dat wil niet zeggen dat ze helemaal 'op' zijn, maar dat de winning of productie ervan duurder wordt en meer inzet van energie behoeft.

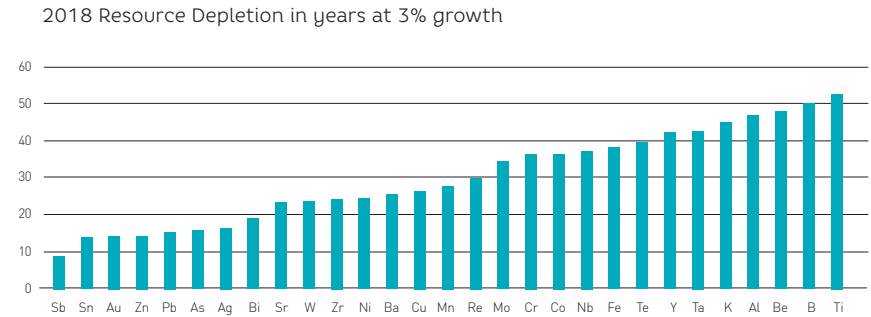


FIG. 1 Aantal resterende jaren tot uitputting van commercieel winbare voorraden mineralen (Luscuere naar USGS<sup>10</sup> en Diederer<sup>9</sup>).

Daarmee wordt de vraag interessant hoeveel materialen benodigd zijn voor de verschillende vormen van duurzame energieopwekking. Combinatie van de USGS-getallen met recepten voor materiaalbehoeften voor diverse vormen van energieopwekking<sup>11</sup>, laat zien dat voor bestaande opwekkingstechnieken meerdere wereldvoorraden onvoldoende zijn om de totale wereldenergiebehoefte te kunnen dekken. Er zullen dus naast het benutten van meerdere bronnen tevens nieuwe technologieën ontwikkeld moeten worden.

Een gebouw, of groep van gebouwen, dient  
meer hernieuwbare energie op te wekken dan  
het gebruikt, incl. de embodied energy.

<sup>9</sup> A Diederer, Global Resource Depletion, Managed Austerity and the Elements of Hope, 2010. ISBN: 978-90-5972-425-9

<sup>10</sup> Mineral Commodity Summaries 2015, US Dept. of the Interior, US Geological Survey: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2015/mcs2015.pdf>

<sup>11</sup> MF Ashby, Materials and the Environment. ISBN: 978-0-12-385971-6, p.401-410

In feite willen we een situatie bereiken die een overvloed aan duurzame energie levert en de zon is hiervoor vanwege zijn overdaad een geschikte zo niet de enige kandidaat. Om dat te bereiken, moeten we echter installaties bouwen die deze gratis energiebron kunnen ontsluiten en daarvoor hebben we grote hoeveelheden materialen nodig waarvan een aantal zo langzamerhand dreigt op te raken. Om moeilijker en duurder winbare bronnen aan te boren is er meer energie nodig, energie die nog met vervuilende fossiele bronnen moet worden opgewekt.

Biologische materialen zijn zelf hernieuwbaar, ze groeien, maar in sommige gevallen niet zo snel als de mensheid ze verbruikt, zoals bij hout mogelijk het geval is met name door de vele branden in tropische regenwouden voor de aanleg van palmolieplantages.

#### POSITIVE FOOTPRINTS

Het concept 'footprint' kent een negatieve connotatie, het is de verpersoonlijking van iets negatiefs. Een veel gebruikte footprint is die van de CO<sub>2</sub>-emissies, als maat voor de uitstoot van het belangrijkste broeikasgas door bijvoorbeeld een productieproces, organisatie of land. Men probeert deze afdruk zo klein mogelijk te maken, maar kan deze niet positief zijn? Dit concept van een 'positive footprint' is als eerste geïntroduceerd door Michael Braungart in zijn boek *Cradle to Cradle*<sup>12</sup>. Een positieve footprint kan vanuit het perspectief dat hij beschrijft in feite niet groot genoeg zijn en kan daardoor een belangrijk hulpmiddel zijn om de geschetste problemen het hoofd te bieden. En ook hier kunnen ze op alle hulpbronnen van toepassing zijn. Dat is de strekking van een visiedocument 'Beyond Sustainability', beschreven in *TVWL Magazine*<sup>13</sup> en in *RuMoer*<sup>14</sup>. De hierbij gehanteerde definities komen deels overeen met de eerder genoemde uitgangspunten aangaande circulariteit/hernieuwbaarheid.

- 1 Een gebouw, of groep van gebouwen, dient meer hernieuwbare energie op te wekken dan het gebruikt, incl. de embodied energy.
- 2 Lucht, water en vruchtbare grond dienen (lokaal) zodanig gereinigd te worden dat de uitstoot/uiteindelijke situatie schoner is dan de inname/beginsituatie.
- 3 Bij biologische materialen geldt waste = resource.
- 4 Technische materialen dienen eeuwigdurend recyclebaar te zijn.

---

<sup>12</sup>

M Braungart, W McDonough, *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*, 2002. ISBN: 0-86547-587-3

<sup>13</sup>

Thema nummer Beyond (Smart) Cities, *TVWL Magazine*, januari 2016, Nr 01, p.6-25

<sup>14</sup>

*RuMoer #62 Sustainability*, p.26-45. PG Luscuere, RJ Geldermans, MJ Tenpierik, SC Jansen [https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer\\_62-sustainability](https://issuu.com/rumoer/docs/rumoer_62-sustainability)

De met het recyclen samenhangende inzet van resources waaronder energie is afhankelijk van technologische ontwikkelingen van deze processen en wordt derhalve hier niet in verdisconteerd, maar wel in de nieuwe embodied energy die aan het gerecyclede materiaal kan worden toegerekend. Vruchtbare grond is wereldwijd een probleem, maar zowel naar aard als oplossingsrichting sterk afhankelijk van lokale omstandigheden.

Bij biologische materialen is het concept dat alle afval in feite resources zijn relevant, waardoor er geen uitval ontstaat, maar door middel van kringlopen de materialen behouden blijven. Binnen het concept van positieve footprints en 'upcycling' kunnen we bijvoorbeeld van het gedemoniseerde broeikasgas CO<sub>2</sub> en water onder toetreding van zonlicht algen produceren met een in potentie eerder vertoonde opbrengst qua volume (ton/ha) en waarde, van biobrandstof tot potentieel diertlijk en menselijk voedsel en omega-3 vetzuren. Zo wordt het 'afval' niet alleen hergebruikt, maar zelfs opgewaardeerd.

#### BEYOND SUSTAINABILITY OF: DE DUURZAAMHEID VOORBIJ

De visie 'Beyond Sustainability', of in goed Nederlands: 'De Duurzaamheid Voorbij', is een benadering die niet uitgaat van het verminderen van dat wat we niet goed doen, zoals: (fossiel) energiegebruik, CO<sub>2</sub>-emissies, water- en luchtvervuiling, maar het maximaleren van dat wat we goed (kunnen) doen, zoals: duurzame energieopwekking, upcycling van CO<sub>2</sub>-emissies, water- en luchtzuivering.

In deze visie is een voorloper van de Matrix uit Fig.2 opgenomen die het verband weergeeft tussen de hulpbronnen: energie, water, lucht, materialen en vruchtbare grond en de drie waardegebieden: ecologie, economie en equity (gerechtigheid). De belangrijkste ecologische uitdagingen van deze tijd zijn: (afname van) biodiversiteit, gezondheidseffecten en natuurlijk Climate Change. Bij economie is de schaarsheid van de hulpbronnen het belangrijkste, evenals onze economische visie op de uitdagingen: is het een 'rechttoe rechtaan' terugverdienscenario, of hebben we zicht op 'co-benefits' en bijkomende schades bijvoorbeeld als gevolg van kinderarbeid, hetgeen gelijk een bruggetje is naar equity. Het externaliseren van kosten door het onderbrengen van productie in lagelonenlanden brengt het gevaar van kinderarbeid en slechte werkomstandigheden met zich mee.

Techniek is veelal niet de limiterende factor.

		VALUES							
		ECOLOGY			ECONOMY			EQUITY	
		BIODIVERSITY	HEALTH EFFECTS	CLIMATE CHANGE	SCARCITY	COST / BENEFITS	PR METAPHOR	SOCIAL RESPONSIBILITY	FAIRNESS
RESOURCES	ENERGY	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , Acid Rain	NO <sub>x</sub> , PM <sub>2.5</sub>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Fossil fuels	Pay Back Time	'Net Positive'	Energy Positive Buildings	'Supergrid' Coal Powered Electricity
		Solar, Wind, Hydro, Geothermal, Wave & Tidal Energy and (High Productive) Biofuels (eg Algae)							
	AIR	SO <sub>2</sub>	SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , CO, PM <sub>2.5</sub> , PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	Clean Air	Life Cycle Analysis	'Every Breath We Take'	Actively Cleaning Buildings	Global burden of disease / DALY's Child Labor
		Limit fossil emissions of transport and energy systems. Apply filtration in buildings, metabolize particles by vegetation, use TiO <sub>2</sub> coatings				Total Cost of Ownership			Increasing Inequality
	WATER	Contaminated Water	Hormones & Medicines	Rising Sea Level	Fresh Water	Life Cycle Costing	'Clean'	Cleaner Discharge as Intake	Geo-Political Governance (lack of) Inclusivity
	Local Cleaning (Reed filters), use of Algae, Nutrition Regeneration								
MATERIALS	Waste*	Hazardous Emissions	Chlorofluoro-carbons	Virgin Materials	Hard & Soft Costs and Benefits	'Healthy'	Waste as Resource & Endless Recycling	'Securing' Resources Resource Depletion	
	Non-hazardous Substances, From Down- to Re- and UpCycling				Co-Benefits			'Externalised' Costs	
TOP SOIL	Loss, Degradation & Compaction**	Contamination	CH <sub>4</sub> -Emissions	Phosphate		'Fertile'	Positive Contribution to Top Soil Quality	Displacing Arable Land by BioFuels Rampant Environmental Pollution	
	Apply Green Roofs & Walls, Close Continuous Cycles, Recover Nutrients, Apply local solutions & Large Scale Eco-Rehabilitation Projects								

\* Toxic-, Carcinogenic-, Mutagenic, etc.  
 \*\* Specific for The Netherlands

FIG. 2 Natuurlijke hulpbronnen versus waardegebieden: Ecology, Economy en Equity. Environmental Challenges / Solutions / model v14.2, PG Luscuere & WM Luscuere, Mei 2017.



Een eerste versie van deze matrix is ontstaan nadat Michael Braungart en Peter Luscuere in 2009 de 'Royal Cradle' hadden ingericht binnen Royal Haskoning. Dit was een verzameling van zo'n 35 medewerkers uit nagenoeg alle toenmalige divisies, allen actief op het gebied van duurzaamheid, maar met verschillende achtergronden, waardoor er behoefte was aan een gedeelde vocabulaire op dit gebied. De matrix heeft zich sindsdien verder ontwikkeld en uitgebreid tot de huidige versie 14.2. Deze matrix heeft zijn waarde bewezen in meerdere grote bouwprojecten waarbij opdrachtgevers, architecten en adviseurs ambities en doelstellingen op het gebied van duurzaamheid, aan de hand van discussies rond deze matrix, hebben geformuleerd en geprioriteerd.

Naast de diverse uitdagingen kunnen in deze matrix eveneens veel oplossingsrichtingen aangegeven worden. Er blijken veel manieren, technologisch, organisatorisch of sociaal, om de benoemde uitdagingen te lijf te gaan. Techniek is veelal niet de limiterende factor, ook geld hoeft niet het probleem te zijn. Mits we verder kijken dan het onmiddellijk voorliggende probleem kunnen we voor- en nadelen van verschillende partijen samenbrengen en op basis van meerdere stakeholders opereren. Een serie fraaie voorbeelden hiervan is beschreven in een publicatie van Realdania<sup>15</sup>.

#### CIRCULARITEIT EN MAATSCHAPPIJ


De ontwikkelingen in de komende jaren richting 2050 hebben veel maatschappelijke gevolgen. ICT-ontwikkelingen bedreigen werkgelegenheid en niet alleen die van lager opgeleiden. Initieel zal de transitie naar duurzame energie en die naar circulariteit banen creëren, maar uiteindelijk zullen er veel arbeidsplaatsen verdwijnen. Dat vergt inzet op (om)scholing en (her)verdeling van werkgelegenheid en wellicht komt er een moment dat een basisinkomen in zicht komt. Inclusiviteit is een ander punt van zorg, deelname van iedereen is een belangrijke factor, zeker ook voor duurzame ontwikkelingen. Daar waar mensen uitgesloten raken, zoals door een financiële tweedeling is het veel moeilijker zo niet onmogelijk gemeenschappelijke doelen te verwezelijken. Bedrijven geven rekenschap; door middel van hun Maatschappelijk Verantwoord Ondernemen-rapportages tonen zij aan in hoeverre zij hier binnen hun bedrijf invulling aan geven.

ICT-ontwikkelingen bedreigen  
werkgelegenheid en niet alleen  
die van lager opgeleiden.

<sup>15</sup> The Co-Benefits of Sustainable City Projects, Damvad analytics, Realdania, City of Copenhagen

De transitie naar een maatschappij gebaseerd op hernieuwbare energie en circulariteit in de komende drie decennia is een gigantische opgave. En niet alleen vanwege de hier beschreven problemen rond energie en materialen, maar ook vanwege een andere schaarse resource: tijd. Van nu (2018) tot 2030 (50% circulair) en 2050 (100% circulair) resteren nog slechts 3.131 respectievelijk 8.352 werkdagen. Al met al een uitdaging waar we met zijn allen onze tanden in kunnen zetten. Het is niet de vraag òf, maar hoe en hoe snel we een transitie naar hernieuwbaarheid en circulariteit moeten en kunnen doorvoeren.

Dit boek is een poging te onderzoeken of een volledige transitie in 2050 haalbaar, ja zelfs überhaupt mogelijk is. En dat vanuit een variëteit aan standpunten. Hiertoe zijn een dertigtal auteurs met kennis en expertise op een groot aantal vakgebieden bereid gevonden hun visie te geven. Hetzij vanuit de vraag of het mogelijk is danwel een licht werpend op welke rol hun specifieke onderwerp zal spelen bij deze transitie.

The background features a vibrant teal color with several overlapping, semi-transparent shapes. A large, light green teardrop shape is positioned in the upper right. A darker teal circle is located in the upper center. A light teal teardrop shape is in the lower right. A dark teal circle is in the lower center. The text is white and centered in the lower half of the image.

“If buildings  
are like farms,  
cities are the  
solution.”

CIRCULAR

# URBAN FOOD PRODUCTION

STEVEN BECKERS

## ABOUT STEVEN BECKERS

Steven Beckers, 58, C2C accredited Architect & entrepreneur, pioneer in Circular Economy in architecture and urban design, advising public and private sectors, inspiring teaching and lecturing, at universities, Steven develops practical solutions combining all aspects that brings positive impact on the city. Steven is convinced that there are more benefits to our environment within the links between innovative solutions than in the solutions themselves, bringing economy of scale, avoiding redundancies. Close relationship with Michael Braungart and Douglas Mulhall led to the development of his companies Lateral Thinking Factory (supporting projects according to Circular Economy/Cradle to Cradle™ (c2c) principles with a multidisciplinary network of world experts) and BIGH (Building Integrated Greenhouses, developing and operating large Aquaponic farms within the urban context) are in the forefront of circular transition in buildings, food production and city living and implement financially viable solutions in energy, water & air quality, food, mobility, social aspects, health and well-being in general. His international cumulated (over 35 years) experience in Europe, China, Northern Africa and Ethiopia gives Steven an unconventional multifaceted approach to Circular Economy.



CIRCULAR

# URBAN FOOD PRODUCTION

STEVEN BECKERS

FUNDAMENTAL RESTORATIVE ROLE

**Urban food production can be some of the best illustrations of Circular Economy's fundamental restorative role in our cities.**

The vision inspired by Braungart & McDonough's sentence « If buildings were like trees, cities would be like forests » could be twisted to "if buildings are like farms, cities are the solution".

Buildings like trees can be summarized as capable of producing more than they consume, and thus overtake passive architecture with regenerative architecture, where buildings provide such as: healthy materials for the future (upcycling), spatial agility and plasticity or upgrading capacity, quality renewable energy, CO<sub>2</sub> capture, clean water and biological nutrients, clean air without fine particles, diversity (Bio diversity, Social and cultural), wellbeing, inclusiveness and safety for all species in a controlled microclimate.

## FROM GARDENS TO INDOOR PRODUCTION

**Urban agriculture ranges from personal (or community) gardens to sophisticated indoor production, with different purposes and scales, with or without economical sustainability.**

One can divide urban agriculture initiatives in 5 main « business » models:

- 1 Associative and community projects, based on benevolent work, with a very high sense of community building.
- 2 Subsidised social economy, economically supported by product sales and transformation- allowing inclusiveness and insertion by work and training of disabled, migrants, mentally impaired, burn-out victims and young people in difficulties.
- 3 Sponsored and marketing of large hotel, retail or corporate Headquarters for either in-house CSR or external advertising purpose.
- 4 Economically sustainable urban farming through event-based profit such as training, visits, team building, bar and restaurant.
- 5 Real Estate valuation through rent paid for unused rooftops, cellars, floors or left-over land, either through subletting small plots as serviced farming environment, or by intensive exploitation capable of paying a rent based on a lasting business plan.

Each has specific merits and most can be combined into an infinity of hybrid solutions celebrating diversity within the urban (or sub-urban) fabric and provide either seasonal, exotic or regular products, which, combined again with types of agriculture practices and products, shows the enormous potential for growth.

The aim of this paper is neither to list all possibilities nor analyse their potentials, but instead focussing on the reasons why and how urban agriculture can restore urban environment with a wider contribution to the environment as a whole.

## DISCONNECTION FROM CONSUMERS AND LOCAL NEEDS

**Agriculture has, for the past decades, been disconnected from consumers and local needs:**

With intensive productions methods, while resolving feeding task better than ever, lost quality and credibility through ever growing pressure on quantity rather than quality. In parallel, consumer demands in industrialized regions have led to standardization and immediate availability, regardless of seasons or origins with negative impact on health and transport.

Some of the first goals of producing food in cities are to reconnect with quality and healthy food through total transparency of production – produce fresh attractive fruits, vegetable, herbs and proteins in a disruptive way that challenges food production actors into circular economy logic.

In turn, to truly influence fresh food distribution and replace long distance cold chain gradually by local short distribution channels, it needs answers all year round to customer demands.

Cities increasingly concentrate the world's human population; local production, including food, has to relocate within. Cities are becoming the biodiversity refuge that increases pollinization capacity, urban environment atmosphere concentrate more CO<sub>2</sub> for photosynthesis, provide all necessary technologies, workforce, market and nutrients for agriculture to be economically sustainable.

Agriculture in turn, benefits from restoring its credibility in cities. If healthy fresh food can be produced in urban environment, surely is it possible in the countryside with more appropriate methods and restorative care for the environment. Fresh and living food produced in the city, for immediate consumption with all the healthy nutritional and pleasure benefits, might ultimately reduce the pressure on the countryside thus allowed a comeback to quality and attractive farming.

City farming, with common sense, will develop ways of selecting appropriate urban sites, land, water and energy sources to provide more than a response to a trend, a response to an increasing need for fresh food and quality urban life.

City farming, with common sense, will develop ways of selecting appropriate urban sites, land, water and energy sources to provide more than a response to a trend, a response to an increasing need for fresh food and quality urban life. By reducing transport costs (financial and environmental) and intermediaries, urban food production can benefit from accessible workforce, free energy from heat loss, locally treated water, micro-climates, and visibility. Some cultivation methods are economically sustainable in such way it can support the least viable ones. Urban agriculture is about food, textile fibers, biomass and energy, decorative flowers or medicinal products, each domain with its own regulations and standards. This is where transparency and visibility of the whole process is essential to support quality both in cities and around. Food distribution regulatory bodies have to be as careful as ever when intoxication or accidents can reduce the ongoing phenomenon of local production to an unrealized dream. The complementarity between cooperatives, farmers, large producers, distributors, unions and legislator calls for cooperation at all levels in a win-win solution.





FIG. 1 BIGH Anderlecht (Outdoor Garden + Greenhouses + Fish Farming).

#### URBAN DENSIFICATION AND QUALITY OF LIFE

Cities are the solution to global human population increase but how shall we feed 9 billion people in 2050. Urban densification calls for bringing together environmental advantages of living closer together, such as sharing space with community building and creating the networks for sharing energy, water, clean air, food and of course knowledge. Urban agriculture as developed in modern cities is a reaction to space sharing and community building needs. Urban food production has to go further in intensity and space by tapping on that very community's effluents and nutrients. The biological cycle described by Braungart & McDonough's C2C paradigm, becomes a real ecosystem where all entrants and processes are to be known by the community to be safe, or even become the community's food safety. The shorter the closed loops of production and distribution are, the more consciousness it creates of the interdependency of the community members and the more it should lead to attentive behaviour.

Urban agriculture calls for respect and becomes one of the unavoidable criteria in most urban planning and architectural competitions. The parameters and the solutions should nevertheless take C2C paradigm restorative criteria into account when establishing an urban farm project including:



- search for ill-used areas on, in or next to buildings (Heat loss, CO<sub>2</sub>, water) and functions supporting the farm (production, transformation, distribution and/or consumption of farm produce)
- only use healthy upcyclable materials
- look for visibility for the public allowing visits and participation
- ensure spatial agility and flexibility of production and compatibility with renewable energy
- space (BIPV on greenhouses or pergolas over production/growth space)
- look for water autonomy and re-use (aquaponics)
- look for farm effluents valorisation (public greenspaces, natural fertilizer, compost)
- participate to indoor and outdoor air and climate quality of support building
- restore and benefit to/from local biodiversity (beneficial insects, microorganisms)
- create employment, training capacity and inclusiveness for local population
- help developing short distribution channels
- collaborate with other initiatives
- help resolving broader issues in agriculture and fish farming

THE EXAMPLE OF BIGH (BUILDING INTEGRATED GREENHOUSES)  
AQUAPONIC FARM IN BRUSSELS

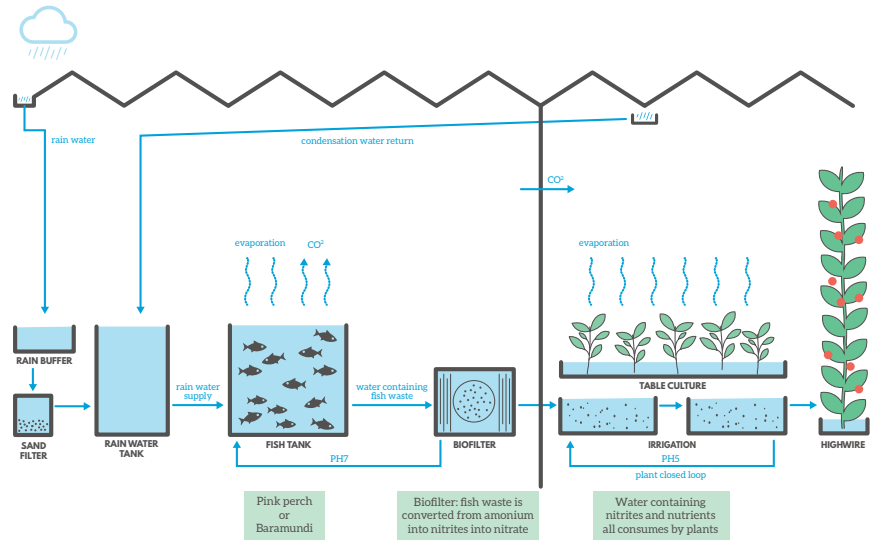


FIG. 2 Aquaponic diagram (BIGH).

The system operated by BIGH uses a one-way water flow, from the biofilter, that is ultimately used up by the plants in the hydroponic system.

Aquaponics combines fish aquaculture with plant hydroponics in one system. Fish excretions insure fertilization for plants and water is purified through plants roots microorganisms' action and goes back to the aquaculture through a controlled eco-system. It is a closed Recirculating Aquaculture Systems producing high quality food products in highly resource efficient giving the grower more independence and differentiation. By combining protein chain production with plant production, it enhances natural nutrient cycles with zero waste. The system operated by BIGH uses a one-way water flow, from the biofilter, that is ultimately used up by the plants in the hydroponic system. The advantage of this approach lies in the fact that both fish and plants can be served with completely different requirements for their water PH value and mineral composition. In the more popular case of the common "closed circle system" reintroducing the adjusted mineralized irrigation water back into the fish system forces to re-treat and modify the water, otherwise the fish will be exposed to unfavourable water quality and animal health conditions, this even if the hydroponic is pesticide, chemical and synthesis nutrient free.

From a sanitary and health perspective, it is paramount that no negative pathogen or organism is exchanged between the fish and the plant system, the only connection being the "bio filtration" unit. This bio filtration converts fish waste (ammonium) into liquid fertilizer (nitrite – nitrate) that can be buffered in the unit and distributed, upgraded and adjusted into the plant system in the preferred quality. Fish are kept in adequately stress-free dark tanks and all inputs are controlled as to guarantee the highest water quality in the system (clear water and no ammonium stench) and to ensure both animal and plant welfare. By default, no antibiotic can be introduced to the system since it would destroy the bacterial organism in the bio filter unit.

Most importantly, controlled environment aquaculture protects our environment by reducing or eliminating harmful waste disposal which is inherent a major problem for conventional fish farming.

Most importantly, controlled environment aquaculture protects our environment by reducing or eliminating harmful waste disposal which is inherent a major problem for conventional fish farming. It saves our natural resources by recycling water and extracting nutrient minerals converted into nutrients for plants to grow. Hydroponics or aeroponics growing, combined with modern high efficiency greenhouse technology, is referred to as "controlled environment agriculture." In addition, RAS closed water loop prevent from introducing non-endemic species in the natural habitat in the region where the farming takes place Cities, once more can be the solution

The background features a dark purple gradient with several overlapping geometric shapes. On the left, there are several horizontal, slightly slanted bars of varying lengths in a dark purple color. On the right, there is a large, light teal-colored shape that resembles a stylized leaf or a curved banner. The text is centered and overlaid on these shapes.

“De aanbestedings-  
regelgeving overziend,  
kan vastgesteld worden,  
dat die niet in de weg  
staat aan het mogelijk  
maken van een  
circulaire economie.”

# PRIVAATRECHTELIJK BOUWRECHT EN CIRCULAIR BOUWEN:

## EEN ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN

PROF. MR. DR. M.A.B. CHAO-DUIVIS

### OVER PROF. MR. DR. M.A.B. CHAO-DUIVIS

Prof. dr. mr. Monika Chao-Duivis is sinds 1997 directeur van het Instituut voor Bouwrecht. In 2004 werd ze hoogleraar bouwrecht bij de Faculteit Bouwkunde van de TU Delft. Zij is arbiter (de Raad van Arbitrage voor de Bouw) en raadsheer-plaatsvervanger bij het Hof Den Haag. Zij is lid van de redactie van Tijdschrift voor Bouwrecht en van de Editorial Board van The International Construction Law Review, waar zij ook voorzitter is van de Peer Review Advisory Board. Voorts is zij o.a. secretaris van de Europese Vereniging voor Bouwrecht. In 2013 werd zij gekozen tot 'Legal Woman of the Year'.





# PRIVAATRECHTELIJK BOUWRECHT EN CIRCULAIR BOUWEN:

## EEN ONDERZOEK NAAR DE MOGELIJKHEDEN

PROF. MR. DR. M.A.B. CHAO-DUIVIS

### INLEIDING

De aan mij toebedachte titel voor mijn bijdrage luidde als volgt: Milieu vs. Wet- en Regelgeving. Aan deze titel lijkt een zekere negatieve houding jegens het recht ten grondslag te liggen. Zo van: het recht zal wel weer in de weg staan aan de veranderingen die in de maatschappij noodzakelijk zijn. De concepttitel kan natuurlijk ook bedoeld zijn geweest om mij te prikkelen. Wat daarvan zij, ik heb hem gewijzigd in de enigszins saaie titel die thans boven mijn bijdrage<sup>1</sup> staat. De vlag moet de lading namelijk wel dekken, maar tegelijkertijd heb ik wel

<sup>1</sup>

Dit artikel is een bewerking van de artikelenreeks gepubliceerd in Tijdschrift voor Bouwrecht 2017/2018: Privaatrechtelijke aspecten van de circulaire economie in het bijzonder circulair bouwen. Deel I en Deel II, TBR 2017/139 en 2017/154, betroffen een inleiding op het thema, Deel III, TBR 2017/154 ging over het aanbestedingsrecht; de ten tijde van het schrijven van deze bijdrage nog te verschijnen Delen IV en V gaan over resp. het bouwcontractenrecht en de bespreking van een aantal casus (aan het laatste deel wordt meegewerkt door Floris van Haagen en Lisanne Castelein afstudeerstudenten van de TU Delft. Van Haagen studeerde af op 'Circulair aanbesteden' DNA-match: het geheim achter een spraakmakende circulaire aanbesteding (<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:5c297398-efc5-45f9-a1fe-c29c8f2d2184/datastream/OBJ/download>) en Castelein op 'Circulair contracteren in de bouwsector: Een onderzoek naar de huidige mogelijkheden voor circulariteit in bouwcontracten (te downloaden via <https://lnkd.in/ees5byA>).



gekozen voor een positieve insteek. Het recht staat namelijk in beginsel niet in de weg van noodzakelijke wijzigingen of wijzigingen als zodanig en het privaatrecht al helemaal niet. Het privaatrecht is immers o.a. het recht van het contractenrecht en dat recht kenmerkt zich door vrijheid-blijheid. Het is het gebied waar de burger de vormgeving van zijn bestaan zelf juridisch invulling mag en kan geven. De grens wordt gevormd door de openbare orde en de goede zeden. Daarbinnen staat de vrijheid voorop.

Wat leert het privaatrecht betreffende de circulaire economie, het circulaire bouwen? Wat wil men in het circulaire bouwen? Ik noem drie thema's die vaak langskomen in publicaties:

- 1 Gebouwen moeten dienen als energieleverancier en met het oog daarop is het van belang, dat er anders met de eigendom van een gebouw wordt omgegaan. Dat brengt ons naar het goederenrecht, dat onderwerp is van paragraaf 2 van deze bijdrage.
- 2 Overheden moeten het voorbeeld geven: kan dat wel met het oog op het aanbestedingsrecht? Die vraag komt aan de orde in paragraaf
- 3 Wat voor afspraken moeten gemaakt worden over de bouwstoffen, laten de algemene voorwaarden dat toe, moeten die wellicht aangepast worden? Aan beantwoording van die vraag wordt toegekomen in paragraaf 4.

In paragraaf 5 sluit ik af.

#### HET GOEDERENRECHT EN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

Het goederenrecht is het recht gewijd aan o.a. de eigendom. Eigendom is het meest omvattende recht dat een persoon op een zaak kan hebben, aldus art. 1 lid 1 van Boek 5 van het Burgerlijk Wetboek. Wie eigenaar is van een zaak is, voor zover de wet niet anders bepaalt, ook eigenaar van al haar bestanddelen, zie art. 5:3 BW. Voorts bepaalt art. 5:20 BW 1 dat de eigendom van de grond de bovengrond, de daaronder zich bevindende aardlagen, het grondwater dat door een bron, put of pomp aan de oppervlakte is gekomen, het water dat zich op de grond bevindt en niet in open gemeenschap met water op eens anders erf staat, gebouwen en werken die duurzaam met de grond zijn verenigd, hetzij rechtstreeks, hetzij door vereniging met andere gebouwen en werken, voor zover ze geen bestanddeel zijn van een anders onroerende zaak, met de grond verenigde beplantingen omvat.

De eigenaar is bevoegd anderen rechten te verlenen m.b.t. zijn eigendom. Dat kan contractueel (door bijvoorbeeld een huurovereenkomst) en dat kan goederenrechtelijk (door bijvoorbeeld het vestigen van een opstalrecht, een erfpachtrecht etc.). In het kader van de circulaire economie gaat het om die goederenrechtelijke rechten en rijst de vraag of de genoemde goederenrechtelijke regeling wel nog van deze tijd is.

Het punt met de goederenrechtelijke regeling van eigendom is het volgende. In de circulaire economie wordt het belangrijk gevonden om bouwstoffen te kunnen hergebruiken. De leverancier van de bouwstoffen (denk aan bijvoorbeeld bakstenen) wil daartoe de mogelijkheid openhouden om na levering van bouwstoffen en verwerken van bouwstoffen in een gebouw deze na verloop van tijd er weer uit te kunnen halen en te vervangen door wellicht betere bouwstoffen en de oude bouwstoffen elders in te zetten. Daartoe is economisch gesproken van belang, dat hij eigenaar blijft van die bouwstoffen. Dat beschermt hem o.a. tegen een faillissement van de eigenaar van het gebouw. Maar het BW bepaalt, dat de eigenaar van het gebouw de eigendom van de verwerkte bakstenen natrekt, zie de artikelen hierboven genoemd. Doorbreking van deze regels is gezien het karakter van het goederenrecht niet mogelijk. Dit geldt niet voor alle onderdelen van een gebouw. Zo is het bijvoorbeeld wel mogelijk om een opstalrecht te vestigen voor een liftinstallatie in een gebouw, zoals bij het ABN AMRO-paviljoen op de Amsterdamse Zuidas is gebeurd ten behoeve van liftleverancier Mitsubishi.<sup>2</sup>

Het BW bepaalt dat de eigenaar  
van het gebouw de eigendom van de  
verwerkte bakstenen natrekt.

In de wereld van het goederenrecht wordt sinds enige tijd gepleit voor het aanpassen van het goederenrecht op dit punt. Die aanpassing zal dienen plaats te vinden via een wijziging van het BW, omdat de rechtspraak van de Hoge Raad op dit punt weinig ruimte biedt en strikt vast houdt aan de regels van de bestanddeelvorming en daaraan gekoppelde natrekkingsgevolgen. Aangenomen kan worden, dat een dergelijke wijziging een kwestie van lange adem zal zijn. Maar met lege handen staat men goederenrechtelijk niet helemaal.

---

<sup>2</sup>

Onderbouwing van hetgeen hier betoogd wordt, treft men aan in het oktober 2017 nummer TBR in Deel II van mijn hiervoor genoemde artikelen reeks.

Het aanbestedingsrecht wordt beheerst door enerzijds de Aanbestedingswet en anderzijds de Europese Richtlijnen.<sup>4</sup> In de Richtlijn noch in de Aanbestedingswet komt het woord circulariteit of de term circulair bouwen voor. Wel zijn er veel verwijzingen naar duurzaamheid en milieu en zijn levenscycluskosten een weerkerend thema en een expliciet onderdeel van de gunningscriteria. Van belang zijn de opmerkingen die in de considerans zijn gemaakt en de regeling van de gunningscriteria en dan met name de levenscycluskosten.

Eerst de considerans. In nr. 41 wordt opgemerkt:

*“Geen enkele bepaling in deze richtlijn mag beletten dat maatregelen worden voorgeschreven of toegepast ter bescherming van (...) het leven of de gezondheid van mensen, dieren of planten of andere milieumaatregelen – in het bijzonder met het oog op duurzame ontwikkeling – (...)”*

Technische specificaties, aldus nr. 74 Considerans, moeten de verwezenlijking van duurzaamheidsdoelstellingen mogelijk maken. Er moet verwezen kunnen worden naar specifieke keurmerken, zoals het Europese milieukeurmerk, (pluri) nationale milieukeurmerken of andere keurmerken, zie nr. 75 Considerans. Dit is een nieuwe mogelijkheid, die voorheen niet toegestaan was.

Dat het de opstellers van de Richtlijn menens is met betrekking tot onder meer het milieu blijkt uit nrs. 39 en 101 Considerans: in beide nummers wordt overwogen, dat schending van o.a. milieuverplichtingen moet kunnen leiden tot uitsluiting vanwege gebleken onbetrouwbaarheid. Verduidelijkt moet worden, aldus wordt vervolgd, dat een ernstige fout de integriteit van de ondernemer kan aantasten en ertoe kan leiden dat hij niet meer in aanmerking komt voor het plaatsen van een overheidsopdracht, ook al beschikt hij over de technische bekwaamheid en de economische draagkracht om de opdracht uit te voeren. Het is overigens wel mogelijk, aldus art. 57 lid 3 Richtlijn 2014/24, dat bij wijze van uitzondering om redenen van algemeen belang, bijvoorbeeld de bescherming van het milieu, wordt afgeweken van de verplichte uitsluiting als bepaald in de leden 1 en 2 van art. 57 Richtlijn 2014/24.

Dan de gunningscriteria. De levenscycluskosten vormen de sleutel naar circulair bouwen, omdat van dat begrip alle aspecten van de winning van grondstoffen tot en met het hergebruik in een nieuw product onderdeel uitmaken. Het begrip levenscycluskosten, zo wordt in nr. 96 Considerans toegelicht, omvat alle kosten binnen de levenscyclus van een werk, levering of dienst:

---

<sup>3</sup>

Deze paragraaf is ontleend aan het januari 2018 nummer van TBR.

<sup>4</sup>

Ik beperk me tot Richtlijn 2014/24 betreffende het plaatsen van overheidsopdrachten.

*“Dit behelst de interne kosten, bijvoorbeeld voor benodigde research, ontwikkeling, productie, vervoer, gebruik, onderhoud en verwijdering, maar het kan ook kosten omvatten die toe te schrijven zijn aan externe milieueffecten, zoals verontreiniging veroorzaakt door de winning van de in het product verwerkte grondstoffen, door het product zelf of bij de productie ervan, mits deze in geld uitgedrukt en gecontroleerd kunnen worden.*

*De methoden die aanbestedende diensten gebruiken voor de raming van aan externe milieueffecten toe te schrijven kosten moeten vooraf op een objectieve en niet-discriminerende manier worden gekozen en voor alle betrokken partijen toegankelijk zijn. Deze methoden kunnen nationaal, regionaal of lokaal worden vastgesteld; om vervalsing van de mededinging door maatwerk te voorkomen, moeten zij echter algemeen van opzet blijven, in die zin dat zij niet specifiek voor een bepaalde openbare aanbestedingsprocedure bedoeld mogen zijn.”*

De implementatie van de Richtlijn in de Nederlandse Aanbestedingswet van de gunningscriteria treft men aan in art. 2.114. Het uitgangspunt is dat gegund wordt op basis van de economisch meest voordelige inschrijving (lid 2). En de EMVI wordt vastgesteld op basis van: de beste prijs-kwaliteitverhouding, de laagste kosten berekend op basis van kosteneffectiviteit, zoals de levenscycluskosten of de laagste prijs.

De aanbestedingsregelgeving overziend, kan vastgesteld worden, dat die niet in de weg staat aan het mogelijk maken van een circulaire economie.

De aanbestedingsregelgeving overziend, kan vastgesteld worden, dat die niet in de weg staat aan het mogelijk maken van een circulaire economie. De vraag is natuurlijk wel of de regelgeving zo wordt gebruikt dat de doelen van de circulaire economie optimaal worden gerealiseerd. Het criterium van de laagste prijs negerend hangt alles af van de keus voor de onderlinge verhouding van de subcriteria. Aanbestedende diensten hebben hier een discretionaire ruimte. Geconstateerd kan worden dat die ruimte nog niet altijd ingezet wordt ten dienste van circulaire doeleinden. Maar dat is geen kwestie van regelgeving, maar vooral nog van onbekendheid met het fenomeen circulair bouwen.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>

Ik verwijs hier graag naar het afstudeeronderzoek van Floris van Haagen.

Het privaatrechtelijk bouwrecht wordt beheerst door de verschillende sets van algemene voorwaarden. Dit is het zogenaamde autonome bouwrecht, waarmee bedoeld wordt, dat het beheerst wordt door algemene voorwaarden die door de betrokken partijen in breed overleg zijn opgesteld. De wetgever kon het daarom laten bij een summiere regeling van de overeenkomst van aanneming van werk in het burgerlijk wetboek.<sup>6</sup> Het gaat om met name de UAV 2012 [1989] en de UAV-GC 2005.

## Opdrachtgevers die circulair bouwen van belang vinden, kunnen daartoe afdwingbare eisen stellen.

Het grote verschil tussen bouwen volgens de UAV en volgens de UAV-GC is dat in het eerste model de opdrachtgever het ontwerp verzorgt en dat bij de UAV-GC 2005 de ontwerptaak geheel of gedeeltelijk aan de opdrachtnemer wordt opgedragen. Door middel van zijn betrokkenheid bij het ontwerp heeft de opdrachtgever de mogelijkheid om invloed uit te oefenen op hoe een gebouw er uit komt te zien en van welke materialen (wel of niet herbruikbaar bijvoorbeeld) gebruik gemaakt wordt. De wijze van uitvoeren van een ontwerp is in beginsel aan de aannemer, daar gaan beide sets van algemene voorwaarden van uit. Maar het is niet 'verboden' dat een opdrachtgever zich daarmee bemoeit, bijvoorbeeld met het oog op het naleven van circulaire doeleinden. Dat zich ermee bemoeien zou gedetailleerd kunnen; het kan ook zo zijn dat in de sfeer van de randvoorwaarden eisen worden gesteld. Wel is het zo dat wie bepaalt hoe er gewerkt wordt, daarvoor verantwoordelijk en aansprakelijk is, indien blijkt dat er fouten in die voorschriften zitten.

M.b.t. de bouwstoffen bevatten de UAV 2012 [1989] de meeste bepalingen. Deze hebben voor een belangrijk deel betrekking op de keuring van de bouwstoffen en zijn als zodanig voor het onderwerp van deze bijdrage niet relevant (par. 17 en 18). Relevant voor het onderhavige onderwerp zijn de paragrafen 20 en 21 waar gesproken wordt van resp. 'uit het werk komende bouwstoffen' (bestemd om nogmaals gebruikt te worden) en 'de uit het werk komende oude bouwstoffen' (blijven eigendom van de opdrachtgever). De terminologie en de betekenis van deze bepalingen is niet duidelijk. Daarbij komt dat in een circulaire wereld alle bouwstoffen bestemd zijn om hergebruikt te worden. De regeling van de bouwstoffen alsmede die van de eigendom van de bouwstoffen (par. 19) is onduidelijk en ongelukkig. Daar komt bij dat in bestekken vaak niet meegenomen wordt dat bouwstoffen allemaal van waarde in positieve zin kunnen zijn.

---

<sup>6</sup>

Asser-van den Berg 7-VI 2017 [8a].

Niet verwacht kan worden dat de UAV 2012 op korte termijn aangepast zal worden met het oog op de circulaire economie. Dat is niet erg want er kan immers van deze algemene voorwaarden afgeweken worden. Partijen kunnen dus zelf regelen wat het beste is voor circulariteit met betrekking tot bouwstoffen.

De UAV-GC 2005 regelen niets omtrent de bouwstoffen. Denkbaar is dat de opdrachtgever die circulair bouwen van belang vindt, daar wel eisen over stelt en dat hij de naleving daarvan tot onderwerp van een toets- of acceptatieprocedure maakt.

#### AFSLUITEND

In het vorenstaande is gebleken dat het privaatrecht in zijn verschillende geledingen ruimte biedt voor het juridisch vormgeven van circulaire eisen. Opdrachtgevers die circulair bouwen van belang vinden, kunnen daartoe afdwingbare eisen stellen. Opdrachtnemers kunnen ook zelf het initiatief nemen en hun productieproces circulair inrichten. Uit gesprekken die ik in het kader van mijn onderzoek over de circulaire economie voerde, bleek dat de markt het op prijs stelt indien er ruimte wordt geboden om met ideeën te komen. Ook werd het van belang gevonden om niet per se vanaf dag één voor de hoofdprijs te gaan. Zoals Lisanne Castelein in haar afstudeerscriptie zo mooi omschreef: "Er is veel laaghangend fruit en het is mooi om daar al mee te beginnen".

Er is veel laaghangend fruit en het is  
mooi om daar al mee te beginnen.

“Er zijn 422.000  
werklozen waar-  
van er 351.000  
een uitkering  
krijgen, hetgeen  
leidt tot een  
kostenpost van  
€ 13,5 miljard  
per jaar.”

WERKGELEGENHEID EN

BASISINKOMEN

HENK WILLEM VAN DORP

MBA, RENTMEESTER

OVER HENK WILLEM VAN DORP

Henk Willem van Dorp is ondernemer noemt zichzelf Rentmeester van het familiebedrijf. Startte als eerste generatie Van Dorp BV bestaande uit Van Dorp Installaties en de Orange Climate Groep (ca. 1.400 medewerkers/sters). Is thans voorzitter van de TVL; een vereniging voor mens, techniek en maatschappij. Studeerde installatietechniek in 's-Hertogenbosch en General Management in Breukelen en Philadelphia.





# WERKGELEGENHEID EN

# BASISINKOMEN

HENK WILLEM VAN DORP

MBA, RENTMEESTER

Door de grootschalige inpassing van duurzame technieken verandert er veel, zowel in de maatschappij als in het bedrijfsleven. Niet alleen in de toegepaste technieken, nee ook in de keten en met name voor wat betreft de werkgelegenheid. Veel van de bestaande werkgelegenheid zal verdampen en inmiddels weten we dat van de vijf banen die er verdwijnen er maar maximaal twee terugkomen. De vraag is hoe lossen we de structurele werkloosheid op? Mijn voorstel is, laten we maar gelijk doorpakken; we schaffen direct de werkloosheid af!

Veel van de bestaande werkgelegenheid zal verdampen en inmiddels weten we dat van de vijf banen die er verdwijnen er maar maximaal twee terugkomen.

Dit zou op het gebied van sociale ongelijkheid, criminaliteit, cohesie en zingeving veel kunnen oplossen. Ik denk dat dit doel weinig uitleg behoeft, maar tussen wens en werkelijkheid staan wetten in de weg en praktische bezwaren. Omdat dit iets is waar ondernemers zich niet direct door tegen laten houden, ben ik aan de slag gegaan met het idee en ontstond de volgende gedachtegang.

De effecten van de verduurzaming en die van de vierde industriële revolutie lopen door elkaar en versterken elkaar. De vierde industriële revolutie wordt gekenmerkt door kostenreductie als gevolg van serieuze productie en robotisering. Werd vroeger een product relatief goedkoper door het groter te maken, thans wordt het goedkoper door meer van hetzelfde te maken. Meer maken betekent tegenwoordig meer robotisering en minder mensen.

Als voorbeeld noem ik graag de auto-industrie. Stel dat we allemaal elektrisch of nog waarschijnlijker een hybride van waterstof en elektrisch gaan rijden. Dan zien we dat een elektrische auto veel eenvoudiger te produceren is, omdat hij domweg veel minder onderdelen heeft. Ook het onderhoud is veel eenvoudiger; door het 'one pedal drive' rem je elektrisch en laad je de batterij op. Met als gevolg; de remmen en banden slijten veel minder. Maar ook de hele olie-industrie die ruwe olie oppompt, transporteert en raffineert en dan weer transporteert en via benzinstations verkoopt aan de automobilist. Straks allemaal weg.

MAAR JA WAT GAAN DIE WERKNEMERS DAN DOEN?  
NOG MEER WERKLOOSHEID?

Er zijn nogal wat redenen die ervoor pleiten de werkloosheid juist af te schaffen. Niet alleen om de hierboven genoemde redenen, die specifiek betrekking hebben op de werkloze zelf en zijn omgeving, maar ook vanwege de argumenten die betrekking hebben op de maatschappij. Naarmate ik daar meer zicht op kreeg, groeide mijn enthousiasme over dit ogenschijnlijk onmogelijke plan. Er moeten wel wat radicale stappen gezet worden om iets wat scheef gegroeid is recht te zetten. Waarom? Oordeelt u zelf.

Laten we beginnen met de kostenkant. Wat kost een werkloze ons? Dan hebben we het dus niet alleen over zijn uitkering, maar ook over de kosten van het Ministerie van Sociale Zaken, de afdeling sociale zaken bij de gemeenten en de bedrijven die zorgen voor de re-integratie. Hierover circuleren er verschillende bedragen en berekeningen. Het NRC van 4 maart 2015 noemt een bedrag van € 38.411 per jaar. Er zijn 422.000 werklozen waarvan er 351.000 een uitkering krijgen (bron CBS 19 oktober 2017), hetgeen leidt tot een kostenpost van € 13,5 miljard per jaar. Een derde daarvan is uitkeringen, een derde is overhead en nog een derde bestaat uit de niet opgebrachte premies en belastingen, wat ten koste gaat van de overheid en maatschappij. Stelt u zich eens voor dat we deze kosten, die samenhangen met werkloosheid, niet meer zouden hebben.

Stelt u zich nu eens voor dat wij de helft (€ 1,2 miljoen, oftewel de echte uitkering aan zo'n 100 personen) minder zouden hoeven te betalen, en ook nog eens ca. 100 collega's erbij krijgen. Dat zou echt een feestje zijn! Niet alleen voor ons, maar ook voor de mensen die weer aan het werk kunnen.

In september 2016 woonden er in Nederland 12,8 miljoen mensen in de leeftijd van 15 tot 75 jaar. Hiervan hebben ruim 8,4 miljoen mensen betaald werk (werkenden zijn volgens het CBS personen van 15 tot 65 jaar die in Nederland wonen en betaald werk hebben van twaalf uur of meer per week). Als we de € 13,5 miljard hierdoor delen dan zijn de kosten voor werkloosheid, die door de werkenden moeten worden opgebracht, dus ca. € 1.600 per werkende per jaar. Als ik dit naar ons bedrijf met ca. 1.500 medewerkers vertaal, dan betalen wij dus maar liefst € 2,4 miljoen per jaar aan dit systeem mee. Kortom, een serieuze hoeveelheid geld, veel meer dan ik ooit verwacht had.

Stelt u zich nu eens voor dat wij de helft (€ 1,2 miljoen, oftewel de echte uitkering aan zo'n 100 personen) minder zouden hoeven te betalen, en ook nog eens ca. 100 collega's erbij krijgen. Dat zou echt een feestje zijn! Niet alleen voor ons, maar ook voor de mensen die weer aan het werk kunnen.

De hamvraag is nu: Hoe richt je het systeem zo in dat het gaat werken? Dat kunnen alleen wij, de bedrijven. Aangezien wij als bedrijven nu bovenstaand spel betalen, ligt daar mijns inziens ook de oplossing. En die is even simpel als doeltreffend: de werkloze medewerkers worden via een quotum verdeeld over alle bedrijven en instanties in Nederland. De bedrijven en instanties die deze mensen opnemen, betalen dan geen WW-premies meer. Kortom, iedereen aan het werk en de bedrijven zijn (heel) veel goedkoper uit.

De bedrijven zullen er op hun beurt alles aan moeten doen om die mensen efficiënt in te zetten. Uiteraard eerst als extra hulp of bijvoorbeeld als chauffeur of hulp in de huishouding. De receptioniste en koffiedame voeren we weer in, etc. Maar met behulp van onze lokale partners kunnen we deze mensen bijvoorbeeld ook inzetten om bij de scholen en de verzorgingshuizen in de buurt klusjes te doen. Allemaal zeer nuttig werk waar niets mis mee is. Het zal niet voor iedereen goed gaan, maar ik ben ervan overtuigd dat het voor ca. 90% wel lukt. Al vrij snel zullen deze mensen door het werkproces opgenomen worden en een concrete bijdrage gaan leveren. Bedrijven hebben namelijk een hekel aan verspilling en lossen dat op den duur gewoon op.

HOE RICHTEN WE DAT DAN WERKBAAR IN? DAAR VALT OF STAAT TENSLOTTE ALLES MEE
---

Een voorbeeld: stel er is 5% werkloosheid, dat betekent dat alle bedrijven één extra persoon op de twintig medewerkers in dienst moeten nemen. Het is echter een vrijwillig systeem zowel voor de werkzoekende als voor de werkgevers, dus daarmee zijn we er nog niet.

### Dus stel ik het volgende voor:

- 1 Constant wordt op lokaal niveau, in samenspraak met het ministerie, het aanbod bepaald en aan de bedrijven voorgehouden. Afhankelijk van de grootte van de bedrijven wordt er jaarlijks, driemaandelijks of zelfs maandelijks afgerekend en een quotum bepaald.
- 2 De medewerker die werkloos wordt, krijgt gedurende max. drie maanden de tijd plus een uitkering om zelf een andere baan te kiezen.
- 3 De medewerker kan zelf kiezen waar hij/zij wil gaan werken. Zij krijgen dan ook minimaal een minimumloon i.p.v. een uitkering en zullen er vaak op vooruitgaan, zeker de langdurig werklozen.
- 4 Het bedrijf kan uiteraard ook kiezen.
- 5 Als een medewerker niet mee wil doen dan kan dat, maar dan krijgt hij/zij ook geen uitkering; hooguit drie maanden ter overbrugging als er geen transitievergoeding betaald is.
- 6 Als een bedrijf niet mee wil doen, mag dat ook, maar dan betaalt die wel de uitkering van een werkloze medewerker plus de overhead zoals nu.
- 7 Het wordt echt interessant als het bedrijf groeit, want andere bedrijven betalen jou als je werkloze mensen uit hun quotum in dienst neemt. Zo wordt het eindelijk weer eens leuk om mensen in dienst te nemen. Maar hoe moet het nu als het bedrijf te weinig werk heeft? Immers het idee erachter is dat elk aanbod zijn eigen vraag schept. Want als bedrijven personeel hebben, dan gaan ze vanzelf wel werk bedenken en mogelijkheden creëren.

### Stel:

- Je hebt als bedrijf tijdelijk (minder dan zes maanden) niet genoeg werk; dan vraag je de OR of de rechter toestemming om de lonen tijdelijk te verlagen met max. 5 à 10%;
- Je hebt structureel te weinig werk (meer dan zes maanden); dan vraag je ontslag aan en dat wordt forfaitair verleend, maar achteraf beoordeeld. Dat kan, naast een transitievergoeding, leiden tot meebetalen aan een uitkering als je toch winst maakt;
- Je maakt verlies, dan hoef je niet of minder mee te doen. Maar dat kan alleen als je aantoonbaar geen winst maakt gesaldeerd op werkmaatschappij of op holdingniveau.
- De kansrijken op de arbeidsmarkt hebben dit vangnet niet nodig en hebben snel een andere baan. Voor anderen is dit een mooi vangnet. Ook ontstaan er nieuwe kansen. Zo kan ik mij voorstellen dat er nieuwe bemiddelingsbedrijven komen, die mensen van baan naar baan begeleiden. Een baan waarin ze beter passen of waar de markt groeit. De transitievergoeding kan hiervoor gebruikt worden, zodat de loonkosten in het begin minder zijn en groeiers gestimuleerd worden om te groeien. Maar ook om banen te herverdelen via 'jobcarving' om zo een plek te creëren. Een mooie kans voor de huidige bemiddelings- en uitzendbureaus.

Het leuke is, je hebt niet heel veel meer nodig dan de WW, de bijstand, het arbeidsbureau, de re-integratiebedrijven, de fraudebestrijding enz. Een ambitieus plan? Absoluut, maar onmogelijk is het zeker niet.

Hoe verhoudt zich dit tot een basisinkomen? Heel goed, want het garandeert voor iedereen een inkomen. Ik denk dat het beter is, omdat het mensen dwingt te participeren. Met eigen ogen heb ik gezien dat een basisinkomen zoals deze in de Verenigde Arabische Emiraten ingezet wordt, niet werkt. Mensen worden daar heel naar van en gaan nog meer achterover leunen. En met een klein beetje geld geven wij ze geen serieuze kans op participatiemogelijkheid.

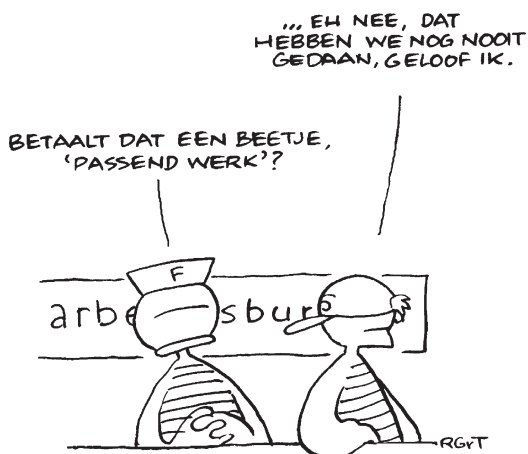
WAAROM MOETEN WE HET JUIST NU GAAN REGELEN?

De werkloosheid is nu laag, maar als we wachten tot de energietransitie samen met de vierde industriële revolutie over ons uitgeraasd is, dan is veel werkgelegenheid verdampt en zal arbeid een nog schaarser goed worden.

KORTOM, HET KAN EN DE VRAAG IS NU: GAAN WE DIT DOEN?

Wellicht dekken deze voorstellen nog niet geheel de lading, maar als u ook met betere voorstellen komt dan krijgen we dit best werkend. En dan zijn er veel mensen blij, vooral de huidige langdurige werklozen.

## FOKKE & SUKKE ZIJN MOEILIK PLAATSBAAR





“It looks like we depend on companies such as IKEA to innovate in this direction.”



# CIRCULAR & FLEXIBLE BUILDING:

## FOR WHOM? A USER PERSPECTIVE

BOB GELDERMANS

### OVER BOB GELDERMANS

Ir. Bob Geldermans coördineert het Circular City-onderzoeksprogramma bij het Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions en is onderzoeker bij de afdeling Architectural Engineering + Technology van de TU Delft. In die hoedanigheid is hij nauw betrokken bij de ontwikkeling van de Circular Built Environment (CBE) groep, die disciplines bindt ten behoeve van kennisdeling en opschaling van circulaire architectuur en stedenbouw. Bob heeft een achtergrond als ontwerper en industrieel ecooloog. Hij richt zich sinds 2007 op de kansen en uitdagingen van circulair bouwen, gedreven door de complexe relaties tussen technologische en sociaal-maatschappelijke aspecten: reden te meer om bij te dragen aan deze publicatie.





# CIRCULAR & FLEXIBLE BUILDING:

## FOR WHOM? A USER PERSPECTIVE

BOB GELDERMANS

### CHANGE

Circular building is rooted in the concepts of Circular Economy (CE) and Cradle-to-Cradle (C2C), accentuating the closing and coupling of material loops in order to establish effective and efficient resource flows. Moreover, CE and C2C adhere to a systemic, holistic worldview, incorporating other flows and values. The Netherlands is one of the frontrunners when it comes to testing the grounds for circular building practices, leading to multiple state-of-the-art examples, such as the Town hall in Brummen (Architect: RAU, completed 2013), Patch22 in Amsterdam (Architect: Frantzen, completed 2014), the Venlo Cityhall (Architect: Kraaijvanger, completed 2016), De Ceugel (Architects: Space and Matter and DELVA, started 2012), and Circl (Architect: ArchitectenCIE, completed 2017). An important aspect that these projects have in common is the distinction they make between structural and non-structural parts. This enables these different projects to accommodate circular material and product flows, whilst complying with the basic principles of flexible building.



FIG. 1 Glenside Grange dolls house: a stage for changing infill configurations [© Streets Ahead].

Flexible building accommodates changing spatial configurations in anticipation of changing occupant behaviour, adding different functions and users to the equation – not necessarily predictable ones. As such, a clear connection can be detected between flexible building (FB) principles and circular building (CB) principles<sup>1</sup>. Additionally, structural and non-structural parts may represent different decision domains, for example: an investor regarding the structural base-building versus a user regarding the non-structural infill. Until now, the user perspective has been largely overlooked in the CB discourse, which presents a true obstacle for scaling up the CB practice in any meaningful and sustainable way. The identification, application and evaluation of key performance indicators to measure the user-benefits of CB are essential next steps in its development. This requires a critical reflection on the question: for whom do we design, plan and build?

Until now, the user perspective has been largely overlooked in the CB discourse, which presents a true obstacle for scaling up the CB practice in any meaningful and sustainable way.

<sup>1</sup>

Definitions for flexible building and circular building adhered to:

- **Flexible building** is a building (noun) or building activity (verb) designed to allow easy rearrangement of the internal fit-out, whilst accommodating the potentially changing needs of occupants.
- **Circular building** (verb) is the dynamic total of associated processes, materials and stakeholders that accommodate circular flows of building materials and products at optimal rates and utilities. A circular building (noun) is the manifestation of this in a temporary configuration.



When articulating the importance of buildings in general, and our homes in particular, one could take multiple approaches. From an objective and technical viewpoint: homes provide us with shelter and protect us from the external environment. A more subjective and complex viewpoint might include a description of the extent to which we feel 'at ease' in our home. This touches upon the experience of safety, comfort, and joy, or any other emotion strived for. A more philosophical approach could lead to the description that "we depend on our surroundings obliquely to embody the moods and ideas we respect and then to remind us of them" [De Botton, 2006]. The surroundings De Botton refers to blend from the private realm into the public, collective space, where the interaction with and influence of others increases with the level of scale. This organisation of built fabric – from the smallest unit, say a room, to the scale of a city or region – could be seen as an organism, accommodating its inhabitants and their activities to the greatest collective benefit. Historically, changes in the built form occurred incrementally, at all levels, through acts of expansion, upgrading, renewal and repurposing, with no fixed final form [Habraken et al., 2014].

the large majority of multi-family housing  
is designed with one – type of –  
occupant/occupancy in mind.

However, this 'gradual refinement', as Habraken calls it, was disrupted in the 19<sup>th</sup> century, through a rapid reorganization of urban areas, instigated by the industrial revolution and its accelerating effect on functional, social and technological change. Consequently, urban development and architecture shifted from relative self-organization to more top-down planning, losing some vital building blocks for successful cities along the way [e.g. Porta & Romice, Sanoff, 2011, Habraken, 2001]. The importance of individual identities, within the potentially overwhelming collectiveness of a city, becomes most tangible inside people's homes. This is where diversity thrives. Nonetheless, developers, authorities, designers and builders have experienced difficulties in internalizing that notion of diversity. This is specifically the case in multi-family housing. Observing the trends and history of building practices in the Netherlands, and following the associated literature at least two conclusions can be drawn with regard to the extent to which Dutch multi-family housing accommodates change: 1. Requirements of housing quality differ per person or target group as well as per time-period; the existing stock will always ask for adaptations, and 2. Housing inflexibility is still the norm; the large majority of multi-family housing is designed with one – type of – occupant/occupancy in mind.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup>

Amongst many others: Habraken, 1961, Van der Werf, 1993, Straub & Vijverberg, 2004, Boelhouwer et al. 2014, Geldermans & Rosen-Jacobson, 2015, Tummers, 2017.

The absence of attention – both in science and practice – for the way occupants use buildings over time will either slow-down the desired circular building progress (“100% circular building in 2050”, Transitie-agenda Bouw, 2018) or lead to significant – delayed – quality costs, simply because an urge to accelerate is not backed by a sound systemic assessment of the consequences. If end-users of buildings are insufficiently engaged with the physical and functional development of their direct living environment, these environments are prone to lose the contact with, and soul of, their occupants, and subsequently fail to resonate their identities as well as a sense of community coherence. Here, I refer back to the aforementioned insights of De Botton, Sanoff and Habraken. But this also connects with more practical efforts from researchers and housing associations to understand basic housing behaviour and improve the fulfilment of people. For example, Dogge and Smeets [2004] looked into the relationship between tenants’ satisfaction and commitment with regard to the Dutch housing market.

Moreover, post-occupancy evaluation (POE) has gained recognition as an important tool in academic and applied settings, addressing the recurrent gap between design and actual performance of buildings.

Moreover, post-occupancy evaluation (POE) has gained recognition as an important tool in academic and applied settings, addressing the recurrent gap between design and actual performance of buildings [Whyte & Gann, 2001; Preiser & Vischer, 2005; Hay et al., 2016]. However, Hay et al. state that there is little evidence that this body of research has transferred to the practice environment to close learning loops or ensure that future projects are informed by a joined-up evidence base rather than the isolated experience of individual professionals [Hay et al., 2016]. In other words, POE still very much represents a theoretical rather than a practical domain. Moreover, as POE is not yet widely embraced in design and construction practices, it is also still rather limited in its scope, placing its emphasis on quantitative energy performance and “narrow” surveys of satisfaction [ibid].

More fundamental questions about the sustainability of the built environment are rarely addressed, for example: dealing with user behaviour, lay-out adaptations and resilience for future use. There are promising developments in this direction, however. One important reference is the WELL standard. WELL seeks to implement, validate and measure features that support and advance human health and wellness in an integrated way [WELL, 2014].

## INTERIOR LAY-OUT: WHO IS IN, WHO IS OUT?

Among the most important changes made to the interior lay-out are the removal and/or adding of non-bearing walls, in order to create more or fewer rooms, limit under-used excessive space, alter space-plans or the contact between spaces, etc. The reasons behind such alterations may range from long-lasting drivers, such as increase or decrease in family size, new accessibility requirements and building regulations, to quicker passing ones, such as lifestyle changes and trends.

While designers of interior layouts usually do consider how people experience interactions within the space, it is clear that such experiences are subjective and inconstant. Internalizing that phenomenon is as difficult as it is rare in everyday building practices. The main sector that anticipates the way space-plans are perceived and constantly modified is the interior design and furniture industry. Besides a few exceptions, the building sector has not yet shown substantial interest to join forces with that industry. It looks like we depend on companies such as IKEA to innovate in this direction. Until then, the average space-plan of multi-family housing will be based on general standards, without knowing the exact specifications of how the building is going to be used.

It looks like we depend on companies such  
as IKEA to innovate in this direction.

Moreover, it will not take into account changes in functions and use over time. In particular those groups in society that do not have the privilege to act as commissioner or co-developer of their own homes are disadvantaged here. From the viewpoint of sustainability, this is problematic, as it disregards users' unique sense of engagement with their environment. Moreover, it hinders a smooth transfer to a different use of the space due to unforeseen changes. In other words, the *accommodative capacity* of the dwelling in question is low. This inevitably leads to undervaluation – and destruction – of capital, both in a social and material sense.

LAYER	CATEGORY	Part	Bio-cascades	Bio-feedstock	Maintenance	Redistribution	Remanufacturing	Recycling
SPACE-PLAN	PARTITIONING WALLS		Component					
			Product					
			Material					

FIG. 2 Example matrix linking partitioning elements to regeneration routes.

An occupant's – desired – alteration of the interior space-plan change is a good starting point to explore the synergistic potential of circular and flexible building. If non-structural components can be changed to fit the new requirements, it may also become easier to anticipate optimal regeneration routes for the left-over products and materials. The matrix of Figure 2 displays differentiated regeneration routes for components, products and materials in a CE model, specifically with regard to partition walls. This matrix – based on Brand [1994] and the Ellen MacArthur Foundation [2012], as adapted by Geldermans and Rosen-Jacobson [2015] – focuses on building design specifications, whilst pinpointing regeneration routes tailored for a circular economy. This example distinguishes four technical cycles (maintenance, redistribution, remanufacturing, recycling) and two biological cycles (bio-cascades, bio-feedstock).

#### USER-BENEFITS OF CIRC-FLEX

If circular and flexible building concepts (Circ-Flex) can provide benefits for the user, as suggested above, then what are the criteria to assess and monitor the benefits? Those criteria will have a relation with the *flexibility capacity* on the one hand and the *renewability capacity* on the other, completed by a strong emphasis on the *mental and behavioural response* that precedes or follows user activities [Kardes et al. 2011]. Flexibility can be assessed – and measured – by the extent to which the partition wall, or a part of it, can easily be disassembled, reassembled, repurposed or disposed of. Renewability, on the other hand, is specifically linked to the extent to which walls and wall elements can easily and purely follow high-grade reuse cycles.

Finally, the user response can comprise multiple drivers. Willingness to invest (in time and money) and perceived freedom of choice are examples of decisive forces regarding whether a purchase will be in favour of or at the expense of Circ-Flex. This means aspects may come to the forefront that overrule solutions chosen by designers and engineers, simply because the user response always has an element of subjectivity. Illustrative in this respect are two leading principles that were discovered in the 1970s by Van der Werf and Gotink, with regard to the Molenvliet project: 1. the unique life experience of each of the users has to be valued, necessitating an unprejudiced design flow, and 2. hobbies of the users are as important as basic activities [Gotink, 1978].<sup>3</sup>

<sup>3</sup>

Molenvliet (the Netherlands, 1977), by architect Frans van der Werf, is a social housing project of 123 units. This project won a competition on the combined merits of its open urban design, architecture and participatory decision-making process.

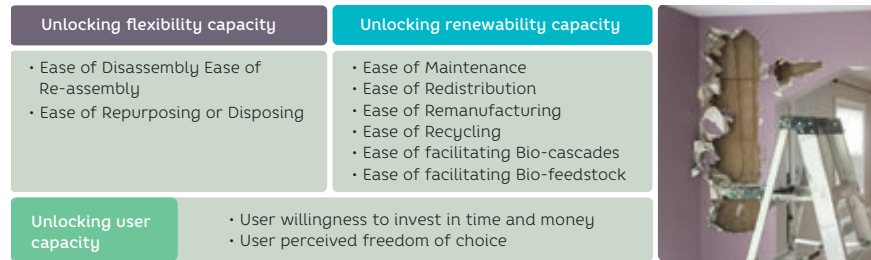


FIG. 3 Circ-Flex criteria concerning residential partitioning walls [Geldermans and Tenpierik, 2018].

In times when the Dutch energy transition finally seems to accelerate, not least influenced by political factors relating to gas-extraction induced earthquakes in Groningen, for example, one could fear that notions of circularity, flexibility, and user-benefits become overlooked. If the circular ambitions of the Dutch government are to be taken seriously, this is of primary concern.

## References

- De Botton, A., *The Architecture of Happiness*, 2006
- Habraken, N.J., Mignucchi, A., Teicher, J. *Conversations with form: a workbook for students of architecture*, Routledge, 2014
- Porta, S., Romice, O., *Plot-based urbanism, towards Time-consciousness in placemaking*, 2010
- Sanoff, H., *Multiple views of participatory design*, *Focus*, Volume 8, Issue 1, 2011
- Habraken, J., *The Structure of the Ordinary, Form and Control in the Built Environment*, J. Teichler (ed.), MIT Press, 2001
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu & Ministerie van Economische Zaken, *Transitieagenda Bouw 2018-2021, Nederland Circulair in 2050*, 2018
- Habraken, J., *De dragers en de mensen – Het einde van de massawoningbouw*, Amsterdam, 1961
- Werf, F. van der, *Open Ontwerpen*, Uitgeverij 010, 1993
- Straub, A., Vijverberg, G., *New strategies for housing quality improvement by Dutch landlords*, 2004
- Boelhouwer, P., Elsinga, M., Gruis, V., Priemus, H., Schaar, J. van der, Thomsen, A., *Wonen 6.0, Over de toekomst van de sociale huisvesting in Nederland*, TU Delft, 2014
- Geldermans, B., Rosen-Jacobson, L., *Circular Product & Material Flows in Buildings*, TU Delft, 2015
- Tummers, L., *Learning from co-housing initiatives*, TU Delft, 2017
- Geldermans, B. and Tenpierik, M. *Circular Material & Product Flows in Buildings: Impact for Users in Multi-Family Residential Buildings*, Delft University of Technology, submitted to *Journal of Housing and the Built Environment* May 2018
- Dogge, P., and Smeets, J., *In Search of Customer Loyalty – A Research into the Relationship between Tenants' Satisfaction and Commitment*, Special Issue 18th IAPS-Conference, 2004
- Whyte, J., Gann, D.M., *Closing the loop between design and use: post-occupancy evaluation*, *Journal of BRI*, Volume 29, Issue 6, Taylor & Francis, 2001
- Preiser, W.F.E, Vischer, J., *Assessing Building Performance*, Elsevier, 2005
- Hay, R., S. Bradbury, D. Dixon, K. Martindale, F. Samuel, A.Tait (2016), *Pathways to POE, Value of Architects*, University of Reading, RIBA, 2016 Reading, RIBA
- Ellen MacArthur Foundation, *Towards the Circular Economy – Economic and business rationale for an accelerated transition*, EMF, 2012
- Brand, S., *How Buildings Learn*, New York, Viking, 1994
- International WELL Building Institute, *The WELL Building Standard Version 1.0*, 2014
- Gotink, A.K., *Evaluatie onderzoek eksperimentele woningbouw project Molenvliet Papendrecht*, Utrecht 1978
- Kardes, F., Cronley, M. and Cline, T., *Consumer Behavior*, Mason, OH, South-Western Cengage, 2011





“Zelfs vooraanstaande wetenschappers en technologen zijn bang dat onze technologie onszelf overstijgt en een eigen leven gaat leiden.”



# MEDIA, TECHNOLOGIE EN CIRCULAIR DENKEN

ROB VAN HATTUM

## OVER ROB VAN HATTUM

Rob van Hattum (1955) werkt als programmamaker en eindredacteur voor de VPRO. Hij maakt al meer dan 35 jaar wetenschappelijke programma's zoals Noorderlicht, Labyrint, Tegenlicht en The Mind of the Universe. Veel van zijn documentaires hebben internationale prijzen ontvangen. Daarnaast was hij ook presentator van de Nationale Wetenschaps Quiz. In 2013 ontving hij de Eureka Award van de KNAW en NWO voor zijn complete oeuvre. Rob van Hattum is tevens als Chief Science Officer inhoudelijk verantwoordelijk voor Science Museum NEMO. Vorig jaar werd het museum door meer dan 665.000 mensen bezocht, waardoor NEMO het vijfde meest bezochte museum van Nederland is.



MEDIA, TECHNOLOGIE EN

CIRCULAIR DENKEN

ROB VAN HATTUM

**Technologie** - Grieks: **τεχνολογία** (technologia) < **τέχνη**: 'vakmanschap' + **λογία**: <theorie, systematische kennis> > is een systeem, dat zich, ter verwezenlijking van een bepaald doel, en op basis van toegepaste technische kennis, concreet uit in fysieke objecten en organisatievormen.<sup>1</sup>

**Medium** (mv Media) - Latijn: *medium* 'het midden, wat algemeen is'. Tussenstof – *substantie ... die dienende is om aen een te houden, oft om te dissolveren* (Piemontois 1561). De Zweedse filosoof en mysticus Emanuel Swedenborg (1688-1772) gebruikte het woord voor het eerst voor iemand die boodschappen van overledenen overbrengt. Het gebruik van het meervoud *media* in de betekenis 'communicatiemiddelen' is overgenomen uit het Engels, waar deze betekenis in 1886 verschijnt; in de Amerikaanse reclamewereld werd later de term '*mass media*' bedacht.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>  
<https://nl.wikipedia.org/wiki/Technologie>

<sup>2</sup>  
<http://www.etymologiebank.nl/trefwoord/media>

## HOMO TECHNOLOGICUS

We hebben geen scherpe klauwen en we kunnen niet hard rennen, we hebben geen dikke huid, en rechtop staan leidt tot rugklachten. Toch heeft, de schijnbaar zwakke diersoort, Homo Sapiens de wereld veroverd. We zijn een diersoort met een technologisch brein. Zonder dat technologische brein zouden we reddeloos verloren zijn.

Ooit begonnen we met het maken van vuur en hakten we bijlen uit steen. Nu laten we satellieten om de aarde draaien, ontwerpen we gebouwen die tot in de hemel reiken. We bouwen machines die ons met hoge snelheid over de planeet laten razen en we ontwerpen systemen waarmee we elkaar op elk gewenst moment kunnen bereiken, waarmee we precies weten waar we zelf zijn en waar de ander is. We verbinden elkaar met een netwerk waarin iedereen kennis met elkaar kan delen.

Maar we ontwerpen niet alleen materiële zaken, we bedachten ook een taal waarmee we de wereld om ons heen beschrijven, vormgeven en die ons helpt de kosmos te doorgronden, de taal van de wiskunde en de wetenschap.

Die taal gebruiken we om de natuurkrachten te bestuderen en te beheersen, zodat we deze krachten aan het werk kunnen zetten. We ontwierpen manieren om energie om te zetten in arbeid, zodat we geen zwaar werk meer hoeven te doen, zodat we onze gebouwen kunnen verwarmen, we schoon water hebben en we al het comfort kunnen realiseren dat ons omringt.

We maken computers die complexe problemen kunnen oplossen en robots die ons kunnen helpen. We leven in een land dat voor een belangrijk deel onder de zeespiegel ligt en onder water zou staan als we geen dijken en pompstations hadden gebouwd. We leven langer en gezonder dan ooit tevoren, dankzij voedsel- en medische technologie.

We leven langer en gezonder dan ooit tevoren,  
dankzij voedsel- en medische technologie.

Kijk om je heen, alles om ons heen is technologie geworden. Wij zijn Homo Technologicus en wij hebben een nieuwe wereld geschapen. We hebben een nieuw tijdperk geopend, het antropoceen, met technologie die wij zelf gemaakt hebben, noodzakelijk voor onze overleving. Wij kunnen niet zonder technologie en de technologie kan niet zonder ons.

Het woord technologie is nog niet zo oud. De industriële revolutie die eind 18<sup>de</sup> eeuw begon, introduceerde de machine in de samenleving. Mechanische systemen werden ingevoerd ten behoeve van de productie van voedsel en goederen. In 1777 gaf de Duitse econoom Johann Beckmann dat een naam. De Grieken kende het al als woord (τεχνολογια) om vakbekwame kennis aan te duiden. Beckmann beargumenteerde in zijn boek: *Anleitung zur Technologie*,



dat de architectuur, de techniek van de chemie, het bewerken van metaal, het vervaardigen van goederen etc. met elkaar verweven waren. Hij herintroduceerde het oude Griekse woord om dat verband te duiden: *Technologie*. Opeens had het samenspel van al onze technische vaardigheden en de producten die dat opleverde een naam.

## MEDIA

Het woord medium heeft een interessante oorsprong. Het is Latijn voor 'midden', maar het wordt ook gebruikt in de betekenis van 'tussenstof', zeg maar een substantie of middel waarin of waarmee zaken overgedragen kunnen worden. In esoterische zin is het de intermediair tussen de doden en de levenden. Maar het is tevens een bron van voedsel voor de groei van micro-organismen.

Zelfs vooraanstaande wetenschappers en technologen zijn bang dat onze technologie onszelf overstijgt en een eigen leven gaat leiden.

Naast het feit dat we een technologisch brein hebben is er een tweede facet dat van uitiem belang is geweest voor de groei van de soort Homo Sapiens (de wijze mens). Wij hebben media gemaakt waarmee we kennis kunnen overdragen op onze soortgenoten. Taal, schrift, symbolen en beeld zijn de media waarmee we onze opgedane kennis en ervaring extern kunnen maken, zodat we dat kunnen overdragen op de andere leden van onze soort. Via die media kon onze kennis groeien. In eerste instantie waren de media lokaal en individueel in de vorm van het vertellen van verhalen, krassen in steen, tekeningen op een rotswand en geschreven documenten. Maar met de introductie van de boekdrukkunst en een paar eeuwen later radio, televisie en internet kreeg onze kennis de mogelijkheid om zich extreem snel over de wereld en daarmee over alle individuen van de soort Homo Sapiens te verspreiden. De wetenschap en de technologie kunnen zich, in hun innige omstrengeling, nu met grote snelheid en kracht ontwikkelen.

De nieuwe media bieden ongekende kansen, maar brengen volgens sommigen ook grote gevaren met zich mee. Zelfs vooraanstaande wetenschappers en technologen zijn bang dat onze technologie onszelf overstijgt en een eigen leven gaat leiden. Nu hebben snelle ontwikkelingen in de geschiedenis wel vaker angst ingeboezemd, maar we moeten ons absoluut bewust zijn van de kracht van het netwerk dat we met onze technische producten en wetenschappelijke kennis gecreëerd hebben.

Johann Beckmann gaf ooit de aanzet tot het denken over dat netwerk door het de naam technologie te geven. De techno-analist Kevin Kelly gaat nog een stap verder. Hij ziet het als een autonoom systeem, bijna een organisme. Hij noemt dat het Technium:

*'The technium is that largest network of all the technologies working together to support each other, and while this pen is definitely not alive, there is a sense in which the technium as a whole exhibits life-like behaviors in the same way that your neuron doesn't really think, but the network of neurons in your brain can make an idea'.<sup>3</sup>*

Als je er vanuit gaat dat wij een onderdeel zijn van de evolutie dan mag je zeggen dat ons technologische brein dat ook is. Ons vermogen om kennis via media over te dragen is een deel van de natuur. Wellicht is zelfs alles wat wij bedacht hebben onderdeel van een zelfstandig autonoom evolutionair proces en zijn we zelf een medium van de natuur, het medium waarin zich een nieuw evolutionair proces ontwikkelt. We zijn een deel van het systeem aarde, een systeem dat steeds nieuwe werelden opent.

## EVOLUTIE

Evolutie wordt door veel mensen geassocieerd met Natuur. De diversiteit aan organismen om ons heen is door een spontaan proces van vermenigvuldiging, mutatie en natuurlijke selectie ontstaan. Onze technologische ontwikkeling doorloopt eigenlijk een soortgelijk proces. De objecten om ons heen vermenigvuldigen zich via ons. Wij selecteren en beoordelen de veranderingen en bepalen zo het succes van een object of van een hele klasse van objecten. Afhankelijk van onze smaak, de cultuur, de noodzaak, het gemak en de commercie, ontwikkelt zich een technologisch ecosysteem waarin mens en technologie onlosmakelijk met elkaar verbonden zijn. Je kunt spreken van een symbiotische verhouding tussen mens en technologie en uit die relatie ontwikkelt zich een nieuwe realiteit, een nieuwe cultuur en wellicht zelfs een nieuw organisme of misschien beter gezegd een organiserend systeem.

De natuur heeft een geosfeer, een atmosfeer en een biosfeer voortgebracht, wellicht heeft het via ons nu ook een infosfeer voortgebracht, een wereldomspannend systeem waarmee we extreem snel kennis kunnen delen, actie kunnen ondernemen, vernieuwingen kunnen doorvoeren.

Al onze technologie is met elkaar verbonden, nieuwe technologie lokt nieuwe mogelijkheden en ideeën uit die weer nieuwe technologie voortbrengen. De uitvindingen van de landbouw, het schrift, de stadstaat, voertuigen, vliegtuigen, computers en netwerken. Het is technologie, maar het is ook evolutie en daarmee zijn wij, onze technologie en het Technium dat daaruit ontstaat een deel van de natuur. Daar hoeven we ons niet tegen te verzetten.

---

<sup>3</sup>

[https://edge.org/conversation/kevin\\_kelly-the-technium](https://edge.org/conversation/kevin_kelly-the-technium)

Er zit echter wel een schaduwzijde aan de technologische ontwikkeling wanneer het zich niet binnen een ecosysteem ontwikkelt. De groei van een organisme wordt uiteindelijk beperkt door de aanwezigheid van voedsel en de productie van afvalstoffen. De balans in een ecosysteem ontstaat alleen als de input en output via feedbackloops op elkaar afgestemd zijn. Dat is het circulaire element van de natuur. Dat hoeft geen stilstand in te houden. Integendeel, nieuwe systemen scheppen nieuwe mogelijkheden, maar die zullen dan wel aan moeten sluiten bij of iets toe moeten voegen aan het bestaande ecosysteem. Maar de evolutie is ook hard. Een organisme dat zich niet aansluit bij een ecosysteem is gedoemd om uit te sterven. Het zal niet de eerste keer zijn, 99,9% van alle soorten die ooit bestaan hebben zijn uitgestorven. Willen we Homo Sapiens en het Technium in leven houden dan zullen we ernstig ons best moeten doen.

De groei van een organisme wordt uiteindelijk beperkt door de aanwezigheid van voedsel en de productie van afvalstoffen.

Onze technologie mag zich misschien autonoom ontwikkelen, toch zijn wij in staat om richting te bepalen. Een medium is nooit neutraal, het heeft altijd invloed op de manier waarop het proces zich voltrekt. We hebben de technologie, we hebben ons brein, we hebben alle media om onze kennis te delen en slim op elkaar aan te sluiten.

Waarschijnlijk moeten we zelfs meer technologie inzetten, kunstmatige intelligentie, nanotechnologie, slimme materialen, cellulaire agrarische technologie, synthetische biologie, kwantumcomputers. Technologie inzetten om cirkels te sluiten om systemen op elkaar te laten aansluiten. Want simpel zal het niet zijn. We kunnen alleen overleven als we het Technium overzien, begeleiden en laten aansluiten op het mondiale ecosysteem. Of zoals Kelly dat verwoordt in zijn boek *'What Technology Wants'*: *"The technium wants what we design it to want and what we try to direct it to do. But in addition to those drives, the technium has its own wants. It wants to sort itself out, to self-assemble into hierarchical levels, just as most large, deeply interconnected systems do. The technium also wants what every living system wants: to perpetuate itself, to keep itself going. And as it grows, those inherent wants are gaining in complexity and force."*<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup>

What Technology Wants – pagina 24 – Kevin Kelly



Of er echt sprake is van een autonome ontwikkeling van de technologie, zoals Kelly in zijn boek beschrijft, is natuurlijk een punt van discussie. Feit is wel dat technologie ons evolutionair overlevingsmechanisme is, dat het ons maakt tot wat we zijn. Wij kunnen niet zonder en het brengt ons veel goeds. Maar laten we vooral ons technologische brein en de infosfeer die ontstaan is ten dienste van ons geluk aanwenden en daarmee ook het mooie van de aarde behouden. We hebben de kennis, de media en de technologie om slimme, nieuwe, schone en duurzame systemen te ontwikkelen. We kunnen geld verdienen door groei te definiëren als het verbeteren van kwaliteit. We kunnen systemen inrichten die recht doen aan de diversiteit en de ecologie die de natuur zo sterk maken. Zonder natuur zijn we niets, met natuur kunnen we alles. Al onze technologie komt uit de natuur, de atomen, de verbindende krachten, de grondstoffen, de biologische structuren.

We kunnen geld verdienen  
door groei te definiëren als het  
verbeteren van kwaliteit.

Wij zijn een middel, een medium, van de natuur om nieuwe systemen te maken. Als we het fout doen, helpen we onszelf om zeep. De evolutie zelf heeft geen doel, de aarde draait wel door en andere soorten zullen vanzelf de overhand krijgen als wij het voor onszelf verknallen. We kunnen het goed doen voor onszelf én de aarde. Een uitdagend spel.

Tot slot dan ook maar de woorden waarmee Kelly ook zijn boek besluit:  
*“The technium expands life’s fundamental traits, and in so doing it expands life’s fundamental goodness. .... It will take the whole technium, and that includes us, to discover the tools that are needed to surprise the world. Along the way we generate more options, more opportunities, more connection, more diversity, more unity, more thought, more beauty, and more problems. Those add up to more good, an infinite game worth playing. That’s what technology wants.”*<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> *What Technology Wants*- pagina 359 – Kevin Kelly

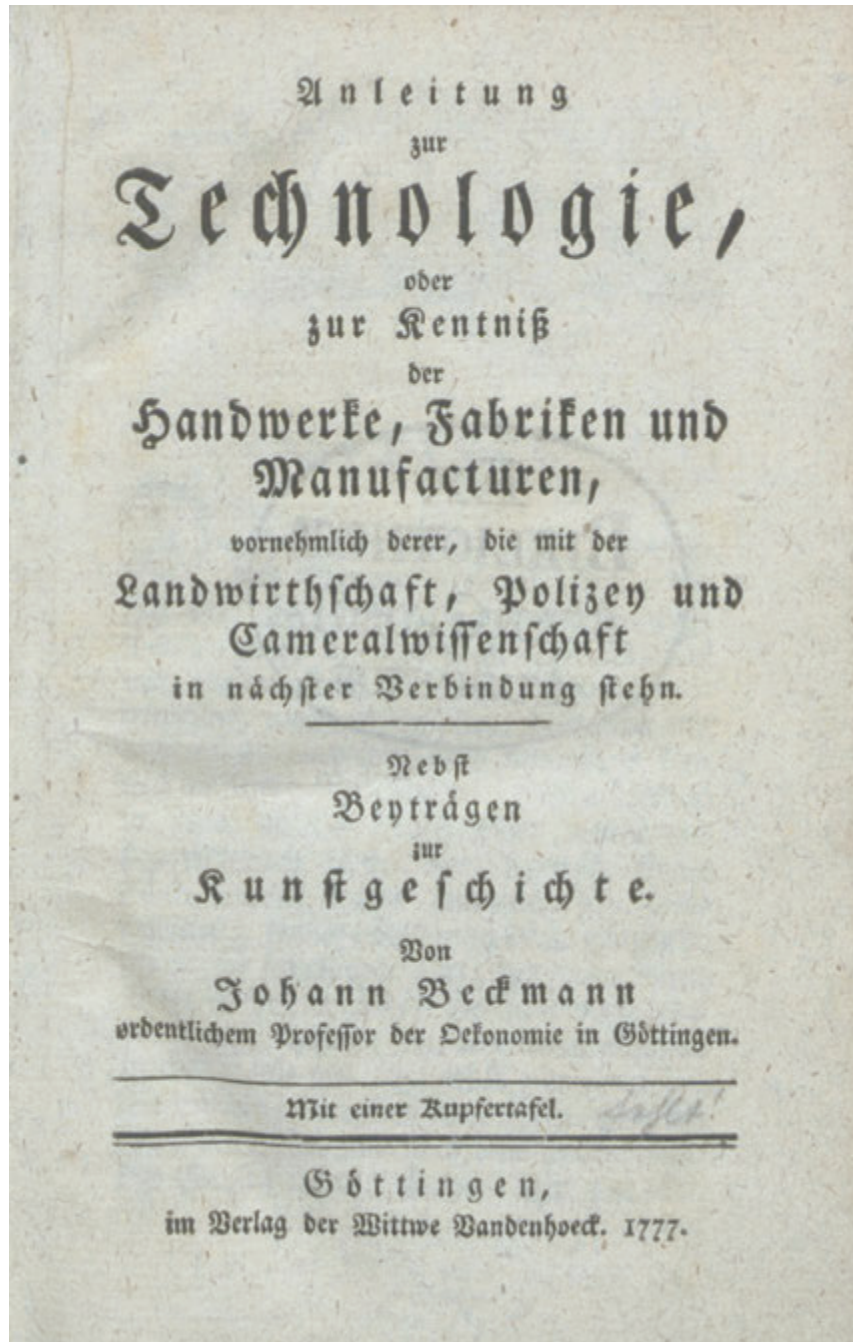


FIG. 1 Beckmann's eerste boek (1777) over 'technologie'. Later (1806) plaatst hij technologie in een bredere context in zijn boek *Entwurf einer allgemeinen Technologie*. Bron: Deutsches Textarchiv.

“The Industrial revolution was largely also a petroleum revolution.”

# BEYOND OIL:

# DESIGNING THE TRANSITION

CAROLA HEIN

## ABOUT CAROLA HEIN

Carola Hein is Professor and Head of the History of Architecture and Urban Planning at Delft University of Technology. Her book publications include *The Capital of Europe*, *Rebuilding Urban Japan after 1945*, *Port Cities*, and the *Routledge Handbook of Planning History*. Among other major grants, she received a Guggenheim Fellowship to pursue research on *The Global Architecture of Oil* and an Alexander von Humboldt fellowship to investigate large-scale urban transformation in Hamburg in international context. She currently works on the transmission of planning ideas among port cities and within landscapes of oil and teaches a studio on *Architecture and Urbanism Beyond Oil*.





# BEYOND OIL:

## DESIGNING THE TRANSITION

CAROLA HEIN

Earth has experienced a number of major energy transitions, each resulting in extensive systemic changes. The introduction of fire in the Paleolithic, the emergence of farming in the Neolithic, and later the industrial Revolution all changed the ways that humans lived, worked, and travelled and the materials they used.<sup>1</sup>

The Industrial revolution was largely also a petroleum revolution. Entrepreneurs, inventors, large companies, and governments used industrially drilled oil to create new fuels, new materials, new spaces, and new lifestyles. Together their innovations have created what I call the *global palimpsestic petroleumscape*, an extensive and layered landscape shaped by the global network of flows and funding of petroleum and its refined products. This petroleumscape includes buildings (office buildings, gas stations), infrastructure (roads, railroads, pipelines), and other structures (refineries and storage sites) of varied ownership and uses that facilitate the production, transformation, and consumption of oil. To keep climate change from getting even worse, and to live through climate change, we must actively seek out the next energy transition, and move from fossil fuels to more sustainable energy.

---

<sup>1</sup>

Lenton, T. M., Pichler, P.-P., and Weisz, H.: Revolutions in energy input and material cycling in Earth history and human history, *Earth Syst. Dynam.*, 7, 353-370, <https://doi.org/10.5194/esd-7-353-2016>, 2016.

An important step forward is to recognize where we are: understanding how thoroughly oil has shaped our environment, materials, and lifestyles. We must also understand the feedback loops that connect the actual places of oil (first) with the representation of those places and (second) with the practices facilitated by the use of petroleum products that mostly help make oil a positive and fun factor in everyday life. These representations and practices reinforce the consumption of oil, securing continuous production and expansion of the spaces of oil. These feedback loops then effectively prevent companies and countries from making a transition from oil to other energy sources.

The petroleum revolution changed our behaviour, our built environment, and its representation. The petroleum transition was not planned; it happened in a hodge-podge fashion. In contrast, we have a chance and an obligation to initiate the next transition.

#### HEROIC OIL: THE OIL REVOLUTION

Combining the forces of private land purchase, speculation, and construction with public spatial planning, policy, and regulation, petroleum actors have guided the development of urban and rural areas around the world. Extraction, refining, transformation, and consumption of petroleum have made an extensive impact on seas, landscapes, cities, and buildings. Oil drilling equipment, refineries, storage tanks, pipelines, dedicated road and rail infrastructure, and gas stations serve the physical flows of oil in industrial areas as well as everyday life. Headquarters, research facilities, housing, cinemas, and leisure facilities are linked to the financial streams of oil. All stand as material witnesses to the invasiveness of petroleum, but some of them are much more subtly connected to petroleum flows—international schools that serve oil expatriate’s children, for example, are less visible than refineries. In most instances, oil companies have not been planning agents per se, but they have often collaborated with public governments in charge of spatial planning; as a result, the flows and the interests related to petroleum and their representation have influenced public planning practice, directly and indirectly, in response to the changing urban environment. Mapping the petroleumscape of the Rotterdam/The Hague area provides insights into the pervasiveness of oil spaces (Fig. 1).<sup>2</sup>

The imagery of petroleum – in corporate publicity, policy documents, art, architectural design, and toys – also shaped citizen imaginaries and behavior.

<sup>2</sup>

For further analysis of the topic see: Hein, Carola. "Oil Spaces: The Global Petroleumscape in the Rotterdam/The Hague Area." *Journal of Urban History* (2018).



2000

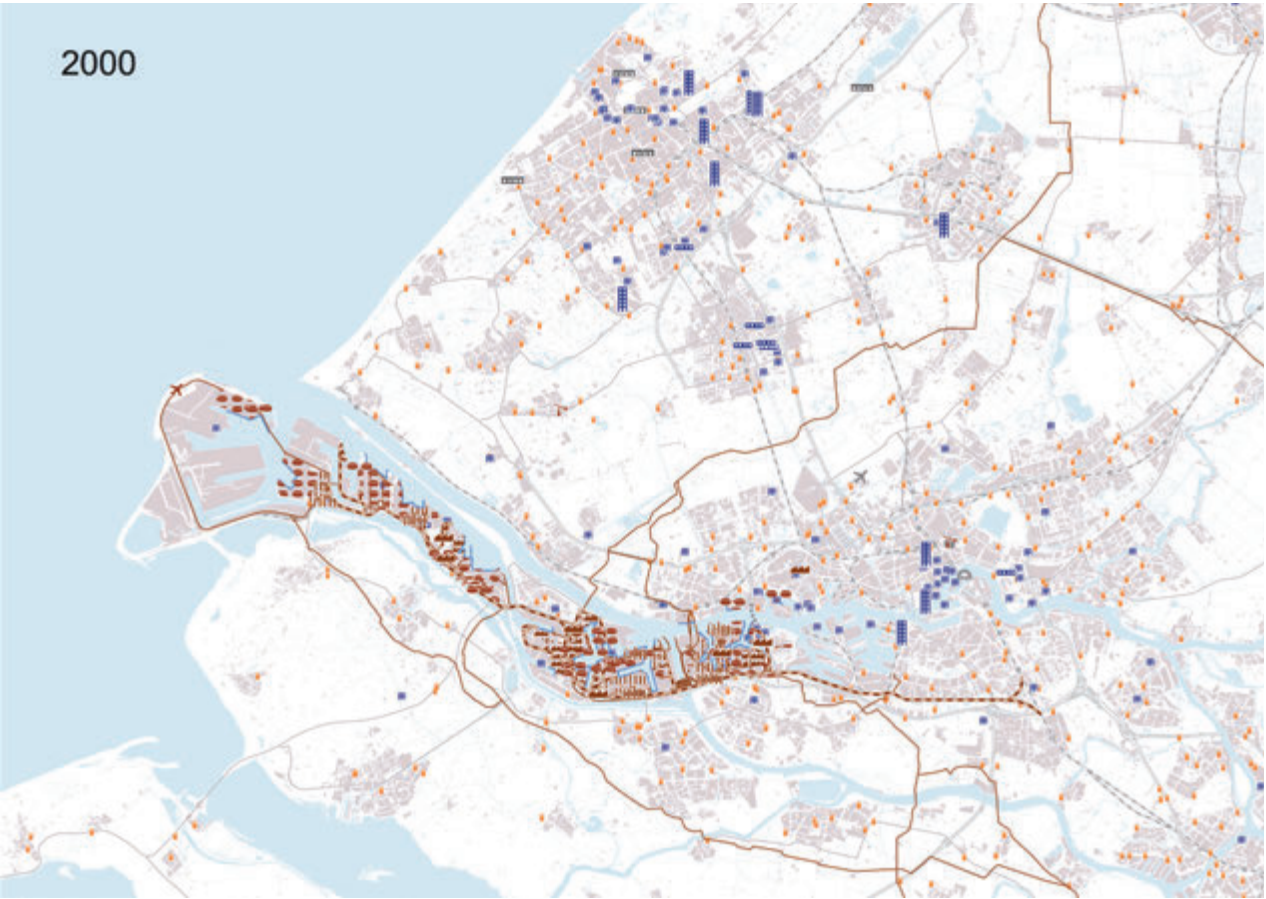


FIG. 1 The petroleumscape in Rotterdam/The Hague in 2000. Source: Carola Hein and Arnoud de Waijer.

The impact of these private and public petroleum actors on society has not stopped there. The imagery of petroleum – in corporate publicity, policy documents, art, architectural design, and toys – also shaped citizen imaginaries and behavior. Oil companies and governments have created a broad range of petroleum imaginaries that change over time and in line with local cultures.

They have promoted (and sometimes invented) progressive aspects of oil: they championed gender equality by publishing brochures teaching women to drive, promoting educational goals by teaching children about the dangers of the street, and more recently promoted green technologies. Oil companies and nations have depicted oil facilities as a sign of national industrial strength on company brochures, postcards, and stamps; they have promoted fun and attractive petroleum-derived products and spatial practices in everyday life; and they have engaged with spaces the oil industry doesn't own or use, but that petroleum products make accessible, notably celebrating the unspoiled landscape. Non-corporate representations of oil in art and architecture as well as film and literature have promoted oil as a heroic partner in creating contemporary society and our identity.



Over time, petroleum actors have constantly invented new and more diversified uses for petroleum. As lighting oil was replaced by gas and electric lighting, fuel for engines captured the world, only to be complemented by a broad range of oil-based materials, from plastics for building materials, clothes, containers, and even medicine and cosmetics. Events, too, have served to promote this increasing use of petroleum and its products. The City of the Future exhibition at the 1939 World's Fair, designed by Norman Bel Geddes for Shell and General Motors celebrated highways and skyscrapers. The House of the Future at Disneyland, built in 1957, continued this collaboration between an oil-related enterprise, a leading industry, and design at a highly visible and widely attended event. Neither of these directly changed the world, but both spearheaded a major industry-led urban and architectural changes in the following decades: Cities around the world became car dependent and the building industry now uses plastic in the majority of building components. The world fair in Shanghai in 2010 tried to promote sustainability—at least it used the theme— but didn't catalyze a transformation as large as the earlier ones.

#### DESIGNING THE TRANSITION

How can we set into motion a transition that is as comprehensive as the earlier oil-led one? Traditionally, human lifestyles were sustainable because we didn't have abundant energy: we grew food locally, reused materials, and built long-lasting structures. After the industrial revolution, we got used to wasting energy and materials. But in recent decades we have come to understand that our energy sources are finite and that our lifestyles are not promoting our health and welfare or that of the planet itself. Asking individuals to live more sustainably and to effectively oppose the oil feedback loops requires a lot of strength and energy; it does not address corporate or systemic actions, and is ultimately set to fail.

Traditionally, human lifestyles were sustainable because we didn't have abundant energy: we grew food locally, reused materials, and built long-lasting structures.

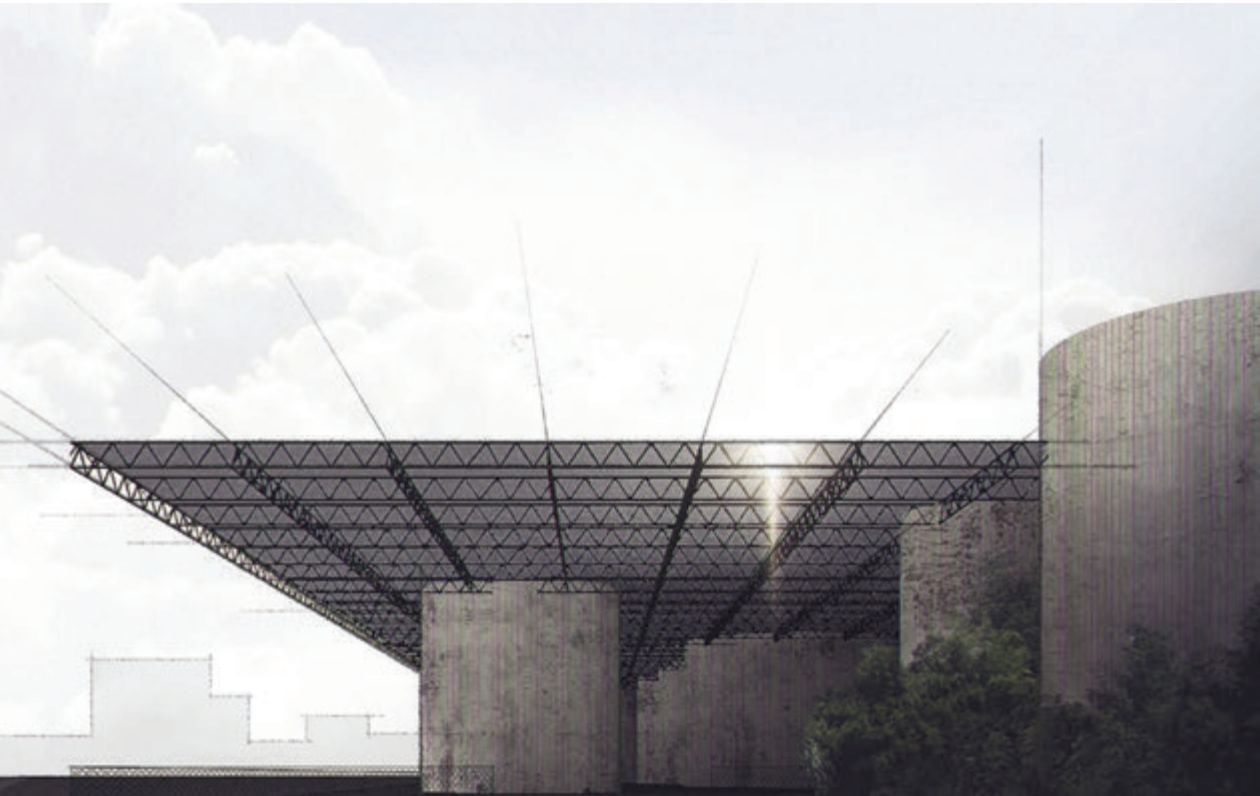


FIG. 2 In the MSc2 studio Beyond Oil at TU Delft, Johan Martin Dahlberg envisioned reinventing and transforming the oil industry and the port to educate current and future citizens about sustainable ways. He called for a “monument for the gone oil”.

Therefore, I propose that we design the transition, create new feedback loops, and make the spaces of post-oil just as pervasive, heroic, and fun as the spaces of oil. We can design a transition that promotes circularity and sustainability in a socially just way, aligning with the UN Sustainable Development Goals (SDG). This includes closing circles of consumption and production, lessening the use of fossil fuel, reducing petroleum-based plastic waste to overcome an energy-intensive lifestyle, guaranteeing water safety, reducing hunger and responding to the challenges that result from the technologies of the Fourth Industrial Revolution.<sup>3</sup>

Architects and urbanists can help design this transition, not just by engineering targeted interventions, but with critical thinking, dreaming and curiosity, and imagining and designing the necessary new building, spaces, and forms of urbanity. Taking the concept and historical analysis of the petroleumscape as the point of departure, a Master-level (MSc 2) design studio at TU Delft, “Architecture and Urbanism Beyond Oil” (initiated by Carola Hein and co-taught by Henri van Bennekom, with assistance of Paolo De Martino), tackles the question of the

---

<sup>3</sup>

Klaus Schwab, *The Fourth Industrial Revolution* (Crown Business, 2017).

future of post-oil cities. Conducting historical analysis, students first reflect critically on more comprehensive and sustainable economy based on new energy sources. They then specifically design transition strategies combining short and long changes. Recognizing the importance of the cultural and social dimensions of the energy transition from oil to new sources of energy, Johan Martin Dahlberg, for example, proposed transforming the oil industry and the port, including its infrastructure, by adapting the old structures to the new needs of society; and he suggested siting new industries between the city and the port, to educate current and future citizens about sustainable ways. He called for a “monument for the gone oil.” (Fig. 2).

Class members have studied the port cities of Rotterdam and Dunkirk, but their approach is valid for cities around the world. Other designs for transition away from oil might include reclaiming polluted soil, reusing oil industry areas for new purposes, or even redesigning entire pieces of coastline. Creating temporary green spaces as part of a gradual renaturalization of polluted areas and reclaiming underutilized areas would be starting points for new energy cultures. We need to develop new narratives about the past and designate new heritage spaces that exemplify these new histories – another possible use for the oil-related architecture that gets abandoned or underused.<sup>4</sup>

As the Clingendael Institute has pointed out,  
Rotterdam and Antwerp have “last  
man-standing refineries” – they are too  
important to close down in the short term.

These designs will create new feedback loops, creating further sustainable practices and economies. The transition beyond oil will change our relationship to food production, and to nature and landscape; It will affect the interrelationship between energy production, consumption, and urban form. We have to very carefully consider how we measure the transition and what scales are truly meaningful. A city like Rotterdam which includes a huge industrial complex is a good example to study. For example: How do we assess the transition if a port transports oil and other carbon fuels? Are we only looking at the functioning of the port or are we also considering the flows that cross it?

---

4

On the Beyond Oil Studio see: Carola Hein [2017] “*How the Fourth Industrial Revolution will change the energy landscape*” <https://medium.com/thebeammagazine/how-the-fourth-industrial-revolution-will-change-the-energy-landscape-7fe155227ca9> [Reprinted in: <https://cleantechnica.com/2017/09/07/fourth-industrial-revolution-will-change-energy-landscape/>] [also in print] Carola Hein and Paolo Di Martino [2018] “Designing post-carbon Dunkirk with the students from TU Delft” *The Beam* (5) <https://medium.com/thebeammagazine/designing-post-carbon-dunkirk-with-the-students-from-tu-delft-28f44c40d761>

The Port of Rotterdam serves as a hub for petroleum products and as a distributor for the industrial areas of the German Ruhr area and the petrochemical industries in the Antwerp region. Even if the whole of Netherlands uses only renewable energy, the function of the Rotterdam port wouldn't change, as the consumers for the oil from Rotterdam are located in Germany and Belgium.

Unless these countries also make a transition, there will not be much change in the Rotterdam port. As the Clingendael Institute has pointed out, Rotterdam and Antwerp have "last man-standing refineries" – they are too important to close down in the short term. Investments in the port are made for the long term, so it might take us a long time to create the energy transition of the port and the products that flow through it. These are not reasons to avoid the task but imperatives for starting to design it now. We can design the transition to include the impact of the transformation on the larger region, its hinterland, and its foreland. We can make Rotterdam competitive even without oil, using new technologies and re-imagining the spatial relationships between landscape, energy, infrastructure, technologies, and global-local economies.

## CONCLUSION

Transition by definition involves a stage between where we are and where we hope to arrive. Changes in the energy landscape will require a process of dismantling, transformation, or reuse of oil-based industrial cities through innovative and strategic processes. Architects and urbanists can combine research with design, and develop solutions supported by local communities and governments, into a critical approach for a more sustainable future.



“Energie geeft  
geen volledig  
beeld van de  
prestatie van een  
energiesysteem.”

DE EXERGIEBENADERING

# VOOR KEUZES IN DE ENERGIETRANSITIE

SABINE JANSEN

## OVER SABINE JANSEN

Sabine Jansen is in 2002 afgestudeerd aan de faculteit Bouwkunde van de TU Delft, waar zij sinds 2014 werkt als Universitair Docent op het gebied van duurzame energie voor de gebouwde omgeving. Na enkele jaren ervaring bij verschillende ingenieursbureaus is zij in 2013 gepromoveerd op de toepassing van het exergieconcept op energiesystemen in de gebouwde omgeving. Op dit moment richt zij zich vooral op twee zaken: het in de praktijk (proberen te) brengen van toekomstbestendige energieoplossingen en het integreren van circulariteit in de grote opgave van de energietransitie, die eigenlijk een 'grondstoffentransitie' is. Vandaar haar bijdrage aan deze publicatie.





# DE EXERGIEBENADERING

# VOOR KEUZES IN DE ENERGIETRANSITIE

SABINE JANSEN

## INLEIDING

De gebouwde omgeving moet op een nieuwe manier van energie worden voorzien, maximaal op basis van duurzame bronnen. De grootste uitdaging vormt de duurzame invulling van de enorme warmtevraag van de gebouwen. Om dit te bewerkstelligen moet de totale keten van energielevering worden verbeterd: door het verminderen van de benodigde energie-input, het verhogen van de hoeveelheid energie van duurzame bronnen, tot het punt waar *alle* benodigde energie kan worden geleverd door duurzame bronnen.

Op dit moment worden (nieuwe) energieconcepten nog uitsluitend beoordeeld op basis van energie-analyses. Energie geeft echter geen volledig beeld van de prestatie van een energiesysteem en geeft geen inzicht in de verbetermogelijkheden van een systeem. De exergiebenadering identificeert in hoeverre de potentie van de energie volledig is benut en leidt daarmee tot een significant lagere input van hoogwaardige energiebronnen.

De grootste uitdaging vormt de duurzame invulling van de enorme warmtevraag van de gebouwen.





FIG. 1 Keten voor energievoorziening in de gebouwde omgeving [1].

Daarnaast wordt bij de focus op de energietransitie vaak de circulaire ambitie helemaal vergeten. Bij de BENG<sup>1</sup>-eisen wordt bijvoorbeeld niet over circulariteit gesproken en bij de meeste renovatieconcepten wordt alleen naar energie gekeken, terwijl het vervangen van bijvoorbeeld daken en radiatoren niet wordt beoordeeld op circulair materiaalgebruik. Hierdoor kunnen verkeerde keuzes gemaakt worden. Dit stuk geeft een beeld van de rol die de exergiebenadering kan spelen bij het maken van de juiste keuzes in de energietransitie.

### WAT IS EXERGIE ?

Energie bestaat in verschillende vormen, zoals thermische energie, elektriciteit, kinetische energie en chemische energie. Deze vormen kunnen in elkaar worden omgezet, bijvoorbeeld chemische energie van een brandstof kan worden omgezet in warmte. Volgens de eerste hoofdwet van de thermodynamica gaat energie nooit verloren, dus als de ene energievorm wordt omgezet in een andere gaat geen energie verloren.

Toch gaat er wel *iets* verloren. Dit wordt geïllustreerd met het volgende voorbeeld: in een hermetisch afgesloten, goed geïsoleerde ruimte staat een grote pan met heet water. Als die pan daar een tijdje blijft staan, is het water in de pan afgekoeld en zijn de ruimte en het water op dezelfde temperatuur gekomen. Er is geen energie verloren gegaan. Maar de energie heeft zich wel meer verspreid; er is meer entropie (een maat voor de verspreiding of 'wanorde' in een systeem) ontstaan. De warmte die nu verspreid is, concentreert zich niet vanzelf weer terug in de pan. Het is niet mogelijk weer terug te gaan naar de oorspronkelijke situatie, zonder hier een extra vorm van energie aan toe te voegen. Wat verloren is gegaan in dit proces is de exergie.

Exergie is een thermodynamisch concept – gebaseerd op de tweede hoofdwet – dat het 'potentieel om arbeid te produceren' van verschillende energievormen kwantificeert. Volgens de tweede hoofdwet van de thermodynamica wordt in elk proces exergie vernietigd. Alleen in thermodynamisch ideale processen is de exergievernietiging nul, maar dit is slechts een theoretische limiet die in werkelijkheid niet gehaald kan worden. De exergie die vernietigd is in een proces staat dus gelijk aan het theoretisch verbeterpotentieel. In figuur 2 is het verschil tussen energie en exergie geïllustreerd.

<sup>1</sup> BENG = Bijna Energie Neutrale Gebouwen, <http://infographics.rvo.nl/beng/>.

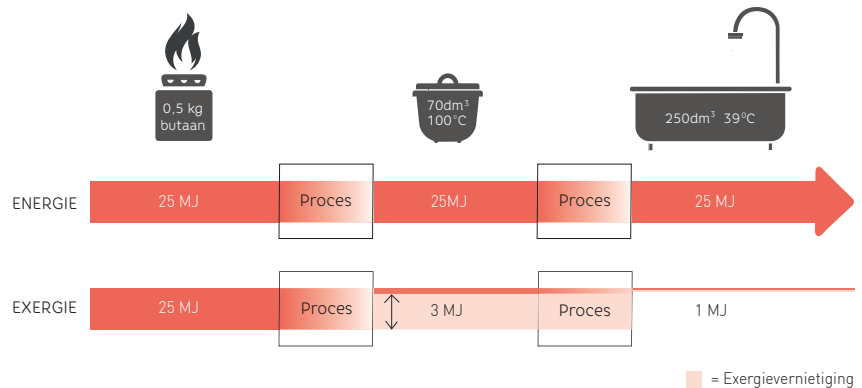


FIG. 2 Energie versus exergie [1].

De exergie van warmte hangt af van de temperatuur van de warmte en van de temperatuur van de omgeving, zoals is weergegeven in onderstaande figuur: hoe groter het temperatuurverschil tussen een systeem en zijn omgeving, hoe groter de exergie-inhoud van het systeem ofwel de potentie om arbeid te verrichten. Meer achtergrond hierover is te vinden in de onder andere vroege papers over exergie, tekstboeken, of over de toepassing van exergie in de gebouwde omgeving (bijvoorbeeld [1, 2 en 3]).

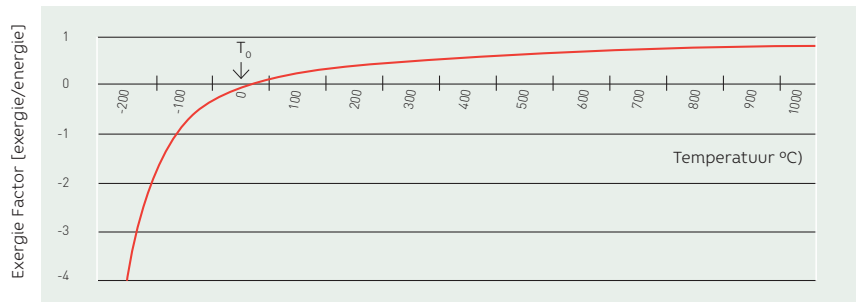


FIG. 3 Exergiefactor van warmte bij een omgevingstemperatuur van 5°C.

## DE ROL VAN EXERGIE BIJ KEUZES IN DE ENERGIETRANSITIE

Als oplossingen voor een duurzame energie en warmtevoorziening voor de gebouwde omgeving worden verschillende opties aangedragen door o.a. onderzoekers, ingenieursbureaus en andere adviesbureaus. De meest voorkomende opties gaan uit van warmtepompen of warmtenetten of een combinatie hiervan, maar er worden ook andere oplossingen geopperd zoals groen gas, waterstof (al dan niet in bestaande gasnetten), of zelfs volledig elektrische weerstandsverwarming.

Verschillende oplossingen leiden tot verschillende energie-input die nodig is. Per (moderne) woning betekent dit bijvoorbeeld dat voor verwarming 5 GJ elektriciteit nodig is (met een warmtepomp met een COP van 5), of 25 GJ warmte, of 25 GJ in de vorm van groen gas. De vraag kan nu gesteld worden wat de meest duurzame oplossing is. Meestal vindt de beoordeling plaats op basis van primaire energie of CO<sub>2</sub>-emissies, zoals bijvoorbeeld ook bij de nieuwe BENG-eisen het geval is. Dit heeft twee tekortkomingen:

- 1 De CO<sub>2</sub>-uitstoot of primaire energie is een momentopname gezien de huidige manier waarop energie wordt opgewekt. Dit geeft geen inzicht in de potentie en de toekomstbestendigheid van de benodigde energievorm.
- 2 Een energie-, primaire energie- of CO<sub>2</sub>-analyse geeft niet aan waar het proces verbeterd kan worden.

Exergie geeft een antwoord op beide tekortkomingen: het geeft ten eerste aan wat de exergie-inhoud van de uiteindelijk benodigde energie is en laat ten tweede zien waar in de keten de grootste exergieverliezen plaatsvinden en daarmee waar het grootste verbeterpotentieel zit. De exergie-inhoud is **onafhankelijk** van de huidige manier van energieopwekking en geeft aan hoeveel met deze energie gedaan zou kunnen worden. Dit geeft tegelijk inzicht in hoeveel arbeid het theoretisch kost om deze energie te produceren, iets dat ook voor toekomstige voorziening van belang is. Het tweede punt is van belang, omdat hiermee duidelijk wordt bij welke stappen in de keten verbetering gezocht moet worden.

Exergie is hiermee niet de enige indicator voor de mate van duurzaamheid, maar wel een indicator die aangeeft hoe goed de potentie van een energiebron wordt benut. Door de exergievernietiging te minimaliseren wordt de benodigde input van hoogwaardige energie eveneens geminimaliseerd, wat leidt tot besparing in de benodigde opwekking en daarmee een besparing in kosten, materiaal en ruimtegebruik, een andere schaarse 'bron' voor duurzame energie [4, 5, 11].

#### VOORBEELD ANALYSE:

Als voorbeeld worden hieronder drie systemen vergeleken voor een zeer energiezuinige woning:

- 1 met een zeer lage temperatuur warmtenet en een warmtepomp voor zowel tapwater als ruimteverwarming;
- 2 een lage temperatuur warmtenet waarmee direct ruimteverwarming kan worden geleverd, met een boosterwarmtepomp voor tapwater;
- 3 een 'traditioneel' hoge temperatuur warmtenet waarmee zowel ruimteverwarming als tapwater kunnen worden geleverd.

OPTIE 1: ZLT WARMTENET MET WARMTEPOMP

OPTIE 2: LT WARMTENET MET BOOSTER WARMTEPOMP

OPTIE 3: HT WARMTENET MET AFLEVERSET

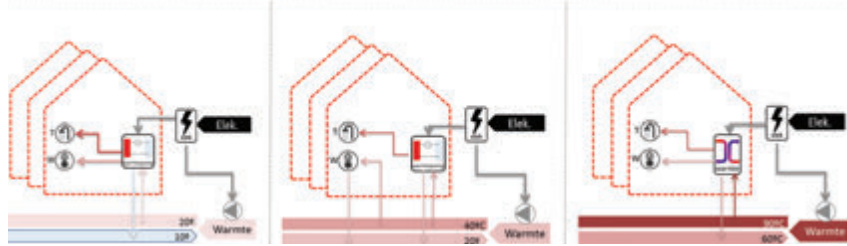
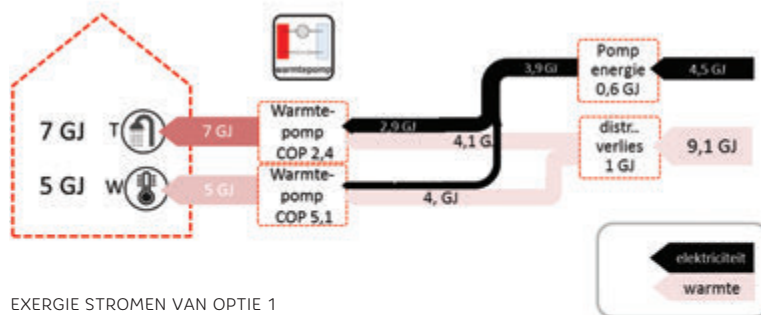


FIG. 4 Drie opties voor warmtelevering met een warmtepomp en warmtenet [5].

Voor alle systemen is een (vereenvoudigde) energie- en exergieanalyse gedaan. De energie- en exgiestromen zijn te zien in figuren 5 t/m 7. De pompenergie die is weergegeven is 1/12 van de warmtevraag en in de vorm van elektriciteit, wat 100% exergie is.

ENERGIE STROMEN VAN OPTIE 1



EXERGIE STROMEN VAN OPTIE 1

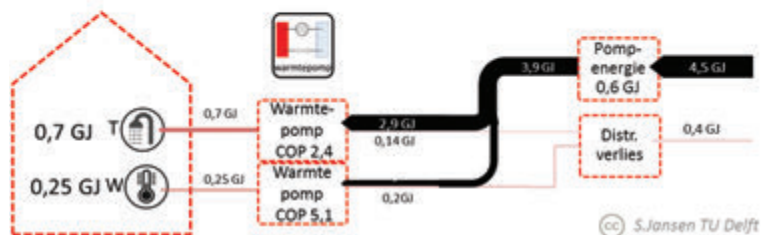
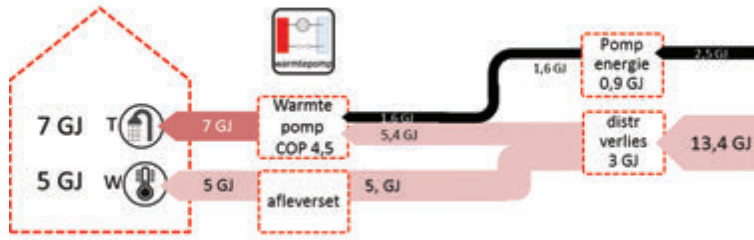


FIG. 5 Energie- en exgiestromen voor optie 1.

ENERGIE STROMEN VAN OPTIE 2



EXERGIE STROMEN VAN OPTIE 2

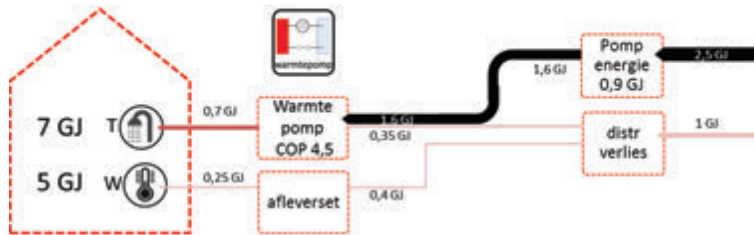


FIG. 6 Energie- en exergiestromen voor optie 2.

ENERGIE STROMEN VAN OPTIE 3



EXERGIE STROMEN VAN OPTIE 3

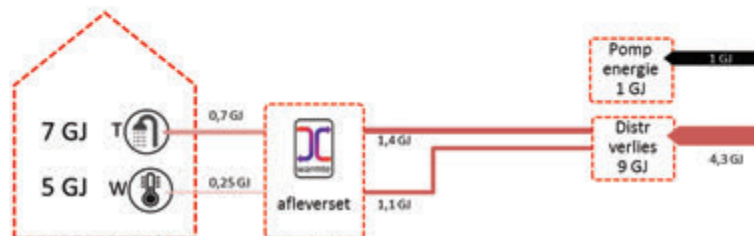
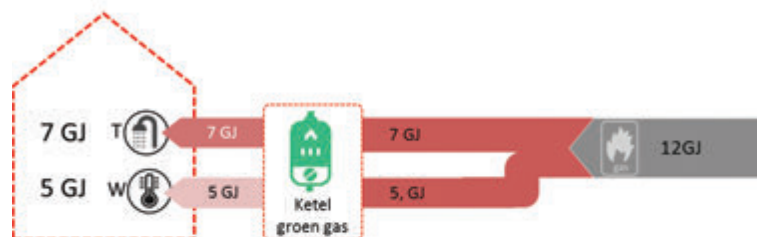


FIG. 7 Energie- en exergiestromen voor optie 3.

Een vierde optie die hieronder is weergegeven is de voorziening in de warmtebehoefte door verbranding van groen gas. Groen gas is gemaakt door biogas verder te zuiveren en te bewerken tot aardgaskwaliteit.

ENERGIE STROMEN VAN OPTIE 4: WARMTELEVERING DOOR GROEN GAS



EXERGIE STROMEN VAN OPTIE 4

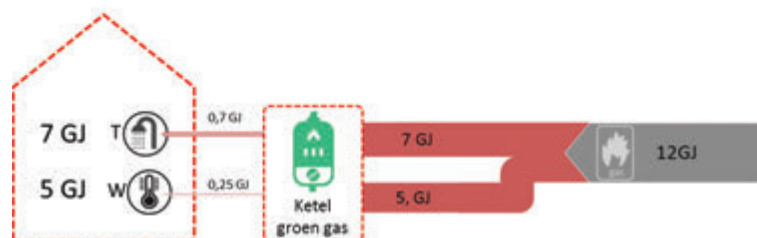


FIG. 8 Energie- en exergiestromen voor de voorziening in de warmtebehoefte door verbranding van groen gas.

In de figuren is de uiteindelijke benodigde exergie-input per optie te zien bij de gehanteerde kentallen voor COP's en efficiënties:

- **OPTIE 1: ZLT warmtenet met warmtepomp:**  
4,9 GJ exergie per woning per jaar
- **OPTIE 2: LT warmtenet met boosterwarmtepomp voor tapwater:**  
3,5 GJ exergie per woning per jaar
- **OPTIE 3: hogetemperatuurwarmtenet:**  
5,3 GJ exergie per woning per jaar
- **OPTIE 4: groen gas:**  
12 GJ exergie per woning per jaar

Deze exergiewaarden maken het mogelijk de verschillende vormen van energie (elektriciteit, lage- en hogere temperatuurwarmte) op een gelijke basis te vergelijken: de potentie van de energie, ofwel de minimale arbeid die nodig is om deze energie te krijgen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de getoonde figuren nog niet de gehele keten van energielevering laten zien; het totaalbeeld hangt nog af van de opwekking verder in de keten. Dit is ook beschreven in [5].

Daarnaast kan uit de figuren worden opgemaakt op welke plek in de keten de significante verliezen plaatsvinden. Hier zijn niet alleen de absolute waarden van de verliezen van belang, maar ook de relatieve verliezen, d.w.z. de exergie-efficiënties per stap in de keten. Vooral aan het begin van de keten is dit van belang, omdat de verliezen in het begin van de keten doorwerken in de rest van de keten.

Het gaat niet alleen om een  
energietransitie maar om een hele  
grondstoffentransitie, een  
'resource transition'.

Deze voorbeelden laten zien dat exergie ten eerste in staat is 'appels met peren', d.w.z. de input van verschillende energievormen met elkaar te vergelijken. Dit maakt het mogelijk het systeem te kiezen dat (ook op de lange termijn) de minste aanspraak op hoogwaardige energiebronnen zal maken. Belangrijk hierbij is op te merken dat alle bronnen (warmte, groen gas e.d.) mogelijk wel CO<sub>2</sub>-neutraal kunnen zijn, maar tegelijk ook een hoogwaardige energiebron. Ten tweede wordt inzicht verkregen in wáár in het proces de grootste verliezen plaatsvinden. Naast de grote exergieverliezen bij de verbranding van (groen) gas is ook duidelijk dat het leveren van ruimteverwarming op negentig graden celsius exergievernietiging betekent.

#### EXERGIE EN CIRCULARITEIT

Bovenstaande voorbeelden gaan over de operationele energie die nodig is voor het verwarmen van een gebouw. Echter, ook het materiaalgebruik in gebouwen speelt een grote rol. De ambities op het gebied van energie (Energieagenda, [6]) en op het gebied van circulariteit (Nederland circulair in 2050 [7]) worden helaas nog niet geïntegreerd toegepast in de energietransitie. In sommige studies wordt de 'embodied energy' van de bouwmaterialen meegenomen [8], maar vaak wordt ook daar nog niet naar een circulaire benadering van de gebruikte grondstoffen gekeken, maar naar een levenscyclusanalyse (LCA) die eindigt in een 'end-of-life'-scenario.

Afdank scenario's: materialen eindigen als stort of als bron voor verbranding. In het laatste geval levert dit energie op

Circulair gebruik: energie input is nodig om materialen eendeloos te gebruiken, te upgraden en opnieuw te gebruiken

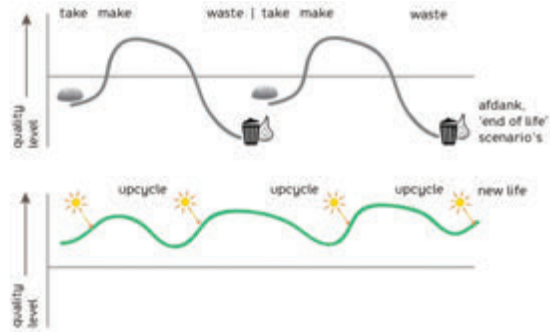


FIG. 9 Een lineair versus een circulair levenspad (eerder gepubliceerd in [10]).

Bij het streven naar een circulair gebruik van materialen kan een exergiebenadering twee rollen spelen: ten eerste als gedachtegoed: houd de kwaliteit van materialen zo lang mogelijk hoog/voorkom het degraderen van materialen. Concreet betekent dit dat producten zo worden ontworpen dat deze zo lang mogelijk op een hoog kwaliteitsniveau kunnen worden hergebruikt. Dit gedachtegoed wordt ook beschreven in Cradle to Cradle [9], en wordt mooi weergegeven in de 'Circular Economy System Diagram' van de Ellen MacArthur Foundation<sup>2</sup>. Wat in dit schema nog onderbelicht wordt, is de energie die nodig is voor dit proces van upcyclen. Dit heeft betrekking op het tweede aspect waar exergie een rol kan spelen: zoals is weergegeven in figuur 8 eindigt een product in een circulaire economie niet in een 'end of life'-scenario, maar wordt het steeds ge-upcycled, waar energie, of beter gezegd – exergie – voor nodig is. Door de exergie te bepalen die nodig is voor upcyclen, kan ook hier worden gekeken welke processen de minste hoogwaardige energie nodig hebben. Op deze manier kunnen we onze grondstoffen – zowel energie als materialen – optimaal benutten.

Er ligt een grote ambitie voor ons op het gebied van energie, én op het gebied van circulariteit.

<sup>2</sup>

In dit schema wordt voor een circulair grondstoffengebruik de volgende hiërarchie aangehouden: repair, reuse, refurbish, recycle. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/interactive-diagram>



## CONCLUSIE

Er ligt een grote ambitie voor ons op het gebied van energie, én op het gebied van circulariteit. Om beide ambities waar te maken, zullen we slim met onze grondstoffen moeten omgaan, zowel met energiebronnen als met materialen. Wat betreft energiegebruik voegt de exergiebenadering twee belangrijke punten toe die in de huidige manier van beoordelen (met name CO<sub>2</sub> en primaire energie) ontbreken: 1) het kunnen vergelijken van verschillende energievormen, waardoor gekozen kan worden voor de energie-oplossing die de minste hoogwaardige energie-input nodig heeft; en 2) het inzichtelijk maken waar de exergie verliezen plaatsvinden in de keten, dus waar een proces verbeterd kan worden.

Met betrekking tot circulair grondstoffengebruik voegt de exergiebenadering eveneens twee aspecten toe: ten eerste dient de kwaliteit van materialen zo lang mogelijk hoog te blijven en moet het degraderen van materialen (downcyclen) worden voorkomen. Ten tweede is het mogelijk te bepalen hoeveel exergie nodig is voor upcyclen van producten en materialen. Op deze manier kunnen we onze grondstoffen – zowel energie als materialen – optimaal benutten, want het gaat niet alleen om een energietransitie, maar om een hele grondstoffentransitie, een ‘resource transition’.

Een product eindigt in een circulaire economie niet in een ‘end of life’-scenario, maar wordt steeds geupcycled.

## Referenties

---

- [1] Z. Rant. Exergie, ein neues Wort für technische Arbeitsfähigkeit (In German). *Forschung Ing. Wesens* (1956) 22(1): 36-37.
- [2] M.J. Moran and H.N. Shapiro. *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. New York, 2004. John Wiley & Sons Inc.
- [3] Jansen, S.C. "Exergy guidebook for building professionals". Delft, 2016. Delft [Online beschikbaar via [www.klimapedia.nl](http://www.klimapedia.nl)].
- [4] presentation S.C.Jansen. *Role of exergy in the development of sustainable energy districts*. Joint Workshop IEA EBC Annex 63&64. 12th IEA Heat Pump Conference. May 15th 2017.
- [5] Jansen en Meggers. *Addressing Different Approaches for Evaluating Low-Exergy Communities*. In: Heiselberg, P. K. (Ed.) (2016). CLIMA 2016 – proceedings of the 12th REHVA World Congress: volume 10. Aalborg: Aalborg University, Department of Civil Engineering.
- [6] Ministerie van economische zaken. *Energieagenda. Naar een CO<sub>2</sub>-arme energievoorziening*. Den Haag, December 2016.
- [7] *Nederland circulair in 2050. Rijksbreed programma Circulaire Economie*. Publicatie van: Het ministerie van Infrastructuur en Milieu en het ministerie van Economische Zaken, mede namens het ministerie van Buitenlandse Zaken en het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties. September 2016. [www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie](http://www.rijksoverheid.nl/circulaire-economie).
- [8] Linda Hildebrand, 2014. Strategic investment of embodied energy during the architectural planning process. Proefschrift, TU Delft, 2014.
- [9] William. McDonough, Michael Braungart .Cradle to cradle : remaking the way we make things. Print book 2009.
- [10] Sabine Jansen, Peter Luscuere, Martin Tenpierik en Bob Geldermans. Beyond cities: Energie en Circulariteit. TVVL Magazine | 01 | 2016 DUURZAAM.
- [11] Publicatie 'Energie & Ruimte – een nationaal perspectief'. [Online beschikbaar <http://posad.nl/publicatie-energie-ruimte-nationaal-perspectief/>].

“Circular economy in the built environment should focus on recycling value rather than volume.”



# A CONCRETE DILEMMA

(AND SOME SOLUTIONS)

KASPER GULDAGER JENSEN



## ABOUT KASPER GULDAGER JENSEN

Kasper Guldager Jensen is partner of 3XN architects and founder of the innovation company GXN, which since 2007 innovate and apply new knowledge and technology into practice. The 'G' stands for Green, highlighting GXN's dedication to ecological design research. In the space of a few years Kasper has become a spokesperson for the shape of future architecture, focusing on circular economy and new materials, he currently holds visiting professorships with Calgary and Delft University of Technology focusing on circularity. In 2017 the Danish Government formed an industrial advisory board on Circular Economy in which Kasper chaired the section for Building and Construction.



# A CONCRETE DILEMMA

## (AND SOME SOLUTIONS)

KASPER GULDAGER JENSEN

### RELATIONSHIP STATUS: IT'S COMPLICATED

Concrete is the world's favourite building material, and with good reason. It is cheap, it is durable, it has amazing material properties, and it is easy to use. From the *opus caementicium* of the Romans which is still holding together the great dome of the Parthenon, through to the high-rises being constructed at record speeds in Shanghai and Lagos today, concrete has celebrated two millennia of remarkable successes. But this winning streak comes at a cost, and the cost is getting higher. Cement, the single most important product in concrete, accounts for 5% of global carbon dioxide emission (Boden et al. 2017). It is so universal to be nearly invisible in our daily lives, but cement is the primary ingredient in concrete, and after air and water, concrete it the most consumed substance on earth (United Nations Environment Programme 2010).

Concrete is however also one of world's most criticized materials, and for a reason. It is receiving increasing scrutiny for its role in global warming and unsustainable and wasteful construction model (e.g. Adam 2007). The materials used for concrete are: gravel and sand (75%), cement (15%), and water (10%). Though it makes up only 15% of the materials in concrete, cement is responsible for 96% of its CO<sub>2</sub> emissions (Ellen MacArthur Foundation 2016). Cement is the outsized sinner in the mix, because of the extreme heat required for its production. It is manufactured through a chemical combination where calcium, silicon, aluminium, iron and other ingredients are heated to 1400 degrees in Kilns that are frequently as large as 4 meters in diameter and longer than a football pitch. The electricity and energy demands required for heating these kilns are responsible for around 50% of CO<sub>2</sub> emissions. The other 50% comes from the process of calcination in which limestone is heated to transform it into quicklime, giving off CO<sub>2</sub> in the process. When the process is done, one ton of cement accounts for approximately one ton of CO<sub>2</sub> emissions. Today some 1.6 billion tons of cement are produced every year (United Nations Environment Programme 2010).

## TWO DECADES TO DO THINGS DIFFERENTLY

Concrete is the most maligned and most loved material in the construction industry, and it is high time to take the relationship to a healthier place. In fact, time is fast running out. In 1950, 0.7 billion people lived in cities, by 2014 this had grown to 3.9 billion, and by 2050 it is projected to be 6.3 billion (United Nations 2014). All these people will need homes to live in, offices to work at, infrastructure to get around on, schools, supermarkets, hospitals, stadiums, and everything else that forms part of urban life. And they will need a lot of it. Meeting this explosion in demand will require construction on an enormous scale, and whichever way we approach it, this construction will require immense amounts of concrete.

Concrete is the most maligned and most loved material in the construction industry, and it is high time to take the relationship to a healthier place.

Concrete is thus not only an essential element of the built environment but an essential battleground for reaching the Paris Agreement goal limit global warming to no more than 2°C above pre-industrial levels. The built environment has an urgent role to play within this. The next 40 years will see as much construction as the combined construction in the entire history of humanity so far (FRI 2018). In 2016, the built environment covered an estimated 235 billion m<sup>2</sup> of total floor area. In the coming 40 years, an additional 230 billion m<sup>2</sup> of buildings will be constructed to house the growing population; this is equivalent of adding the floor area of Japan to the planet every year to 2060 (United Nations Environment Programme 2017). This is enough to take ones breath away. But the next piece is the real killer: more than half of the constructions expected by 2060 will be constructed during the next 20 years (ibid.). We have to act within the next decade if we want to ensure that this construction becomes a stepping stone taking us towards the shared goal of a better future for our planet. This will not only require ambitious goals and talking points, it will require a whole new way of approaching how we construct and deconstruct buildings.

We have to act within the next decade if we want to ensure that this construction becomes a stepping stone taking us towards the shared goal of a better future for our planet.

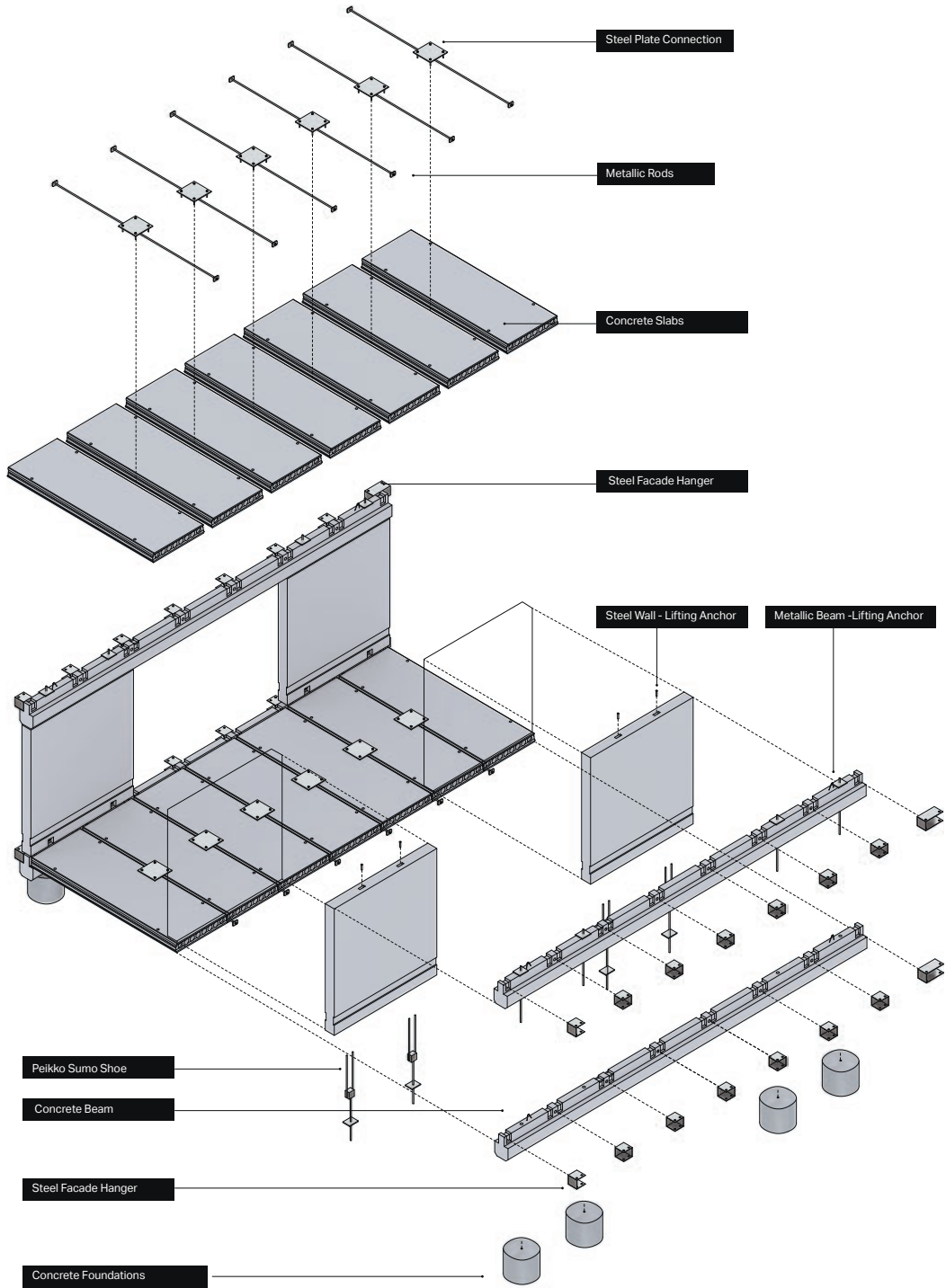


FIG. 1 Exploded view of a concrete structure designed for disassembly and reuse.



## DO NOT LET THE OPPORTUNITY GO TO WASTE

Considerable attention has been paid to strategies for reducing cement content in concrete in order to lessen the environmental footprint of concrete production and construction (e.g. Meyer 2009, Ellen MacArthur Foundation 2016). This is commendable but a wider palette of strategies is needed to get us out of the bind we currently find ourselves in.

In recent years circular economy has gained widespread attention from major companies across the World and across industries, as well as in the European Union, which has developed roadmaps and guidelines to move towards a circular production system in Europe (European Commission 2015). It is also seeing growing traction within the built environment (Sommer and Jensen 2016, Arup 2016, Ellen MacArthur Foundation 2017, World Economic Forum 2018). Circular economy seeks to do away with the take-make-dispose model of global construction and consumption by establishing efficient resource loops where construction materials are conserved and used in some way or another as inputs for new production. The overall aim is to eliminate the concept of waste.

Concrete holds the potential to form a hugely significant material loop. Although concrete waste is not harmful to humans or the environment, reusing concrete products or material in new construction could have large environmental benefits. Scalable circular construction strategies could not only minimise waste from the building industry, but could also reduce the need for new concrete and thereby the massive footprint of construction on greenhouse gas emissions. In the Danish building industry we proudly state that we recycle over 90% of all building waste. That is a measurement of weight, neither of quality nor of economic value. Concrete crunched into road fill in fact has an average value of 5 euro per ton, a value 50 times lower than that of a new concrete element (Sommer and Jensen 2016). A circular approach to constructing with concrete is not only good for the planet, it is good for business; this is why I argue that circular economy in the built environment should focus on recycling value rather than volume.

Circular economy in the built environment should focus on recycling value rather than volume.

## CIRCULAR ECONOMY IS ABOUT THE ECONOMY

In the publication *Building a Circular Future* (Sommer and Jensen 2016), we developed and tested a business case for the reuse of the superstructure of larger buildings based on implementing circular construction principles from the earliest phases of construction and to all parts of the superstructure. The case, developed by Denmark's largest contractor, MTH, turned a €1.7 million downside from demolition into a profit of €4.7 million for the super structure alone, provided that the building



FIG. 2 The Circle House demonstrator is a 1:1 demonstration of circular building systems.

could be disassembled and a majority of the materials could be reused as alternative to current demolition practices in the industry. This study show that it is possible to establish a coherent business case for converting today's model of demolition and downgrading of materials in the built environment into a future model of disassembling and reusing of materials without degrading.

The €4.7 million has to be compared to the total cost for the building of €115.4 million. This corresponds to approximately 4% of the total cost of the building and approximately 8% of the costs of the superstructure. This is a conservative estimation considering that the combined pressure on cities and resources will likely drive material prices to steep rises in the coming decades. The total potential value of the materials retrieved, calculated when the projected increase in material prices over a 50 years period is taken into account, was estimated to be up to 16% of the total construction cost. As resources become scarcer, prices will go up and accelerate the economic incentive to transition to circular economy. The first companies to successfully adapt to new circular business models will have a competitive advantage in this environment. Some companies are already developing strategies and frameworks to help drive change within the industry.

The combined pressure on cities and resources will likely drive material prices to steep rises in the coming decades.

## A SCALABLE CIRCULAR BUILDING CONCEPT

The greatest opportunity for delivering buildings and products that fit within the circular economy is at the design stage. In order to take advantage of emerging business models for reusing materials and elements in construction, buildings have to be designed so that they can be taken apart with little loss of value. Design for disassembly is a holistic approach to construction seeking to make any given product easy to disassemble into its individual components and is emerging as cornerstone of the circular economy in the built environment. It allows resources to fit into looping material cycles, where they can be reused, reassembled, and recycled at similar or higher value.

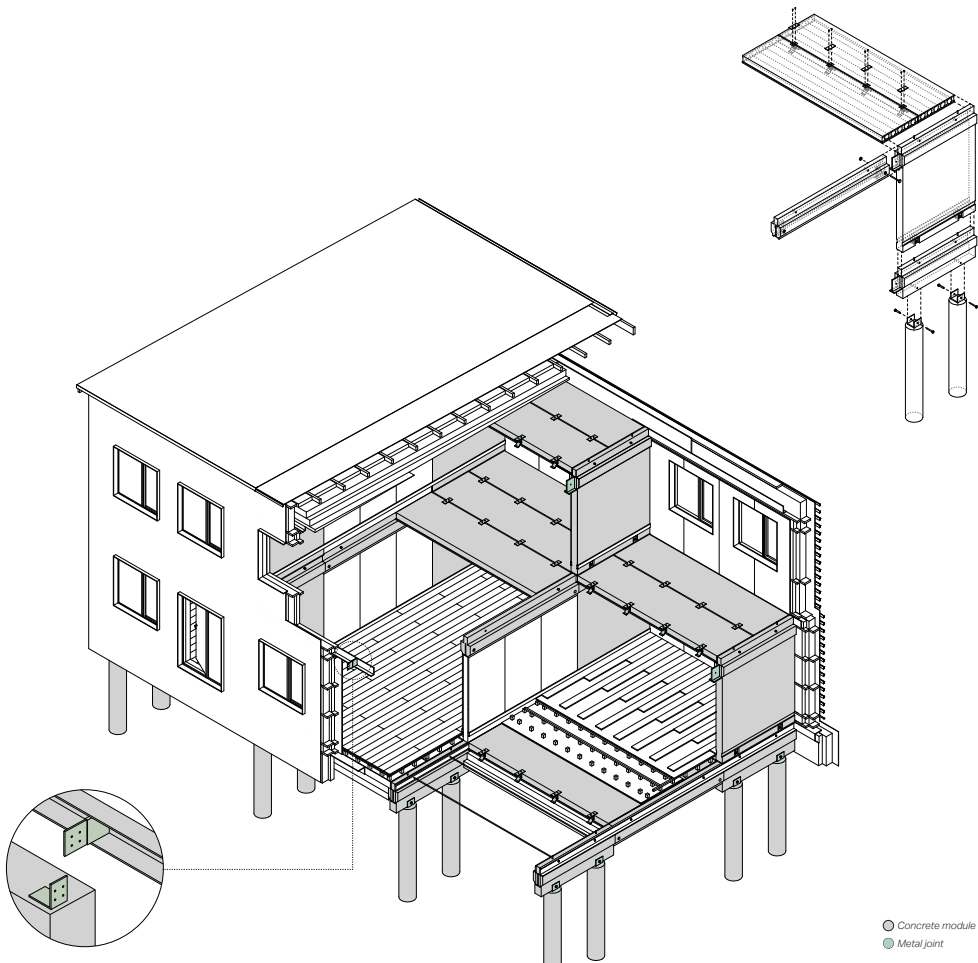


FIG. 3 The Circle House project will contain 60 housing units built fully circular.

The transition to circular construction implies, among other things, that components must be produced so that they can be separated. In construction superstructures, this is a technical challenge requiring innovation at many levels and from many partners. Currently GXN is collaborating with a number of international partners, including Google, Arup, Peikko, Consolis, and the Ellen MacArthur Foundation, to develop full-scale circular building concepts. Creating a scalable framework requires collaboration across the value chain; it requires a strategic approach to building elements during design phases, consideration of construction techniques and element lifecycles, as well as careful thought about what will happen to elements at the end of their life.

Today, necessary elements for enabling effective reuse of elements and materials are missing from the built environment. There are, for example, no tested ways for constructing buildings without the use of concrete fittings and we are lacking strategies for how to build design for disassembly into our superstructures in ways that are safe and economically viable. There are considerable gains to be made for the frontrunners in this sector. Finish manufacture of concrete connections, Peikko, is collaborating with GXN to drive a strategic shift into its business models allowing it to take advantage of this opportunity<sup>1</sup>. The company is investigating how to convert their products and company strategy to be fully compatible with the circular economy by 2020 (Paanaanen and Suur-Askola 2018). To this end architects and engineers from GXN, 3XN, and Peikko are seeking to apply design for disassembly principles to the product portfolio to establish a circular superstructure concept with the final aim of being able to provide a full circular building system. The system requires design for disassembly solutions that can handle the heavy elements used in superstructures (for instance, concrete beams, slabs and columns). Existing products can form the basis of the system but new product development and third-party testing and verification is also necessary.

#### PUTTING RESEARCH INTO PRACTICE

To put the circular building concept into practice, GXN collaborate with a wide number of partners in the Danish construction sector on the Circle House project, a cluster of 60 housing units built according to circular principles, with Danish housing association Lejerbo as client. This means, among other things, that the superstructure can be disassembled again and the elements can be recycled almost without any loss of value. The building is sketched by a Collaborative Studio between Lendager Group, Vandkunsten and 3XN Architects. The project is expected to be tendered in 2018, with construction beginning in 2019 and completion during 2020.

---

<sup>1</sup>

Full disclosure, the author is currently member of the board of directors for Peikko.



FIG. 4 Peikko solutions are commercially available solutions for concrete structures.

Scalability of solutions and business models is key to driving a successful transition towards circular economy in the construction sector. The Circle House project aims to develop and disseminate knowledge about circular construction across the industry and across existing silos. The project brings together more than 40 different companies from the full construction value chain to enable innovations across a wide array of product portfolios. A key challenge addressed is design for disassembly for the project's superstructure. This leverages our collaborative research on a circular building concept, while investigation of strategies and potentials for truly adaptable housing units is adding a new value dimension to circular economy in the built environment. Another key challenge for realising the value of circular construction is traceability of materials. Circular business models where products are used again and again at high value require new frameworks for asset management, value tracking, and reverse logistics. There are few examples of how to trace the performance of components across buildings; in our Circle House project we integrate IoT by casting in RFID chips at component level. With this digitized traceability approach we can identify and track materials with information about price, quantity and quality of the individual component.

In addition to serving as housing, Circle House will be a scalable demonstration project incorporating these and a number of other innovations to provide the construction industry with new knowledge about circular design, construction, and business cases. All results and insights are shared through a broad discussion of circular construction throughout the industry.

With this digitized traceability approach we can identify and track materials with information about price, quantity and quality of the individual component.

#### A CONCRETE SOLUTION

The global construction industry is facing a major upheaval and must rethink both its business strategies and construction practice to be able to handle new market mechanisms and reap the rewards of the circular future based on circular economic models. By eschewing business as usual and radically shifting our approach to design and construction, the durable and flexible nature of concrete can be turned from a burden for the environment to a business opportunity.

The rising demand for housing and materials represent a major challenge and a major opportunity. Our growing cities provide an unprecedented concentration of resources, capital, people, ideas and talent. This concentration enables economies of scale and critical mass for material loops across urban functions. It can be the basis of a new form of circular construction leveraging a host of strategies to design, build, maintain and deconstruct for a healthier and sustainable built environment. We have to act fast; more than half of the constructions expected by 2060 will be constructed during the next two decades. We believe in the combination of bold conceptual thinking and practical solutions for demonstrating and scaling circular construction. By providing a concrete and circular building system with reversible joints for concrete structures and new strategies for materials and value tracking, we can turn the construction industry from one that downcycles materials at high economic and environmental costs, to one that is integral to our circular future.

We have to act fast; more than half of the constructions expected by 2060 will be constructed during the next two decades.

## Bibliography

- Adam, D. (2007). "The unheralded polluter: cement industry comes clean on its impact." *The Guardian*. Available at: <https://www.theguardian.com/environment/2007/oct/12/climatechange>, last access: 02 May 2018.
- Arup. (2016). *The Circular Economy in the Built Environment*. Arup: London. Available at: <https://www.arup.com/publications/research/section/circular-economy-in-the-built-environment>, last access 02 May 2018.
- Boden, T. A., Andres, R. J., and Marland, G. (2017). "Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO<sub>2</sub> Emissions", Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, USA. Available at: [http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth\\_reg.html](http://cdiac.ess-dive.lbl.gov/trends/emis/meth_reg.html), last access: 02 May 2018.
- European Commission. (2015). *Closing the loop – An EU action plan for the circular economy*. Brussels. Available at: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52015DC0614>, last access 02 May 2018.
- Ellen MacArthur Foundation. (2016). *The Circular Economy and the Promise of Glass in Concrete. Case Study October 2016*. Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/the-circular-economy-and-the-promise-of-glass-in-concrete>, last access 02 May 2018.
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). *Cities in the circular economy: An initial Exploration*. Available at: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/cities-in-the-circular-economy-an-initial-exploration>, last access 02 May 2018.
- FRI Foreningen af Rådgivende Ingeniører. (2018). *Byggeriet 2035, en foresight-analyse*. Available at: [http://www.fri.net.dk/media/1064845/fri\\_resume\\_byggeriet\\_2035\\_web.pdf](http://www.fri.net.dk/media/1064845/fri_resume_byggeriet_2035_web.pdf), last access 02 May 2018.
- GXN. (2017). *Circle House – Danmarks første cirkulære boligbyggeri*. Available at: <http://www.buildingacircularfuture.com/house/>, last access 02 May 2018.
- Meyer, C. (2009). "Greening of the concrete industry." *Cement and Concrete Composites* 31: 601-605.
- Paanaanen, T. and Suur-Askola, P. (2018). *In Search of a Bright, Circular Future. Peikko and the circular economy, practical considerations*. Peikko White Paper. Available at: <https://www.peikko.com/blog/circular-economy-becomes-concrete/>, last access 02 May 2018.
- Sommer, J. and Jensen, K. (2016). *Building a Circular Future*. Available at: <http://www.buildingacircularfuture.com/book/>, last access 02 May 2018.
- World Economic Forum. (2018). *Circular Economy in Cities: Evolving the model for a sustainable urban future*. <https://www.weforum.org/whitepapers/circular-economy-in-cities-evolving-the-model-for-a-sustainable-urban-future>, last access 02 May 2018.
- United Nations Environment Programme. (2010). "Greening Cement Production has a Big Role to Play in Reducing Greenhouse Gas Emissions." *UNEP Global Environmental Alert Service (GEAS)*.
- United Nations Environment Programme. (2017). *Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector, Global status report 2017*.







“Circular economy in the built environment should focus on recycling value rather than volume”

DESIGN FOR  
DECONSTRUCTION, OR

# WHY ALUMINIUM AND GLASS IS BETTER THAN WOOD?

ULRICH KNAACK

## ABOUT ULRICH KNAACK

Professor Dr. Ing. Ulrich Knaack [1964] is trained as architect and has worked as researcher in the field of structural use of glass at the RWTH Aachen/Germany. In his professional career Knaack worked as architect in Düsseldorf/Germany, building office buildings, commercial buildings and stadiums. In his academic career Knaack is appointed professor for Design of Construction at the Delft University of Technology/Faculty of Architecture, Netherlands where he developed the Façade Research Group. In parallel he is professor for Façade Technology at the TU Darmstadt/Faculty of Civil Engineering/Germany.



# DESIGN FOR DECONSTRUCTION, OR

# WHY ALUMINIUM AND GLASS IS BETTER THAN WOOD?

ULRICH KNAACK

The first law of thermodynamics defines: Energy can neither be produced nor destroyed, but only converted into other types of energy [1]. From this it follows for us and our topic of circularity in the building industry that we must deal with the energy that the earth receives or has received, the solar radiation, and can feed our requirements from these. For Central Europe we can assume a solar radiation of 100 kWh/m<sup>2</sup>a [2] – however, when using energy we do not limit ourselves to the current solar radiation but also use stored solar radiation in the form of coal, oil, gas, biomass / wood and geothermal energy. Here it is only a question of how fast the energy flow is – several million years as with coal, oil and gas or only years or decades as with biomass / wood [2]

Energy can neither be produced nor destroyed,  
but only converted into other types of energy.

Against the background of the emerging changes in energy production and performance control, this is an approach that must lead us to a closed loop economy in order to control our consumption energy requirements. An example is Prof. Dr. Dirk Althaus, a co-founder of the Ecological Building in Germany, who during his time as a researcher at the University of Hanover already interpreted





FIG. 1 PET bottles.

the ideas of “ex and hop architecture”, an architecture that limits the energy required for a limited lifetime, or the search for the lightest possible architecture Frei Otto’s textile architecture in a completely new light <sup>151</sup>. Althaus also discovered already existing concepts for sustainability with entire scenarios of the overall economy – for example the German national economist Johann Heinrich von Thünen, who, with his models of a sustainable city and thus also of society, is developing sensible overall solutions for a self-sustaining city based on the energy source sun with an agriculturally used surrounding area. Of course, in a modern society with megacities this can be questioned and we can observe similar topics in other places and certainly in less comfortable climatic zones than in Central Europe – but the sense of the solution remains obvious <sup>151</sup>. Against this background we must ask ourselves how we want to deal with the house energetically – operational and material-bound energy – embodied energy. When we consider how long we want to use a house, we can define what we want to invest in energy, knowing that the energy to build and operate is just an expression of different forms of energy. In concrete terms: short lifetime of the building implies – apart from other categories – the lowest possible use of energy for construction, possibly with the disadvantage that operational energy is not used in an optimized way for the corresponding function of the building. On the other hand, it may make sense to put a lot of energy into a building that we know will have a long lifetime to minimize operational energy. The only question is how this can be decided and how these parameters, which have a considerable influence on the design of the building – the choice of materials and construction – can be integrated correctly and early enough into the design.



FIG. 2 Glass.

Nowadays several databases do compete with each other to be used for a calculation of the invested energy for a construction, allowing us to compare the construction, depending on the detailed level and the location. Even recycling rates are implemented in these data bases, so in general the opportunity to compare the circularity potential of a construction does exist. Obviously the results do depend of the detail level of the knowledge of the construction, the depth of investigation of the material production and recycling and its energetic performance and the accuracy of involved transport energy – all in all parameters, which can consequent a large range of results, but this can be solved by more knowledge and deeper research.

And now comes politics and society. What do we want and where are we going?

And now comes politics and society. What do we want and where are we going? More importantly, how do we explain to each other what is good and what is bad? Another example: naturally renewable raw materials are better! Logically, since they grow again and are virtually automatically generated by using the sun as an energy source – the perfect solution for the Thünnische Kreise – the circles of use of material by Heinrich von Thünen . Wood is such a raw material, some processing and transport must be submitted, but otherwise it needs hardly



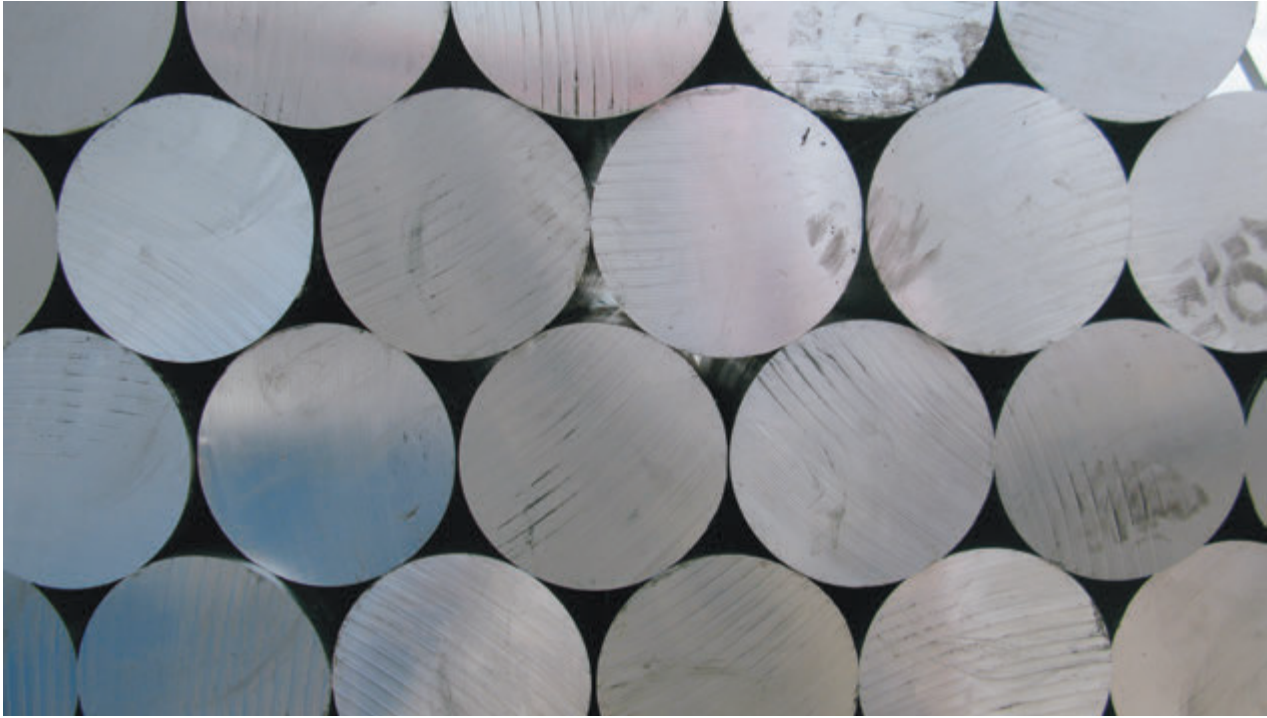


FIG. 3 Aluminum.

any energy for production. And even better, wood stores CO<sub>2</sub>! Let us therefore compare the production of a brick wall in solid construction with a wooden wall, for example in block construction, in purely qualitative terms: While the brick is extruded from clay and must be fired, wood only needs to be harvested. In this assumption, we regard transport as less influencing due to distance. It is therefore logical that the clay requires more energy for the excavation from the soil and the production process, including the energy-intensive firing process. And then there is the advantage of wood to store CO<sub>2</sub>! The European brick industry is accordingly agitated when this argument is put forward by the wood industry. And then recycling: bricks cannot be recycled in the same quality – only downgrading as aggregates is possible. Wood can be burned, i.e. it can be used as an energy source. However, it then releases all CO<sub>2</sub>, which is bound, again!

Bricks cannot be recycled in the same quality – only downgrading as aggregates is possible.

Here we also come to the problem that wood has as a material: yes, a natural, sun-fed origin and a storage of CO<sub>2</sub>, but this is released when wood is used energetically – that is, burnt. This means that it can be used as a building material and later converted into energy, but can only be used once in a cycle. Direct recycling of the material is generally conceivable, but with the current



FIG. 4 Timber.

construction products with their small-scale dimensions it is almost impossible to realize – the material is just too efficiently used and processed into special components, so that only – as it is called so optimistically – “thermal re-use” is possible.

The advantage of aluminium, recycling at the same quality level is possible.

In contrast, a large amount of energy is used in the production of aluminium, since the raw material must first be extracted in opencast mining, then smelting takes place and the raw material must then be processed into components. Transport is also not insignificant, as aluminium is not as widespread regionally as wood. However, and there is the advantage of aluminium, recycling at the same quality level is possible – and this is considerable if we want to position ourselves fundamentally on the subject of circularity. A raw material that can be used again and again with as little loss as possible is an optimum material for this – especially in the construction industry, in which we use a comparatively large amount of material for the functions. And now again the question of representation and understanding: A colleague who cannot be named here but is very competent in his field complained to the aluminium industry that, for example, façades appear much worse than wooden façades against the



background of the energy required for their one-time use – similar to the consideration with the target groups above. The façade industry considered suing these colleagues for damage to their reputation and was only prepared to deal with the subject through intensive efforts – with the result that it was understood that the raw material used to produce extruded façades is a good base material for recycling after its use and can very well be brought into a circular flow. Linda Hildebrand stated the potential in her doctorate [5] with approx. 60%, which can be increased to over 85% by means of more easily dismantled profiles. Once this was understood, the two parties were then good partners and the façade industry concerned claims today to use 90% recycled material – perhaps a bit too high value, but it shows the potential both in the technology of recycling and in its designability.

In the same way we can look at the materials glass and thermoplastics. Complex to manufacture but, if single type and / or simply demountable designed, good to recycle. A process that can be repeated indefinitely except for the losses in deconstruction.


It is basically clear to us that burning crude oil as a raw material makes no sense.

If we look at the development of energy supply, it is basically clear to us that burning crude oil as a raw material makes no sense – both in terms of CO2 pollution and in terms of wasting the raw material, which should better be used for products and components, preferably those thermoplastics that are easy to recycle. This basic understanding presupposed – even though I am aware that we will continue on this wrong path for decades to come, thanks, for example, to new methods of extraction – the fundamental assumption that renewable energy sources such as wind and solar energy will eventually lead to the extraction and production of raw materials and further processing into building materials with this energy source being possible. And then the high expenditure in the production of aluminium, glass and thermoplastics will no longer be significant in terms of CO2 emissions. And the material wood: once stored CO2 is emitted during thermal recycling – a zero-sum game and thus entirely in the sense of circularity – but also no better.

## References

---

- [1] <http://de.wikipedia.org/wiki/Thermodynamik>
- [2] Leibundgut, Hans-Jörg: Zero Emission LowEX, Zürich, 2010
- [3] Althaus, Dirk: Nachhaltigkeit, Berlin, 2009
- [4] Ulrich Knaack, Linda Hildebrand: imagine 5 – energy, Rotterdam 2011
- [5] Linda Hildebrand: Strategic investment of embodied energy during the architectural planning process, TU Delft 2014



“Technologie is niet de limiterende factor, ook geldt is dat niet, inclusiviteit blijkt veelal de sleutel tot succes”

A stylized graphic of a human figure, composed of overlapping circles and shapes in shades of green and grey, positioned on the left side of the page.

# INCLUSIEVE PRODUCTIVITEIT

## DOELMATIG NAAR EEN VEERKRACHTIGE SAMENLEVING

WART LUSCUERE

### OVER WART LUSCUERE

Wart Luscuere is bij meerdere projecten betrokken geweest omtrent duurzaamheid en C2C® als technologie onderzoeker en sinds 2011 als consultant bij 'Inspired Ambitions'. Hij werd lid van het team dat 'The Ocean Cleanup' opbouwde, waar hij expedities begeleidde als veldonderzoeker en onderzoeksapparatuur mede ontwierp. In 2016, als secretaris van de werkgroep 'circular economy', werkte hij samen met Jeremy Rifkin en zijn team om een haalbaar transitiepad te identificeren voor het project 'Roadmap Next Economy' welke als investeringsstrategie diende in de MRDH-regio. Vanaf begin 2017 is hij medeoprichter van het bedrijf 'Beyond Sustainability'.





# INCLUSIEVE PRODUCTIVITEIT

## DOELMATIG NAAR EEN VEERKRACHTIGE SAMENLEVING

WART LUSCUERE

In de laatste jaren ben ik door verschillende projecten met uiteenlopende uitdagingen in aanraking gekomen. Vooral nog leken deze ervaringen ver van elkaar af te liggen, toch blijken ze meer met elkaar van doen te hebben dan in eerste instantie gedacht. Vaak wordt er lokaal geacteerd, maar is de achterliggende problematiek universeel.

Veel problemen kunnen beter aangepakt worden wanneer deze als uitdaging gezien worden, dit zal niet als heel vernieuwend klinken. Het is vaak een kwestie van perspectief of iets als probleem of kans ervaren wordt. Door het betrekken van andere belanghebbenden, het op één lijn brengen van ieders belangen en door een gelijkwaardig speelveld te creëren komt vaak collectief gezien een grotere waarde naar voren. Het in staat stellen meerdere partijen te laten participeren kan ervoor zorgen dat er onvoorziene voordelen uit voortvloeien.



Wat eerder primair als probleem gezien werd, blijkt soms bijzaak te zijn, ondergeschikt aan de potentiële meerwaarde. Het is wel van belang in de gaten te houden of het oorspronkelijke probleem ook echt opgelost is. Een dergelijke inclusieve aanpak leidt vaak tot nieuwe inzichten en kansen die vanuit een enkel perspectief voorheen ongezien zouden zijn. Dit is een voordeel dat voort kan vloeien uit een gezamenlijke aanpak die ik 'multi-benefits' noem.

Inclusiviteit is de vertegenwoordiging van ieders belang, of het nu gaat om de energietransitie te verwezenlijken met materiaalschaarste in het achterhoofd, het ontsluiten van de circulaire economie wat nieuwe businessmodellen vereist of alle belanghebbenden in staat te stellen te participeren. Het maken van een toekomstbestendige en veerkrachtige samenleving, wat absoluut een groot goed is in onze toekomstige stedelijke ontwikkeling, het valt en staat mijns inziens bij het ontwerpen en bouwen van onze omgeving door middel van een inclusieve aanpak.

## Inclusiviteit is de vertegenwoordiging van ieders belang.

Uit een drietal projectervaringen put ik hoop dat het bereiken van de eerder gestelde doelen zeker mogelijk en haalbaar is. Dat baseer ik op het inzicht dat er bijna op elk vlak technisch haalbare oplossingen voorhanden zijn. Maar hoe organiseren we dit economisch en sociaal? De vraag is al lang niet meer welke kant we op moeten bewegen, maar hoe dit precies aan te pakken en hoe snel een verandering teweeggebracht kan worden. Repliceerbaarheid, schaalbaarheid en decentralisatie van onze systemen spelen een grote rol in de ondersteuning en het versnellen van een transitie waarbij een zekere mate van zelfvoorzienendheid bijdraagt aan de toekomstbestendigheid en veerkracht van onze steden. Er wonen nu zo'n vier miljard mensen in stedelijke gebieden, naar verwachting zijn dit er in 2050 wereldwijd ongeveer zeven miljard<sup>1</sup>. Gezien de te verwachten stedelijke groei laat een simpel rekensommetje zien dat er de komende dertig jaar elke maand een stad ter grootte van New York<sup>2</sup> bijgebouwd zal moeten worden<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup>  
<https://esa.un.org/unpd/wup/publications/files/wup2014-highlights.pdf> – Pagina 11, 'Trends in urbanisation'

<sup>2</sup>  
<https://www.census.gov>

<sup>3</sup>  
NYC inwoners in 2018 ca. 8,6 Miljoen. Groei in urbane populatie zo'n drie Miljard over dertig jaar. Groei per maand zo'n 8,3miljoen





FIG. 1 De plastic problematiek, nog maar het topje van de ijsberg? (Flickr Creative Commons).

#### TOC - 'THE OCEAN CLEANUP' - ERVARING EN DOEL VERSUS REALITEIT

Het project 'The Ocean Cleanup' werd in 2013 opgezet met als eerste doel een inventarisatie te maken van de plasticproblematiek in de oceaan en een haalbaarheidsstudie te doen naar het opruimen hiervan. Als kernteamlid van dit project heb ik vanaf de start gedurende enkele jaren veldonderzoek gedaan, expedities voorbereid en begeleid en ook onderzoeksinstrumenten mede ontwikkeld. Hierbij heb ik enkele inzichten opgedaan wat betreft de noodzaak van de aanpak van de plasticproblematiek in onze oceaan.

De enorme toename aan plasticproductie door de decennia heen heeft ervoor gezorgd dat er steeds meer in de natuur terecht komt. Plastic dat via waterwegen uiteindelijk – soms na jaren – het laagste punt opzoekt, dit is altijd een oceaan, drijft hier eindeloos rond totdat het óf aangezien wordt als voedsel door een vogel of zeedier óf onder invloed – van met name – UV-straling degradeert. Plastic vergaat niet zomaar, maar degradeert en valt uiteen in kleinere stukjes, die dan in de voedselketen terecht kunnen komen wat tot bioaccumulatie kan leiden. Deze microplastics kunnen zich daarbij als een spons gedragen voor sommige (natuurlijke) verontreinigingen, die voor mens en dier in 'normale' of natuurlijke concentraties onschadelijk lijken, maar die zich tot schadelijke niveaus kunnen concentreren. We eten en ademen inmiddels plastic. We leren nog maar net de consequenties kennen van decennia oud plastic afval. De mensheid is de oceaan en zichzelf in feite langzaam aan het vergiftigen.

Het opruimen van dit plastic, waarvan de haalbaarheid door 'The Ocean Cleanup' onderzocht wordt – hoewel absoluut noodzakelijk – is echter niet voldoende. Hiermee redden we het niet, er is meer nodig. Het is dweilen met de kraan open en die kraan moet dicht! De bron van de vervuiling moet aangepakt worden. Niet alleen door betere inzameling, maar ook door educatie, door het afvangen van afval bij rivierdelta's voordat dit de oceaan bereikt of door strengere wetgeving op vervuiling. Dat alles helpt ervoor te zorgen dat er minder weglekt; plastic dat niet in het water terechtkomt, hoeft immers ook niet opgeruimd te worden. Toch laat dit onverlet dat er nu zoveel mogelijk van het plastic opgeruimd moet worden, aangezien het vrijwel onmogelijk is dit uit het water te krijgen wanneer het gedegradeerd is en het verregaande impact kan hebben op de gezondheid van de oceaan, haar ecosystemen en in het verlengde op ons eigen welzijn.

Het opruimen van dit plastic – hoewel  
absoluut noodzakelijk – is echter niet voldoende.  
Het is dweilen met de kraan open.

Het feit dat er regelmatig een dolfin stikt in een plastic zak, een walvis niet genoeg voedsel tot zich kan nemen door een volle maag met plastic, een zeeschildpad verstrikt raakt in een net en stikt na een uitputtingsslag of een zeevogel het onderscheid niet kan maken tussen voedsel en afval, wat op zich al erg genoeg is, is niet het hele probleem. Het maakte de plasticproblematiek wel zichtbaar, vestigde hier wereldwijd de aandacht op en raakte bij veel mensen een gevoelige snaar. Mensen voelden zich door hun alledaagse gebruik van plastics betrokken bij het probleem en velen wilden daarom ook bijdragen aan een oplossing. De bereidwilligheid van mensen om te participeren binnen het project of om simpelweg via crowdfunding te doneren gaf aan dat dit een kantelpunt kon zijn. Er ontstond een bewustzijn omtrent deze problematiek waarbij er een momentum op gang kwam die nodig was om ook bij bedrijven en overheden zichtbaar te maken dat er iets veranderen moet. Deze bereidwilligheid uitte zich niet alleen in dit initiatief; inmiddels zijn er vele goede initiatieven, lokaal, regionaal en internationaal. Ook in wet en regelgeving worden belangrijke stappen gezet om deze problematiek serieus aan te pakken. Het momentum is aan onze zijde, laten we dit benutten. Het risico is wel dat de betrokkenen gedesillusioneerd raken, omdat er geen échte oplossing geboden wordt door een niet-aflatende aanvoer naar de oceaan of dat bedrijven slechts PR-stunts uit willen halen. Het gebruiken van oceaanplastic als PR-stunt voor bijvoorbeeld kleding is een zeer slecht idee, niet alleen kan het giftig zijn door opgetreden degradatie en concentratie van mogelijke gifstoffen, ook schiet het voorbij aan het doel dat er juist een alternatief gevonden moet worden. Wat doen we met deze kleding na gebruik en hoeveel microplastics spoelen er door wanneer we deze kleding wassen, wat komt daarvan terecht in het rioolwater en uiteindelijk in de oceaan?

Zonder initiatieven zoals 'The Ocean Cleanup' was de urgentie rondom de problematiek waarschijnlijk niet zo bekend geworden. Het is én-én: benut het enthousiasme van de opruimbeweging terwijl er een échte oplossing geboden wordt waarmee toekomstige problematiek voorkomen kan worden. Pas dit gecombineerd toe zonder de sociale investering te misbruiken of te verliezen om een effectief positieve verandering te bewerkstelligen.

Er zal een alternatief geboden moeten worden, zodat we met z'n allen die kraan écht dicht kunnen draaien, bijvoorbeeld met een biobased en beter nog ook biodegradable<sup>4</sup> alternatief voor wegwerpplastics. Wanneer het lukt een dergelijk alternatief te maken, zal dat er ook voor zorgen dat de bijkomende schade enorm afneemt; een picknickbord kan composteren wanneer het in een bos achterblijft en een bekertje dat wegwaait op het strand kan oplossen in de branding. Netjes is dit natuurlijk niet, maar de eerdere negatieve impact is in een potentieel positieve bijdrage aan het lokale ecosysteem, het gebruikte materiaal is immers een voedingsstof geworden. Mits het biobased én biodegradable is, ontworpen voor compostering en geen schadelijke additieven in zich heeft. De gebruikte grondstof kan een waarde vertegenwoordigen en zo ontstaat er een prikkel deze grondstof hernieuwbaar te gebruiken.

#### HET LIJKT TOCH ZO LOGISCH, WAAROM DOEN WE DIT DAN NIET?

De EU heeft onlangs (2018) een wetsvoorstel gedaan waarbij het gebruik van wegwerpplastics in de nabije toekomst aan banden gelegd wordt. Toch behelst dit nog maar een fractie van de werkelijke problematiek. Ook is momenteel verreweg de grootste vervuiling afkomstig uit rivieren voornamelijk in China en Afrika. Dat wil echter niet zeggen dat wij in Europa hier niet de leidersrol zouden moeten nemen.

Wereldwijd gaan er stemmen op de plasticvervuiling aan te pakken. Er ontstaat een wereldwijde vraag naar een haalbaar en betaalbaar alternatief. De biobased chemie staat nog in haar kinderschoenen, maar hier ligt wel een grote kans voor Nederland. Als innovatieland bij uitstek en als kennisexporteur zouden we moeten investeren om aan de vraag naar betaalbare, haalbare alternatieven op dit vlak te voldoen.

Een voorbeeld van een project dat hierin een belangrijke rol kan spelen, heb ik leren kennen door de volgende activiteit binnen de Roadmap Next Economy (RNE).

---

<sup>4</sup>

Let op, biobased is niet persé ook biodegradable. Biodegradable is geschikt voor een composteringsproces.

In de MRDH (Metropoolregio Rotterdam Den Haag) was ik in 2016 betrokken als secretaris van de werkgroep 'Circulariteit', welke later bekend stond als de werkgroep 'Circular Economy'. De taak was bedrijven, technologieën en projecten te identificeren die bij zouden kunnen dragen aan het versnellen van de implementatie van circulariteit in de regio in de zogenaamde Roadmap Next Economy.

Er kwamen veel kansrijke en veelbelovende projecten en voorstellen voorbij. Er werd vooral gekeken naar de mate van schaalbaarheid, repliceerbaarheid en impact die deze beoogde technologieën teweeg konden brengen binnen de regio. Hierbij kwamen werkelijk alle mogelijke schaalniveaus voorbij en was het vooral belangrijk ook in te zien in hoeverre een project bij kon dragen aan een transitie in de regio, de circulaire economie kon ontsluiten of een gelijkwaardig speelveld voor iedereen kon genereren waardoor participatie gestimuleerd wordt.

De beoordeling van deze projecten werd deels gedaan op basis van de hernieuwbaarheid die ze in zich hadden, ook werd er gekeken naar de regio en hierin werden twee karakteristieke gebieden meegenomen: 'de glazen stad' en de haven met al haar activiteiten. Beide zijn momenteel zwaar afhankelijk van de fossiele brandstoffen die de regio om meerdere redenen in de nabije toekomst kwijt kan en/of wil raken en beide zijn een hoeksteen van de arbeidsmarkt in deze regio en in feite hoeksteen van de Nederlandse economie. Heel Europa heeft te maken met verouderde fossielgebaseerde industrie en zal moeten inspelen op veranderende arbeidsmarkten met betrekking tot automatisering en robotisering. Een groot bedrijf als Shell kan altijd haar verlies nemen en is dan weg uit Rotterdam, de stad zelf kan zich dit niet veroorloven en is dan overgelaten aan de grillen van deze monolieten. Ook de kassencomplexen, die technologisch zeer hoogwaardig zijn, zouden hun business kunnen zien opdrogen wanneer productie verplaatst wordt naar de landen waar nu naar geëxporteerd wordt, waar vaak al een gunstiger klimaat is. Benut de technisch hoogwaardige glastuinbouwsector om meerwaarde te creëren in hoogwaardiger producten ten behoeve van veeleisende sectoren zoals de farmacie. Ook zou een toekomstige invoering van een (eerlijke) CO<sub>2</sub>-taks en een belasting op kerosine – als daar überhaupt ooit belasting over betaald gaat worden – een grote impact op deze sectoren hebben.

De industrie in deze twee kerngebieden moet zich voorbereiden op nieuwe kansen in de markt en zodanig de transitie ondersteunen waarmee ze verdwijnende activiteiten en banenverlies voor blijven. Een grote kans voor Nederland is het ombouwen van olie- naar bioraffinaderijen wat al eens gedaan is in Italië door Novamont. Twee ontwikkelingen speelden een grote rol bij dit succes: de boeren hadden braakliggende akkers omdat ze niet meer konden concurreren op de Europese markt en centrale wetgeving werd geformuleerd om (fossiele) plastic tasje en landbouwplastics te verbieden ten gunste van biobased alternatieven. Tevens werden de kosten van het opruimen van een olieraffinaderij geschat op zo'n twee miljard euro, terwijl het ombouwen van een olie- naar een bioraffinaderij 'slechts' een half miljard euro kost, voornamelijk omdat de ondergrond dan niet – en misschien wel nooit – zal worden gereinigd.



FIG. 2 Europoort, een uitgelezen kans voor een biobased industrie? (Arwin Meijer).

Wanneer dit in Nederland toegestaan zou worden, gunt Nederland de eigenaar van een olieraffinaderij in feite per direct een bonus van anderhalf miljard euro. Onbegrijpelijk dat vanuit het perspectief van de industrie hier nog niet op ingezet is. Even los van de vraag of het niet-reinigen van vervuilde ondergrond wenselijk is.

Terug naar Italië, de boeren gingen distels verbouwen op hun voorheen braakliggende akkers en deze werden als grondstof gebruikt in deze bioraffinaderij om vervolgens biobased plastics te maken. Twee vliegen in één klap! Biobased wil nog niet zeggen dat alle problemen verholpen zijn, hier worden biobased brandstoffen geproduceerd welke resulteren in kortcyclisch CO<sub>2</sub>, weliswaar in plaats van langcyclisch CO<sub>2</sub> (gewonnen uit fossiele bronnen). Ook kan er een argument opgeworpen worden dat de biobased industrie met de voedselproductie concurreert, zoals bijvoorbeeld de maïsproductie in Amerika primair aan de biobrandstofindustrie toelevert in plaats van aan de voedselsector. Deze opkomst zorgde voor buitensporige stijging van tortillaprijzen in Mexico.

Een dergelijke keuze, het ombouwen van een olie- naar bioraffinaderij, heeft allerlei bijkomende lokale effecten die ondersteunen in de decentralisatie en de versnelling van een energietransitie. Ook heeft dit positieve neveneffecten op het gebied van werkgelegenheid, toekomstbestendigheid en het is een opstapje naar een heel nieuwe industrie, de biobased chemie.

Nederland kan voorop lopen in een industrie die momenteel volledig in haar kinderschoenen staat. Het liefst met de huidige grote jongens voorop aangezien zij de kennis, het geld en de infrastructuur al hebben, echter laat de gevestigde belangen zeker niet leidend zijn. De regio moet preventief handelen, hier ligt een grote kans voor Nederland, als innovatieland bij uitstek en als kennisexporteur, op het gebied van circulariteit. Ook de inzameling van grondstoffen is waardevol. Verbranding van materialen zou al snel teruggedrongen kunnen worden. Deze materialen vertegenwoordigen een grote waarde waar bedrijven andere toepassingen voor kunnen vinden. Ook wordt de eindverantwoordelijkheid van wegwerpplastics niet enkel bij de consument neergelegd als eindgebruiker, in feite ontstaat er een oplossing in gemeenschappelijkheid. Het meeste zou – bij een goed ontworpen stroom – in theorie op één hoop kunnen aangezien het van dezelfde oorsprong komt. Dit zou een doel op zich moeten zijn, consumentenverpakkingen en plastics ontwerpen voor één verwerkingsproces en hernieuwbaarheid inbouwen. Nu worden er namelijk per gemeente pilots uitgevoerd en wanneer er te vaak gedragsverandering van mensen gevraagd wordt, kan het vertrouwen geschaad worden. Hier dient voorzichtig mee omgesprongen te worden, de broosheid van de welwillendheid en de participatie is op zichzelf al waardevol genoeg. Ook kan het helpen wanneer er minder soorten plastic zijn, uitiem één soort, zo kan er gemakkelijker ingezet worden op participatie door de samenleving en mag de verwachting veel hoger zijn wanneer bijvoorbeeld alle verpakkingsmaterialen gewoon bij elkaar kunnen, omdat dit zo ontworpen is en aansluit op een hoogwaardig recyclingsysteem. Hierin schuilt een oplossing voor de grotere plasticproblematiek.

#### HET LIJKT TOCH ZO LOGISCH, WAAROM DOEN WE DIT DAN NIET?

We kunnen ervoor kiezen biobased plastics en zelfs biodegradable alternatieven te ontwikkelen en toe te passen op grote schaal en hiermee fossielgebaseerde plastics te vervangen, ware het niet dat de gangbare fossielgebaseerde plastics nog steeds zeer concurrerend zijn door verkapte subsidies gegeven het feit dat de geëxternaliseerde kosten hiervan niet meegerekend zijn. Tot de tijd dat dit eerlijk meegenomen wordt, lijkt het erg lastig compleet over te stappen.

Iedereen kan op zijn eigen manier participeren. Om de industrie in beweging te krijgen is het nodig dat er vraag ontstaat naar alternatieven. Vraag ernaar, vermijd verder gebruik van traditioneel plastic waar mogelijk en ruim het goed op.

In het najaar van 2016 werd vanuit de TVWL – een groep technisch specialisten – een reis georganiseerd naar onder andere het eiland Samsø in Denemarken. Belangrijkste rede voor dit bezoek was de energietransitie die dit eiland in een tiental jaren heeft doorgemaakt, en belangrijker nog hoe de eilandbewoners dit voor elkaar hebben gekregen.

Het was al snel helder dat bij het wonen op een eiland mensen meer op elkaar aangewezen zijn. Een bepaalde mate van zelfvoorzienendheid is van grote waarde. Dit kan een zekere geruststelling geven. Producten of diensten zijn op een eiland nu eenmaal moeilijker toegankelijk dan in een meer stedelijke omgeving. Een flink gedeelte van de kosten van een eilandbewoner komt voort uit de prijs van (fossiele) brandstof die geïmporteerd moet worden, zo kan een lokaal product of dienst – denk aan duurzame energie – in potentie veel waarde vertegenwoordigen of vrijmaken voor de gemeenschap. Het gaat er niet persé om meer te verdienen, maar goedkoper te leven.

## Ingrijpende veranderingen gaan vaak gepaard met moeizame en tijdrovende processen.

Op enig moment zagen enkele boeren zich genoodzaakt, door de dalende melkprijzen, op zoek te gaan naar alternatieve inkomstenbronnen, de kans was windenergie. Geholpen door een gunstige ligging en energietarieven was het financieel haalbaar om in te stappen op de energiemarkt, de eerste windmolens waren een feit. Gedreven door de relatief hoge prijs van geïmporteerde energie, leek er een grotere kans te liggen. Wel was de gouden piek in de Europese energiehandel bereikt en na een bepaalde periode leek zelfvoorzienendheid de grootste waarde. Windmolens vragen flinke investeringen en (onverwacht) onderhoud kan een eigenaar ook flink op kosten jagen, een collectieve aanpak was wenselijk. Goed voorbeeld doet volgen en al snel werd de eerste dorpsvergadering belegd, mede gestimuleerd door een gewonnen prijsvraag om Samsø energieneutraal te maken. Hierbij werd de ambitie uitgesproken op het eiland zelf de benodigde energie op te wekken.

Ingrijpende veranderingen gaan vaak gepaard met moeizame en tijdrovende processen (lees: 'not in my backyard' met betrekking tot windmolens), toch is het de bewoners op Samsø gelukt om dit redelijk vlot gedaan te krijgen. Hoe hebben ze dit nu voor elkaar gekregen?





FIG. 3 Energi Akademies, ontmoetingsplaats voor 'Samsings', geïnspireerd uit het Vikingentijdperk (Atle Grimsby).

Uit collectivisme en in de lijn van de traditie van de oude Vikingen werd er een historische cirkelvergadering gehouden, waarbij iedereen welkom is en gelijkwaardig naast elkaar zit. Bestuurders, vissers, de burgemeester en monteurs zitten allen gelijkvloers waarbij een schild (of praatstok) doorgegeven wordt dat als focuspunt dient om mensen goed naar elkaar te laten luisteren. Door alle belangen en zorgen aan te horen kon er zo rekening mee worden gehouden dat niemand vergeten werd in dit proces. De lokale loodgieter wilde wel eens weten wat er met zijn baan zou gebeuren, de oplossing was hem om te scholen om onderhoud te kunnen plegen aan het nieuw te plaatsen warmtenet. Een ondernemer die bang was dat toerisme zou opdrogen, was positief toen hij mee kon denken over waar deze molens het meest rendabel waren.

De boer die zijn uitzicht verpest zag, vond een extra inkomstenbron. Op de vraag of het wel zo netjes was windmolens te plaatsen op dit idyllische eiland, volgde een veelzeggend antwoord van de boer die de eerste windmolen plaatste op Samsø: "Het is ook niet zo netjes elke keer een klein kopje olie te lenen in het Midden-Oosten". De financiële constructie waarbij alle bewoners primair financieel mochten participeren in deze investeringen, of zij nu geld hadden op dat moment of niet, trok ze over de streep. Pas wanneer iedereen ermee instemde met het samen ontwikkelde plan, werd een besluit tot uitvoering genomen. Deze inclusieve aanpak, ook financieel, heeft de gemeenschap dus een gezamenlijk belang gegeven waarbij iedereen desgewenst kon participeren. De lokale overheid en bank hebben hierbij uiteraard een belangrijke rol gespeeld door garant te staan en het financieel mogelijk te maken voor mensen die bijvoorbeeld over langere tijd hun investering wilden aflossen. Een energierekening moet immers toch iedere maand betaald worden, dan kun je maar beter mede-eigenaar zijn van het energiesysteem.

Tien jaar later was het eiland omgetoverd  
van (fossiele) energie-importeur naar  
netto duurzame energie-exporteur.

Technologisch gezien waren deze windmolens misschien niet het meest modern, ook energietechnisch liet het warmtenet nog te wensen over, merkten ook de technici op die meegerisd waren, maar het werkte doordat er collectief voor gekozen is. Zelfvoorzienendheid is voor deze gemeenschap uiterst belangrijk en geeft hen veel meer dan enkel dat beetje energie, het is een stukje zelfbeschikking en delen in (financieel) belang. Vanuit de noodzaak van een andere aanpak, met de boerennuchterheid van wat wel of niet werkt, met het technische vernuft van de lokale energieacademie en met de gedrevenheid van de lokale (van oorsprong geboren Nederlandse) burgemeester is het ze gewoon gelukt. Binnen tien jaar was het eiland omgetoverd van (fossiele) energie-importeur naar netto duurzame energie-exporteur, vooral door windmolens te bouwen en een warmtenet aan te leggen waar veel huizen op aangesloten zijn. Ze kiezen er gewoon voor.

HET LIJKT TOCH ZO LOGISCH, WAAROM DOEN WIJ DIT DAN NIET?
--

Wat weerhoudt Nederland, poldermodel van de poldermodellen, deze lessen toe te passen? In Samsø werkt het niet alleen omdat het een eiland is, maar omdat iedereen erbij betrokken is. Van oudsher hebben onze voorouders Nederland gezamenlijk opgebouwd, polderen zit ons in het bloed, hier kan het dus niet aan liggen. In Nederland kan het dus de truc zijn de eilanden in de gebouwde omgeving te identificeren, ook is het de truc de gedeelde belangen in te zien en te (h)erkennen en iedereen deelgenoot te maken van de oplossing en zodanig een inclusieve aanpak te organiseren.

## Wat weerhoudt Nederland, poldermodel van de poldermodellen, deze lessen toe te passen?

Dit zouden we kunnen bereiken door veerkracht in onze steden in te bouwen. We moeten beter leren samenwerken om meer waarde uit onze huidige systemen te halen, de energietransitie te bewerkstelligen, de circulaire economie te ontsluiten en een écht inclusieve samenleving op te zetten.

Het valt en staat bij een goede samenwerking tussen industrie, overheid en de mensen zelf; het vinden van de 'multi-benefits', hierbij is een inclusieve aanpak de sleutel tot succes.

TOC
-----

Het project 'The Ocean Cleanup' werd vroeg een succes vooral door de mate van participatie wereldwijd in de vorm van crowdfunding, maar bijvoorbeeld ook door deelname in beach cleanups en citizen scientists. De gelegenheid voor mensen om, veelal via social media, in contact te staan en mee te denken over oplossingen heeft in grote mate bijgedragen aan het slagen van de bewustwording van de plasticproblematiek. Technologisch – hoe kostbaar ook – lijkt het mogelijk het plastic aan het wateroppervlakte op te ruimen, veel effectiever is het om de vervuiling niet te veroorzaken. Een alternatief voor plastics kan betaalbaar zijn wanneer het niet in competitie hoeft te zijn met een fossielgebaseerde en oneerlijke concurrent. Wereldwijd lijkt de vraag naar een alternatief te groeien, dit lijkt mij een uitgelezen marktkans. Wanneer we hier als collectief op acteren, zijn we de regelgever in feite een stap voor. Veel industrie lijkt – ondanks publieke druk – toch te wachten op de overheid.

## MRDH - RNE

Bij Novamont was de succesfactor de ombouw van olie- naar bioraffinage, het erbij betrekken van de lokale boeren zorgde ervoor dat dit een succes werd. In Nederland toegepast biedt dit de mogelijkheid vanuit synergie tussen traditionele fossiel gebaseerde industrie en glastuinbouw een transitie te bewerkstelligen in de richting van biobased industrie. Vanuit het perspectief van de industrie is het economisch een betere keuze een raffinaderij om te bouwen dan af te breken. De glastuinbouwsector zou zich veel meer kunnen richten op hoogwaardiger sectoren, zoals de farmacie. Beide met als bijkomend voordeel dat banen behouden blijven. Tenslotte biedt deze transitie richting biobased de mogelijkheid een geheel vernieuwende sector met enorme potentie op te bouwen namelijk de biobased chemie.

## SAMSØ

En op het eiland Samsø in Denemarken zorgde het in gelegenheid stellen van de eilandbewoners om (financieel) te participeren en deelgenoot te zijn van het beslissingstraject ervoor dat de eerste stap in de energietransitie een breedgedragen succes werd. Dit succes voedde dan ook de verdere ambitie naar een compleet fossielvrij eiland in 2030 en breder gezien een meer circulaire aanpak op andere gebieden zoals de voedselproductie. Door de inclusieve aanpak kwam er een gezamenlijk inzicht en de keuze om deze energietransitie in gang te zetten. Van energie-importeur, naar netto duurzame energie-exporteur en met een toekomstvisie op fossielvrij. Technologie was niet de limiterende factor, ook het geld was dit niet, inclusiviteit bleek de sleutel om er zo gezamenlijk voor te kiezen. De mogelijkheid van participatie van alle belanghebbenden in de lokale productiviteit noem ik dan ook 'Inclusive Productivity'. Samsø is hier een mooi en goedwerkend voorbeeld van. Wanneer er vaker vanuit een dergelijke inclusieve aanpak gehandeld zou worden, zou dit in andere projecten ook zijn (soms onverwachte) positieve effecten kunnen hebben.

We moeten durven een écht inclusieve aanpak te organiseren, mensen in hun omgeving deelgenoot te maken van de vaak voor de hand liggende oplossingen. Dit vergt niet alleen technisch vernuft, ook financiële durf en juist een gemeenschappelijke aanpak.

Laten we dit gaan doen!



“People have been found to be willing to trade off private garden space for a larger high quality park space.”

# NATURE INTEGRATED HYBRID INFRASTRUCTURE:

## MAXIMIZING THE POTENTIAL ROLE OF URBAN NATURE IN GENERATING CIRCULAR ECONOMY COMMUNITIES

GIANCARLO MANGONE  
PHD, M. ARCH.

### ABOUT GIANCARLO MANGONE

Giancarlo Mangone, PhD., M. Arch., is Principal of Symbiosis: Sustainable Design + Consulting. His award-winning international design research and work with municipalities, NGO's, multidisciplinary research departments, and leading design and engineering firms, demonstrates that designing communities through the integration of buildings, landscapes, and social, technical, ecological, and economic infrastructure, generates higher performing and more vibrant communities, and helps foster resilient, local circular economies. Giancarlo is regularly invited to present his work internationally, such as for the Canadian Museum of Nature, Institute of Sustainable Urbanism, University of Sydney, and City of Jakarta. Learn more at [www.symbiosisarchitecture.com](http://www.symbiosisarchitecture.com).







# NATURE INTEGRATED HYBRID INFRASTRUCTURE:

## MAXIMIZING THE POTENTIAL ROLE OF URBAN NATURE IN GENERATING CIRCULAR ECONOMY COMMUNITIES

GIANCARLO MANGONE  
PHD, M. ARCH.

### 1. INTERDEPENDENCY OF SOCIAL, ECOLOGICAL, AND ECONOMIC ISSUES TO FOSTER A CIRCULAR ECONOMY

While substantial investment and development of a myriad of technical innovations and strategies are needed to generate a circular economy, there is considerable evidence that in order to be successful, local social issues must be resolved as well. Technical solutions to ecological issues tend to generate rebound effects, wherein the overall impact of a technical solution is reduced or in some cases negative.<sup>11</sup> Communities that have tried to make their cities more sustainable through strictly technical solutions, without addressing local social issues, have unwittingly caused more harm than good.<sup>12,31</sup>

The current, and increasing, dearth of affordable housing and rental units, is harming the Dutch economy, by increasing costs of living and reducing resident mobility. If these shortages continue long term, their impacts will stifle the development of a circular economy and reduce the size of the Dutch workforce, by pushing young professionals, low income residents, and students into the suburbs and other countries. This will cut off their access to the social, economic, and technical resources they need to effectively contribute to the economy, and reduce the vitality of urban centers. This will inhibit the ability of urban centers to foster the chance encounters and community interactions that spur collaboration and innovation. By 2019, over 50% of the Dutch population will be over 50.<sup>[4]</sup> This will create several national social and economic issues that need to be addressed. Substantially more senior living facilities need to be developed, ideally in vibrant urban centers, in order to avoid disconnect from society, which, paired with retirement, can foster loneliness. Loneliness has severe negative physical and mental health consequences, and increases one's resource consumption rate.<sup>[5]</sup> National healthcare costs will increase, and the Dutch economy will need a substantial increase in its workforce age population to sustain its current economic production levels and social welfare programs (although this number may drop significantly with advances in automation and artificial intelligence, which will also need to be addressed).

There is substantial evidence from diverse research domains that suggest that vegetated urban park spaces are key to developing a circular economy and mitigating a diverse array of social, economic, and ecological community issues. For example, vegetated urban park spaces can contribute to addressing climate change issues that threaten the Dutch economy and quality of life, such as reducing urban heat island effect and air pollution, reducing storm water loads, and improving the biodiversity of mobile species.<sup>6,7</sup> Mitigating these types of negative urban environment issues can foster diverse social and economic benefits, such as reducing community mortality rates and health care costs and increasing social interactions, as discussed in Section 2. When parks are designed to be immersive, spatially diverse, and interactive with occupants, they can increase residents' physical activity, social interaction, happiness, and well-being, reduce visitors' ecological footprints and stress, and improve worker performance, among a number of other well-documented benefits.<sup>9-11</sup> However, while as much as 40% of Dutch urban areas are covered in domestic gardens, the majority of them have low quantities of vegetation and a high proportion of non-porous surfaces, typically to reduce maintenance demands.<sup>8</sup> These concrete gardens do not foster the diverse social and economic performance benefits that urban park spaces can provide. However, parks are difficult to construct in existing dense urban cores because these areas have already been developed. This is partly why Dutch cities typically have much less public greenspace than recommended by ANWB and the Council for Rural Areas, oftentimes less than 2% of urban areas.<sup>12</sup>

It will be difficult to generate a circular economy without solving these issues, as they individually and cumulatively represent severe impacts on the Dutch economy and well-being of the Dutch population.

## 2. EXPLORING THE POTENTIAL OF PARK INTEGRATED INTERGENERATIONAL HOUSING TO FOSTER A CIRCULAR ECONOMY

The upcoming surge in demand for senior living, particularly assisted living, and workspaces and resources for sharing and circular economy-based businesses, represents an opportunity to provide diverse resources and services to local communities that are necessary to develop vibrant circular and sustainable communities. For instance, mixed use intergenerational housing buildings can provide affordable housing to low income residents, and high-quality housing for families and seniors, while also providing resources for generating a circular economy that reduces living expenses and improves residents' quality of life and social capital. There is substantial evidence in existing research and building projects that suggests that the integration of a large interior park space into a mixed use intergenerational housing building can increase the desirability and quality of this housing type, help solve the Dutch social issues discussed in Section 1, and provide essential infrastructure and resources for generating a circular economy, in ways that improve the quality and social, economic, and ecological performance of the community. The following subsections will explore the performance potential of a nature integrated mixed use intergenerational housing building.

Intergenerational co-living  
helps foster a sense of place for  
community members.

### **2.1 Potential intergenerational housing benefits**

Intergenerational housing fosters aging in place opportunities, and allows multiple generations of families to live within close proximity to each other, yet retain their sense of privacy. This inclusive housing type inherently fosters social connections and other co-living opportunities, including shared neighborhood cooking and dining, child care, and maintenance responsibilities.<sup>13</sup> While further systematic studies of effective intergenerational housing and community design solutions, and their potential benefits, are necessary to maximize the performance potential and effectiveness of this housing type, the results of existing studies demonstrate that intergenerational co-living communities help foster a sense of place for community members, which can also increase the social quality and vibrancy of the community.<sup>14</sup>

The costs of assisted senior living can be substantially reduced by incorporating necessary equipment and services within one building, including nursing stations, medical care facilities, and physiotherapy. The quantity of medical services that can be administered at home by visiting nurses is increasing, and tends to lower treatment costs and improve recovery rates.<sup>15</sup> If the nurses for the elderly residents provide services for the other building residents, treatment costs of

on-site nurses can be further reduced, by reducing nursing commute times, sharing nursing employment costs among a larger client base, and the ease of access of on-site equipment, among other benefits.

A swimming pool for elderly physiotherapy can be used at other times by other residents and community members. This sharing space strategy increases the pool's use and value. The physiotherapists benefit, by their work being on visual display in the community integrated pool, their close proximity to a number of local community members, and the potential sharing of physiotherapy spaces, pool costs, and exercise equipment with other businesses and residents, and if the space is made public, municipalities. The integration of offices and retail into the building can further reduce housing costs by sharing construction and maintenance costs, as well as fostering stronger and more diverse social and professional interrelationships, and incorporating more activities into the park space, as discussed in Section 2.4.

## **2.2 Potential ecological and social benefits of interior park space**

---

Interior park space can improve the desirability, quality, and benefits of intergenerational housing. While Dutch homeowners report garden space as a key factor in their residential purchase decisions, people have been found to be willing to tradeoff private garden space for a larger high quality park space.<sup>[16]</sup> Dutch residents mostly desire gardens for relaxation activities. Vegetated areas tend to be more relaxing than concrete courtyards.<sup>[17,18]</sup> Besides the benefits of parks discussed in Section 1, in comparison to domestic Dutch gardens, shared park spaces reduce greenspace maintenance burdens on residents. A large park space can be designed to provide residents visual and physical access of the nature space. Housing units can be afforded balcony nature views, as illustrated in Figures 1-3. These design strategies can foster a sense of living amidst nature while living in the urban core, and promote social interactions, as children and adults can be drawn into the space when they see familiar faces, or activities that they would like to engage in. Parents can securely view their children in the park from the comfort of their balcony, and the physical and visible ease of access of the park space helps residents share the supervision responsibilities of the children. Thus, larger park space can better meet Dutch residents' desire for greenspace, and improve the quality of their lives, than typical individual domestic gardens.

Interior neighborhood parks provide a number of design opportunities to improve the social and ecological performance and quality of communities. They can be designed in three dimensions, which allows for occupant access, program space, and circulation on multiple levels.



FIG. 1 Building atrium integrated microforest.

Different nature space types, such as forests, meadows, ponds, and urban park space types, tend to be preferred by people over constructed space types.

This increases the quantity of people that can use the park space per unit land area over typical single level urban park spaces. The size of the park determines its level of adaptability and to some extent, the possible activities that it can support. Small atrium spaces can be designed to provide several individual and group spaces within one overall nature space type, such as a forest, as illustrated in Figure 1.

Larger atrium spaces offer enough space to provide multiple nature space types, which increases the adaptability, quantity, and diversity of activities and occupants that use the space. This is because different nature space types, such as forests, meadows, ponds, and urban park space types, tend to be preferred by people over constructed space types for a diverse range of social, cultural, and work activities, as discussed in Section 2.4. While typical agriculture is not commonly perceived to be as aesthetically pleasing as natural habitats, forest gardening, such as the microforest adjacent to the curtain wall façade of the interior park in Figure 2, is a space and resource efficient polyculture growing method that can be perceived as a wild forest.<sup>[19]</sup>



FIG. 2 Largescale interior park space design that integrates multiple nature space types and social and technical infrastructure.

Similarly, the fish tanks of aquaponic systems can be designed to provide residents with aquarium views of fish, which can destress people.<sup>[20]</sup> Community agriculture gardens can provide revenue for residents, and employment and rent reduction opportunities for local community members, in exchange for growing, selling, and/or cooking the produce via an onsite restaurant and/or market. If seniors maintain the community gardens, they can reduce the time demands of operating community gardens on families and individuals living within the neighborhood.

Elderly can teach children local ecological knowledge and skills, such as how to grow and cook food.

Elderly can teach children local ecological knowledge and skills, such as how to grow and cook food. When combined with playgrounds, such as the blue area in Figure 2, the elderly can provide low cost and high-quality daycare for residential families. Community interactions, employment, and volunteer opportunities such as these reduce elderly loneliness and social isolation, and improve their mental and physical health.<sup>[21]</sup> Parks that are close to one's residence substantially increase the likelihood that the people one interacts with within the park are from the same neighborhood, particularly when the park hosts spaces for a range of



social, cultural, and work activities, compared to interactions that occur in larger peripheral horticultural parks, such as Amsterdam's Vondelpark. These types of intergenerational relationships and interactions can reduce living costs and the stress of work on residents' personal lives, provide time strapped workers with access to time intensive local food resources that reduce their ecological footprint, and fosters high quality social communities and interrelationships.

The presence of parks in a community tends to increase residents' physical activity rates. Parks are preferred for diverse social activities over urban spaces and gyms.<sup>[22]</sup> Large interior park spaces, such as Figure 2, can promote occupants to engage in more active recreational activities than small interior park spaces, such as Figure 1, by providing space for active physical activities, such as swimming, jogging, yoga, and ball sports. Spending time in nature provides diverse social and well-being benefits, as discussed in Section 1. By improving occupant well-being, reducing their stress, and promoting physical activity, spending time in parks can reduce occupants' health care costs, which also helps foster a circular economy by reducing personal living and social welfare program costs.

### **2.3 Potential ecological footprint reduction strategies**

---

The integration of technical infrastructure into a park as natural stimuli can increase the quality and benefits of the park space, such as by generating opportunities to integrate diverse nature integrated workspace and social space types, and natural stimuli, into a park space. For instance, the rocky cliff in the center of Figure 2 functions as a municipal storm water storage tank to help alleviate the increased storm water loads from increased precipitation rates due to climate change on the existing municipal storm water system. The tank also functions as the vertical circulation system for the park space. It provides public and private work and social spaces within the cliffscape, and offers a jungle lounge on the top of the water tank. Storm water retention ponds designed as a lakefront amenity for midrise housing, such as in Figure 3, can function as a municipal infrastructure integrated exterior park space that brings the amenities of rural cottage life and lakefront housing, such as birdsong, night cricket and amphibian noises, and waterfront social spaces, to the urban downtown core.

By designing communities to foster low ecological footprint community activities that are desirable, pleasurable, and provide occupants with resources, knowledge, and social interaction, such as community gardening, co-op, and co-living activities, their ecological footprint can be reduced in ways that improve the quality and value of their lives. For instance, when community members spend their free time within a park, they have less time to engage in more resource intensive activities, such as shopping. Moreover, people that are more socially interconnected consume less resources.<sup>[5]</sup> When community members manage their resources together, they tend to consume and waste less resources, and become more dedicated to protecting the natural environment.<sup>[23]</sup> Frequent positive experiences in nature tend to increase people's interest in protecting natural environments and acting sustainably.<sup>[24]</sup> Parks close to one's home comprise the majority of people's nature visits.<sup>[25]</sup> Fostering a circular economy by improving the social performance of communities is a win-win.





FIG. 3 Storm water infrastructure (Wetland park) integrated mid-rise housing design.

#### **2.4 Benefits of building integrated parks to companies**

Publicly accessible high-quality workspaces and resources are becoming increasingly important for the economic prosperity of municipalities, as workers become progressively more mobile, interdisciplinary, collaborative, independent, diversified, and contract based in the evolving sharing economy. From this perspective, integrating park space with workspaces can contribute to developing an effective circular economy. Workspace integrated park space can foster increases in community members' worker performance, creativity, collaboration, and innovation. Working amidst vegetation can increase creative productivity and creativity, and reduce worker absenteeism and presenteeism rates.<sup>[26,27]</sup> Working within densely vegetated environments can also reduce building heating and cooling demands, as occupants of these environments have a wider thermal comfort range, and thereby require less active heating and cooling.<sup>[28]</sup>

Integrating park space with workspaces  
can contribute to developing an  
effective circular economy.

A survey of Dutch knowledge workers found that they prefer working in various types of natural environments, such as forest, meadow, and urban parks, over typical workspace types, for the majority of work activities. However, different types of natural environments were preferred for different work activities, which highlights the importance of providing diverse natural space types within an overall park space to maximize worker performance, such as illustrated in Figure 2.<sup>[22]</sup> These spaces can be designed to be adaptable, as specific nature space types are preferred for multiple types of work activities, and nature space types tend to be preferred for conducting a diverse range of social and cultural activities as well.<sup>[22,29]</sup>

The provision of park space with diverse activities, both socially and work oriented, adjacent to housing and diverse retail spaces and offices, increases the likelihood of chance informal interactions between both familiar and unfamiliar people. Gardens promote informal work discussions and individual contemplation of work.<sup>[30]</sup> These chance interactions enhance community members' job mobility, rates of innovation, productivity, and creativity, as well as foster new collaborations, startups, and diversified work opportunities.<sup>[31-33]</sup> The more types and quantities of daily activities that can be conducted in a public space, in a high-quality manner, the greater the chance that these interactions will occur, by increasing the quantity of time community members are in the same physical environment.

Companies with offices within mixed use intergenerational housing buildings can contribute to the cost of the park space. By sharing the cost of the park with residents, the other companies in the building, and potentially municipalities, the cost of the park is reduced for all parties. The company gains access to high performing workspaces, in a way that benefits the local community. These benefits improve the performance of community members and companies, and can be an effective driver of start-up businesses. By improving company and worker performance, the local economy is strengthened, which thereby contributes to the development of a circular economy.

#### CONCLUDING REMARKS

While the development of circular economies will require substantial trial and error to achieve, this chapter makes it clear that setting municipal and national goals to achieve a circular economy represents an opportunity to resolve impending Dutch socio-economic issues in ways that improve the economic, social, and ecological performance of Dutch communities. Urban parks, combined with mixed use intergenerational housing, can substantially contribute to developing circular economies in The Netherlands, in ways that improve the quality, desirability, and value of Dutch communities.

## References

- [1] Kyba, C. C. M. *et al.* Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Sci. Adv.* 3, e1701528 [2017].
- [2] Wachsmuth, D., Cohen, D. A. & Angelo, H. Expand the frontiers of urban sustainability. *Nature* 536, 391–393 [2016].
- [3] Anguelovski, I. *et al.* Equity Impacts of Urban Land Use Planning for Climate Adaptation. *J. Plan. Educ. Res.* 36, 333–348 [2016].
- [4] Statistics Netherlands. *Dutch Population*. [2018].
- [5] Rifkin, J. *The Zero Marginal Cost Society: the internet of things, the collaborative commons, and the eclipse of capitalism*. (Palgrave Macmillan, 2015).
- [6] Pugh, T. A. M., MacKenzie, A. R., Whyatt, J. D. & Hewitt, C. N. Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons. *Environ. Sci. Technol.* 46, 7692–7699 [2012].
- [7] Pinho, P. *et al.* Evaluating green infrastructure in urban environments using a multi-taxa and functional diversity approach. *Environ. Res.* doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.025
- [8] Beumer, C. Show me your garden and I will tell you how sustainable you are: Dutch citizens' perspectives on conserving biodiversity and promoting a sustainable urban living environment through domestic gardening. *Urban For. Urban Green*. [2017]. doi:10.1016/J.UFUG.2017.09.010
- [9] Li, Q. *et al.* Visiting a forest, but not a city, increases human natural killer activity and expression of anti-cancer proteins. *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.* 21, [2008].
- [10] Morita, E. *et al.* Psychological effects of forest environments on healthy adults: Shinrin-yoku (forest-air bathing, walking) as a possible method of stress reduction. *Public Health* 121, 54–63 [2007].
- [11] Zhang, J. W., Piff, P. K., Iyer, R., Koleva, S. & Keltner, D. An occasion for unselfing: Beautiful nature leads to prosociality. *J. Environ. Psychol.* 37, 61–72 [2014].
- [12] Dutch cities lack green lungs. *Expatica* [2006].
- [13] Sanguinetti, A. Transformational practices in cohousing: Enhancing residents' connection to community and nature. *J. Environ. Psychol.* 40, 86–96 [2014].
- [14] Hester, R. T. *Design for ecological democracy*. (MIT Press, 2006).
- [15] Emmanuel, E. J. Are hospitals becoming obsolete. *New York Times* [2018].
- [16] Morrow-Jones, H., Irwin, E. & Roe, B. Consumer preference for neotraditional neighborhood characteristics. *Hous. Policy Debate* 34, [2006].
- [17] Lee, K. E., Williams, K. J. H., Sargent, L. D., Williams, N. S. G. & Johnson, K. A. 40-second green roof views sustain attention: The role of micro-breaks in attention restoration. *J. Environ. Psychol.* 42, 182–189 [2015].
- [18] Chiesura, A. The role of urban parks for the sustainable city. *Landsc. Urban Plan.* 68, 129–138 [2004].
- [19] Jacke, D. & Toensmeier, E. *Edible forest gardens*. (Chelsea Green Pub. Co., 2005).
- [20] Cracknell, D., White, M. P., Pahl, S., Nichols, W. J. & Depledge, M. H. Marine Biota and Psychological Well-Being. *Environ. Behav.* 48, 1242–1269 [2016].
- [21] Lum, T. Y. & Lightfoot, E. The Effects of Volunteering on the Physical and Mental Health of Older People. *Res. Aging* 27, 31–55 [2005].
- [22] Mangone, G., Capaldi, C. A., van Allen, Z. M. & Luscuere, P. G. Bringing nature to work: Preferences and perceptions of constructed indoor and natural outdoor workspaces. *Urban For. Urban Green*. 23, 1–12 [2017].
- [23] Ostrom, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science* 325, 419–22 [2009].
- [24] Steg, L. & Vlek, C. Encouraging pro-environmental behaviour: An integrative review and research agenda. *J. Environ. Psychol.* 29, 309–317 [2009].
- [25] White, M. P., Pahl, S., Ashbullby, K., Herbert, S. & Depledge, M. H. Feelings of restoration from recent nature visits. *J. Environ. Psychol.* 35, 40–51 [2013].
- [26] Atchley, R. A., Strayer, D. L. & Atchley, P. Creativity in the Wild: Improving Creative Reasoning through Immersion in Natural Settings. *PLoS One* 7, e51474 [2012].
- [27] Nieuwenhuis, M., Knight, C., Postmes, T. & Haslam, S. A. The relative benefits of green versus lean office space: Three field experiments. *J. Exp. Psychol. Appl. J. Exp. Psychol. Appl.* 20, 199–214 [2014].
- [28] Mangone, G., Kurvers, S. R. & Luscuere, P. G. Constructing thermal comfort: Investigating the effect of vegetation on indoor thermal comfort through a four season thermal comfort quasi-experiment. *Build. Environ.* 81, [2014].
- [29] Korpela, K. M., Ylén, M., Tyrväinen, L. & Silvennoinen, H. Favorite green, waterside and urban environments, restorative experiences and perceived health in Finland. *Health Promot. Int.* 25, 200–209 [2010].
- [30] Vink, P., Groenesteijn, L., Blok, M. & de Korte, E. Office interior design effects on meetings. in *9<sup>th</sup> International Congress of Physiological Anthropology* [2008].
- [31] Davis, M. C., Leach, D. J. & Clegg, C. W. The physical environment: An evolving topic. in *Annual Meeting of the Academy of Management* [2010].
- [32] Waber, B., Magnolfi, J. & Lindsay, G. Workspaces That Move People. *Harv. Bus. Rev.* October, [2014].
- [33] Jacobs, J. *Cities and the wealth of nations: principles of economic life*. (Vintage Books, 1985).

- [34]** Gledhill, D., James, P. & Davies, D. Pond density as a determinant of aquatic species richness in an urban landscape. *Landsc. Ecol.* 23, 1219–1230 (2008).
- [35]** Forman, R. T. T. *Urban ecology : science of cities.* (2014).
- [36]** Mangone, G. *Performative Microforests: Investigating the potential benefits of integrating spatial vegetation environments into buildings, in regards to the performance of buildings, their occupants + local ecosystems.* A+BE | Architecture and the Built Environment (TU Delft, 2015).

“Ongezonde producten belasten en de BTW op groente en fruit afschaffen zijn effectieve instrumenten voor de Rijksoverheid om een gezonder voedselsysteem te realiseren.”

TOEKOMSTIGE

# VOEDSELPRODUCTIE- SYSTEMEN

PETER OEI

## OVER PETER OEI

Peter Oei is programmadirecteur bij het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en werkzaam voor de alliantiepartner van LNV, SIGN (Stichting Innovatie Glastuinbouw). Twee Polydome rapporten en het boek Polyculturen in de kas van dr. Eveline Stilma zijn te raadplegen op: [www.innovatieglastuinbouw.nl](http://www.innovatieglastuinbouw.nl). Dit hoofdstuk is geschreven op persoonlijke titel.







TOEKOMSTIGE

# VOEDSELPRODUCTIE- SYSTEMEN

PETER OEI

## AANLEIDING

In een boek over de circulaire samenleving kan een visie op voedselsystemen niet ontbreken. De landbouw is niet zomaar een economische sector: het voedselsysteem heeft een overheersende invloed op ons landschap, onze gezondheid en de natuur. Maar liefst 54% van ons landoppervlak is in gebruik voor voedselproductie en sierteelt (CBS 2016). Daarnaast is het mondiaal landgebruik door Nederlandse consumptie ongeveer drie keer zo groot als Nederland. Met name de invoer van veevoer voor de intensieve veehouderij en zuivel draagt daaraan bij. In landen als Brazilië en Indonesië heeft dit een sterk negatief effect op de natuur, die juist daar een ongelofelijke biodiversiteit kent. De toenemende schaalvergroting in de landbouw zorgt wereldwijd voor verlies aan lokale identiteit, landschappelijke waarde en biodiversiteit. De Nederlandse landbouw is verantwoordelijk voor 27% van de Nederlandse bijdrage aan het broeikasgaseffect. Nederlandse tuinders verbruikten vroeger 10% van het aardgas.

Overconsumptie en een westers dieet zorgen niet alleen in de VS en ten zuiden van de Sahara voor een obesitasepidemie: ook in Nederland heeft de helft van alle volwassenen overgewicht en elke week komen er duizend diabetes 2-patiënten bij.

Aan de andere kant kunnen we trots zijn op de vele Nederlandse innovaties op landbouwgebied, die zorgen voor de meest efficiënte en productieve voedselproductie ter wereld. Zo is de glastuinbouw de enige sector die consequent de doelen op klimaatgebied weet te realiseren, dankzij de goede samenwerking tussen de sector en het ministerie van LNV in de vorm van het programma *Kas als energiebron*. De glasgroente heeft de inzet van

gewasbeschermingsmiddelen sterk teruggedrongen en zet grootschalig biologische bestrijders in om ziekten en plagen onder controle te houden. Een gebied waar we de komende jaren nog grote stappen kunnen zetten, is hoe we het metabolisme van de stad kunnen koppelen aan het metabolisme van voedselproductiesystemen.

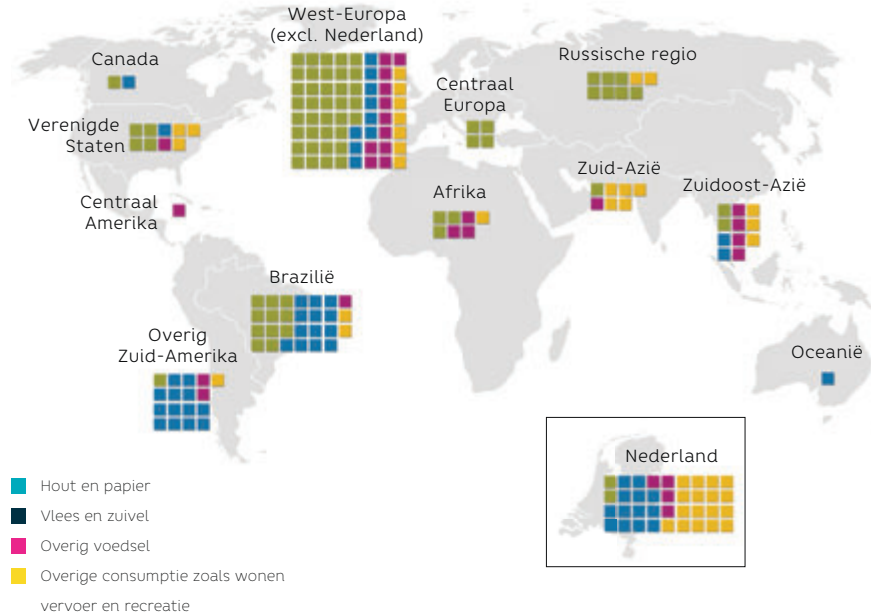


FIG. 1 Mondiaal landgebruik door Nederlandse consumptie, 2010. Bron:PBL, CBS en Probos.

### AMMERLAAN THE GREEN INNOVATOR: INSPIRERENDE VOORLOPER IN PIJNACKER

Ammerlaan realiseerde als eerste sierteeltbedrijf in Nederland in 2010 een aardwarmtebron om de 500.000 groene potplanten CO<sub>2</sub>-neutraal te telen en het bedrijf te verduurzamen.

Ammerlaan levert tegenwoordig warmte aan 470 woningen, een zwembad, schoolgebouw Stanislascollege, zwembad De Viergang en aan diverse collegakwekers in de Noordpolder, zoals paprika-, komkommer- en potplantenkwekers. Het gaat om een aanzienlijk volume aan duurzame warmte: zo'n 200 m<sup>3</sup> warm water per uur met een jaarlijkse CO<sub>2</sub>-besparing van ruim 7.500 ton. Ammerlaan heeft als pionier verschillende problemen overwonnen en laat zien hoe de glastuinbouw waarde toevoegt voor de samenleving.

## GROEN IS MEER DAN MOOI

Groen in steden heeft tal van voordelen. Bij het ontwerpen van gebouwen en wijken is het de kunst functiecombinaties te realiseren, voedsel produceren is slechts één van die functies. Voor een vastgoedontwikkeling in Amsterdam-Noord schetste SIGN een betaalbaar systeem om regenwater op het dak te bergen, voedsel te telen, de biodiversiteit te verhogen, duurzame energie op te wekken met een hoger rendement (vanwege het koeleffect van de vegetatie) en CO<sub>2</sub> te binden. Dit hoofdstuk beperkt zich tot het voedselproductiesysteem.

## ONTWERP VAN EEN CIRCULAIR VOEDSELSYSTEEM IN 2050

SIGN (stichting Innovatie Glastuinbouw) werkte als alliantiepartner van het ministerie van LNV sinds 2008 aan kringloopconcepten, waarin de glastuinbouw een belangrijke rol vervulde. Maar hoe bepaal je nu of een voedselproducerend systeem echt duurzaam is?

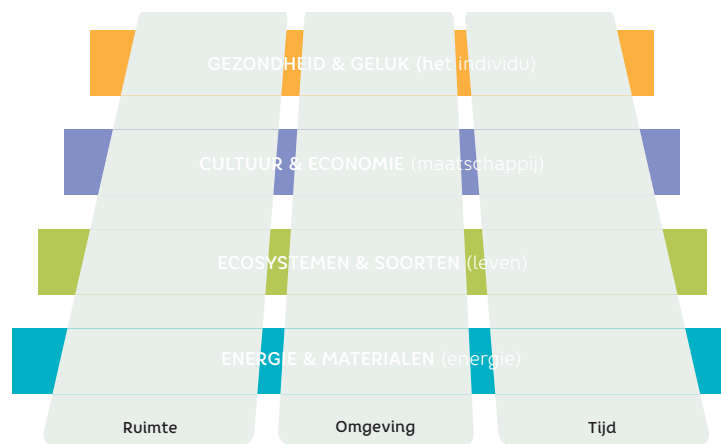


FIG. 2 De ontwerpsystematiek van Except Integrated Sustainability start met geluk en gezondheid van het individu. Bron: Polydome 2011, InnovatieNetwerk / SIGN.

De randvoorwaarden voor een echt duurzaam en circulair voedselsysteem hebben we geformuleerd in het project Polydome (2011, Eva Gladek, Except Integrated Sustainability: Polydome, High Performance Polyculture Systems, InnovatieNetwerk/SIGN) aan de hand van vier thema's.

#### GEZONDHEID & GELUK

- 1 Het voedselsysteem is gezond om in te werken, veilig en biedt een prettige werkomgeving.
- 2 Het systeem is niet afhankelijk van chemicaliën of materialen die een bedreiging vormen voor de gezondheid van de mens of het ecosysteem.
- 3 Het produceert betaalbaar, gezond en nutriëntrijk voedsel.
- 4 Het systeem is een bron van geluk voor de eigenaren en lokale bewoners door de rol die het systeem in de gemeenschap vervult.
- 5 Het systeem past in het landschap en is een verrijking voor de omgeving door de aangename architectuur.

#### CULTUUR & ECONOMIE

- 1 Het voedselsysteem is economisch levensvatbaar en produceert het hele jaar voldoende hoeveelheden van hoge kwaliteit.
- 2 Het minimaliseert zware arbeid.
- 3 De productie is flexibeler dan die van standaard monocultuurproductiesystemen, waardoor het weerbaarder is bij economische schommelingen.
- 4 Het draagt bij aan lokale voedselproductie.
- 5 Het biedt kansen aan educatie, sociale activiteiten, handel en verwerking.
- 6 Het systeem kan transport verminderen door gezamenlijke distributie van verschillende producten.

Ook uit gezondheidsoverwegingen is een omslag naar een dieet met meer plantaardig eiwitten gewenst.

## ENERGIE & MATERIALEN

- 1 Het voedselsysteem sluit aan op het stedelijk metabolisme: het gebruikt organische reststromen als input voor de teelten, zoals CO<sub>2</sub> voor de bemesting van planten.
- 2 Alle activiteiten, zoals verlichting, verwarming en koeling, die energie gebruiken, vinden plaats met duurzaam opgewekte energiebronnen.
- 3 Het systeem draagt bij aan een energie- efficiëntere gebouwde omgeving door warmte en koude uit te wisselen.
- 4 Het systeem maakt optimaal gebruik van de exergetische kwaliteit van de beschikbare energiebronnen (cascadering naar temperatuurniveau).
- 5 Het systeem gebruikt uitsluitend materialen van hernieuwbare bronnen.
- 6 Het systeem gebruikt niet meer water dan er duurzaam beschikbaar is.
- 7 De benodigde technische materialen, zoals bouwmaterialen, verpakkingsmateriaal voor de producten en de installaties zijn herbruikbaar dan wel te recyclen.

## ECOSYSTEEM & SOORTEN

- 1 Het voedselsysteem is een polycultuur: het bestaat uit tientallen organismen, die samen leven en elkaar ondersteunen.
- 2 Het maximaliseert positieve plant-plant en plant-dier interacties; maakt gebruik van natuurlijke terugkoppelingen om ziekten en plagen te beheersen en natuurlijke bestuiving.
- 3 Het maakt gebruik van de natuurlijke variatie in warmte, licht, en vochtigheidscondities voor de gewassen.
- 4 Het maximaliseert de opbrengst per vierkante meter door soorten te stapelen in plaats en ruimte.
- 5 Het biedt voordelen aan ecosystemen buiten het eigen systeem en draagt bij aan een gezonde bodem.
- 6 Door de efficiënte productie en koppeling aan gebouwen is er een lager ruimtebeslag voor voedselproductie.
- 7 Het beschouwt dierenwelzijn als prioriteit. Binnen het systeem worden dieren niet als producten behandeld, maar als onderdeel van het ecosysteem. Hun natuurlijke gedrag wordt aangemoedigd.

## HARDE WERKELIJKHEID

Deze set aan randvoorwaarden biedt een prima maatlat om een systeem te scoren, maar de praktijk is weerbarstig: zo zijn veel van bovenstaande randvoorwaarden strijdig. Voedselveiligheid verdraagt zich bijvoorbeeld slecht met vrij rondlopende kippen (natuurlijk gedrag) wanneer vogelgriep dreigt. Nog afgezien van het extra risico op *Salmonella*-besmetting door kippen van hobbyboeren.

Een economisch geoptimaliseerd systeem houdt geen rekening met de externe kosten. Zo zijn circulaire aquaponicsystemen, waarbij visteelt gekoppeld is aan groenteteelt, in Nederland nauwelijks rendabel te krijgen, omdat de waarde van *Tilapia* bepaald wordt door import uit het Verre Oosten, waarvoor geen duurzame standaards gelden.

De hoge kosten van arbeid maken kleinschalige inzameling van reststromen kostbaar: het is dan al snel rendabeler de reststroom te verbranden of te composteren. 'True pricing' staat nog in de kinderschoenen, maar kan op termijn ontwikkelingen in de maatschappelijk gewenste richting sturen.

De voedselketen zelf bevat veel perverse prikkels: zo maakt een supermarktketen een uitstekende marge op verse groente en fruit, terwijl de marge op een A-merk bier nihil of zelfs negatief is. Kleine producenten mogen zich niet verenigen tot een krachtige speler, die het beperkte aantal supermarktketens tegenwicht kan bieden.

Daarnaast is de regelgeving rond Novel foods dermate remmend, dat start ups die extra barrière nauwelijks kunnen nemen. Zelfs een in het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten al jaren goedgekeurd product als met vitamine D verrijkte champignons moet in Nederland opnieuw door de molen van de Novel food-procedure, wat een kostbaar en tijdrovend proces is.

De regelgeving rond organische reststromen vanuit de landbouw is in 2011 enigszins verruimd, maar organische reststromen uit kantoren, zoals koffiedrab en bierbostel van de vele 'microbreweries' die Nederland rijk is, vallen nog altijd onder de strenge milieuwetgeving rond afvalstoffen. Dit beperkt circulaire toepassingen sterk, omdat er flinke administratieve kosten aan afvaltransport en planologische barrières zijn bij de verwerking van afval. Nieuwe toepassingen van biobased bouwmaterialen (op basis van reststromen uit de land- en tuinbouw) lopen tegen hoge ontwikkelingskosten en certificeringseisen aan, die de ontwikkeling remmen.

Maar als we vrij mogen dromen, hoe zou een voedselsysteem er dan uit kunnen zien? Welke kansen zijn er om een circulair voedselsysteem te integreren met de stofstromen in de samenleving? SIGN schetste de volgende droom voor Future Food Production Units voor Lagos naar aanleiding van het bezoek van het bestuur van AGRA (Alliance for a Green Revolution in Africa), waarin vertegenwoordigers van de Rockefeller en Gates Foundation participeren.

## DROMEND VAN LAGOS, 2030: FUTURE FOOD PRODUCTION UNITS

De stad heeft honderden decentrale voedselproducerende modules, gerund door de lokale gemeenschap. Het begint met sanitaire modules die de urine en faeces van de bevolking op een veilige manier verwerken. De waardevolle stikstof en het fosfaat daaruit dienen als voedingsstof voor planten. CO<sub>2</sub> die de mensen uitademen, wordt uit de gebouwen naar de modules geleid en bevordert daar de plantengroei. De planten zuiveren de lucht van fijnstof en vluchtige organische koolwaterstoffen en voegen verse zuurstof toe. De zuurstofrijke lucht uit de modules gaat weer naar de gebouwen. Op deze manier dragen de modules bij aan een gezonde omgeving. Een groot deel van de bevolking verdient aan de lokale voedselproductie en het sluiten van nutriëntenkringlopen; zo maakt voedsel de lokale gemeenschap economisch sterker.

Het mycelium van paddenstoelen verteert lokale afvalstromen, zoals papier, karton, cacaodoppen en bierbostel, de oogst bestaat uit smakelijke, eiwitrijke paddenstoelen. Een hele nieuwe variant op tempeh bestaat uit gefermenteerd graan, bierbostel en groente: 'mushroom meat'. Eiwit- en vezelrijk voedsel dat de Nigerianen graag hebben opgenomen in hun basisdieet, omdat het lekker en betaalbaar is.

Kippen voorzien de plantenteelt van mest en CO<sub>2</sub>. Zo bevorderen ze de groei van verschillende fruitsoorten en bladgewassen, die samen met aardbeien of bessen in goten staan. De bevolking gebruikt nieuwe technologieën om substraat voor paddenstoelen te steriliseren met zonne-energie. De reststroom van de paddenstoelen dient als insecten- of visvoer. De ouderwetse manier van kunstmest produceren met een hoog verbruik aan fossiele energie is voorbij. De bevolking maakt zelf decentrale duurzame kunstmest met behulp van zonne-energie.

De diverse voedselproducerende modules zijn stapelbaar en aan elkaar gekoppeld. De uitgaande ventilatielucht van de paddenstoelen heeft de juiste temperatuur en CO<sub>2</sub>-concentratie voor een plantenmodule die bovenop de paddenstoelenkwekerij staat. Op deze manier dragen flexibele systemen van Future Food Production Units bij aan de behoeften van de gemeenschap. Alleen akkerbouwproducten, zoals aardappelen en granen, komen nog van het platteland. Sommige van die producten worden vervolgens in de stad omgezet met behulp van bacteriën en schimmels tot Novel Foods met een hoog gehalte aan vezels en eiwitten met een lage glycemische index (GI) en glucanen, die het immuunsysteem versterken.



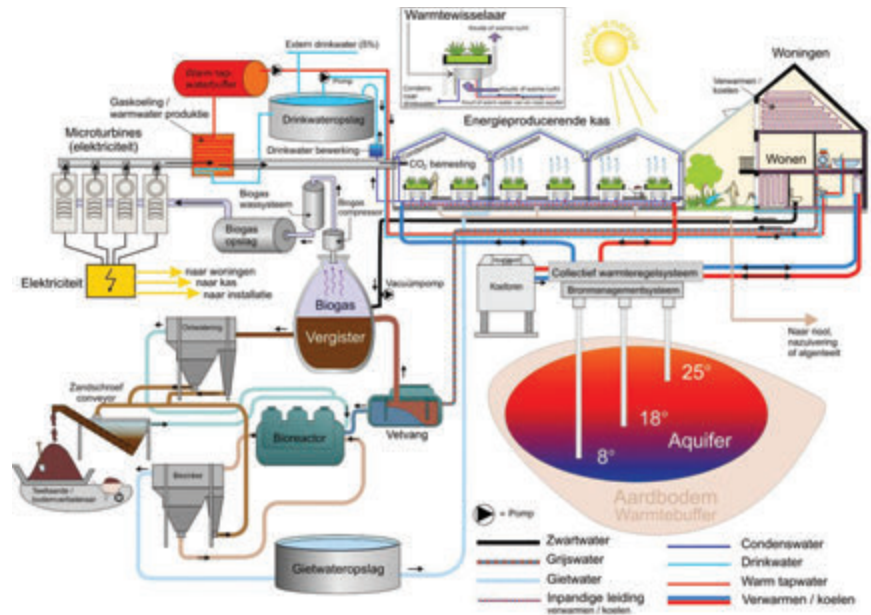


FIG. 3 Kringloopcomplex de Zonneterp.

## KRINGLOOPSYSTEMEN

Bovenstaande visie op Lagos komt mede voort uit de kringloopconcepten die SIGN en het voormalige InnovatieNetwerk van het Ministerie van LNV sinds 2008 hebben uitgewerkt. Zoals de Zonneterp: een combinatie van 2 hectare kas en 200 woningen, waarbij de woningen nutriënten leveren aan de kas en de kas warmte aan de woningen. Het technische concept is in de vorm van Villa Flora gerealiseerd op het terrein van de Floriade bij Venlo in 2012 met 4000 m<sup>2</sup> kantooroppervlak en 8000 m<sup>2</sup> kas.

In de Zonneterp staat niets op zichzelf. De kas levert warmte aan de woningen. De 'afvalstromen' worden omgezet in energie (elektriciteit en warmte) en gewas. Vier hoofdsystemen zijn daarbij te onderscheiden.

- 1 **Het warmtesysteem (Joule):** Zonnewarmte wordt geoogst en opgeslagen voor verwarming van kas en bebouwde omgeving.
- 2 **De koolstofkringloop (C):** Biomassa (waaronder gft en 'zwartwater') wordt vergist. Dat levert onder andere biogas op, dat wordt gebruikt voor de productie van warm water, elektriciteit en CO<sub>2</sub>-bemesting (voor in de tuinbouwkas).
- 3 **Het watersysteem:** Grijswater uit de huishoudens wordt tezamen met het vergistingseffluent bewerkt tot nutriëntrijk gietwater in de kas. Door verdamping en condensatie wordt zuiver water teruggewonnen.
- 4 **Het nutriëntensysteem (N):** Nutriënten uit de biomassa en waterstromen worden gebruikt in de kas. Als gietwater en als substraat (teeltbodem, los van de ondergrond).

Deze vier systemen hangen onderling nauw samen. Zo is het nutriëntensysteem onderdeel van de waterkringloop en hangt de waterkringloop weer samen met de warmtehuishouding in de kas. Het integraal circulaire ontwerp van de Zonneterp was tevens de achilleshiel: glastuinbouw en projectontwikkeling voor woningen zijn gescheiden werelden. Dat het een innovator als Ammerlaan lukt om één onderdeel, de energievoorziening voor de bebouwde omgeving, te realiseren, is al heel knap. Om ook nutriënten- en de koolstofkringloop te sluiten is technisch wel haalbaar, maar organisatorisch te complex.

CIRCULAIR ONTWERP VOEDSELPRODUCTIESYSTEEM  
POLYDOME DOOR EVA GLADEK

Waar de Zonneterp nog uitging van één gewas in de kas, maakte de eerder genoemde publicatie Polydome (2011) door Eva Gladek een inhoudelijke sprong voorwaarts door een circulair voedselsysteem te ontwerpen met een hele reeks aan producten. Het rapport bevat een overzicht van de stofstromen (zie afbeelding) in een teeltsysteem van 1 ha voor groenten, kruiden, paddenstoelen, kippen en fruit. Verschillende onderdelen van dit systeem zijn sindsdien in de praktijk gebracht, maar een compleet circulair systeem was een brug te ver. In 2016 verzamelde dr. Eveline Stilma ervaringen van pioniers op het gebied van polyculturen en brachten SIGN en het toenmalige ministerie van Economische Zaken het boek *Polyculturen: ervaringen van pioniers* uit.

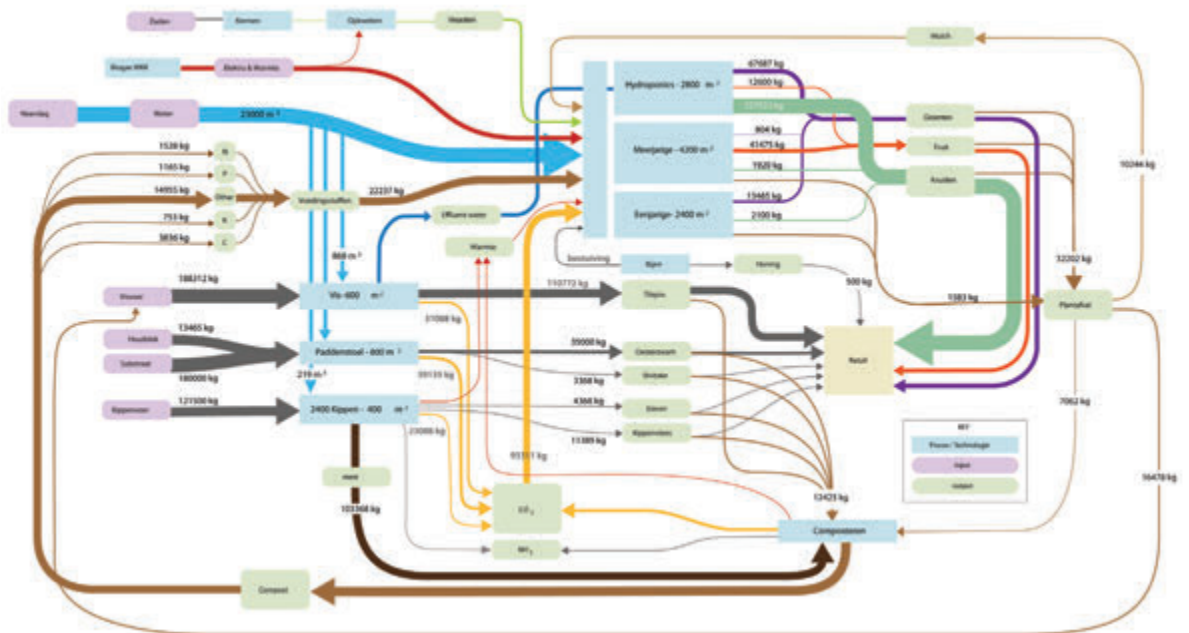


FIG. 4 Materiaalstromen voor een Polydome op 10.000 m² kas. Uit: Polydome 2011, InnovatieNetwerk / SIGN, door Except Integrated Sustainability.

## NIEUWE TECHNIEKEN IN OPKOMST

Op deelgebieden vinden tal van innovaties plaats. Een techniek die wereldwijd sterk in opmars is, is artificiële verlichting door middel van LED's. Hiermee is het in principe mogelijk in compleet donkere inpandige ruimtes groenten te kweken. Vooral 'leafy greens' en kiemgroenten zijn hiervoor geschikt. Glasgroenten, zoals tomaten hebben zoveel licht nodig, dat het voorlopig rendabeler is om hiervoor de zon te blijven gebruiken. In het onderzoekscentrum van prof. Tozai in Chiba nabij Tokyo staan de tomaten daarom in een kas bovenop een unit zonder daglicht, waarin verschillende slasoorten groeien onder LED-lampen. Ook op het gebied van afvalwaterzuivering zijn stappen gezet. Struvietwinning uit afvalwater is tegenwoordig in containerunits leverbaar, waardoor het vanaf 40-50 woningen al rendabel kan zijn om het afvalwater van de woningen niet op het riool aan te sluiten, maar zelf te reinigen (Peter Scheer, Semilla Sanitation hubs).

Vanaf 40-50 woningen kan het al rendabel zijn om het afvalwater van de woningen niet op het riool aan te sluiten, maar zelf te reinigen.

Drones verzamelen GIS-data zodat ziektes en plagen eerder opgespoord kunnen worden en een kweker kan reageren op lokale omstandigheden. Nieuwe businessmodellen doen hun intrede: zo functioneert de urban farm van Jos Hakkenes in Eindhoven als zorgboerderij anno 2018. Hij heeft tal van innovatieve teeltsystemen toegepast, zoals de teelt van groenten drijvend op water, aquaponics (combinatie van aquacultuur en groententeelt). In Japan draait al een kwekerij die shiitake paddenstoelen combineert met sla en tomaten: de CO<sub>2</sub> van de paddenstoelen verhoogt de productie van de planten, die op hun beurt weer schone lucht aan de kweekruimtes van de paddenstoelen leveren. Het duurzame hotel QO in Amsterdam van Paul de Ruiter heeft een dakkas, waarin een aquaponicsysteem zowel verse vis (goudbaars) als groente levert.

## DE ROUTE NAAR CIRCULAIRE VOEDSELSYSTEMEN

Ondernemers opereren in een economisch systeem; overheidsbeleid moet erop gericht zijn om externe kosten in het economisch systeem op te nemen, zodat er een echte omslag naar duurzaam en circulair ondernemen plaats kan vinden. Op dit moment betalen burgers en MKB-ers de energietransitie en dragen grote bedrijven nauwelijks energiebelasting af. Een heffing op aardgas die de glastuinbouwsector vervolgens kan inzetten om te verduurzamen, kan een klimaatneutrale sector versneld dichterbij brengen.

Ongezonde producten belasten en de BTW op groente en fruit afschaffen zijn effectieve instrumenten voor de Rijksoverheid om een gezonder voedselsysteem te realiseren.

Planologisch belonen is een andere optie die lokale overheden in kunnen zetten. Als een brouwerij een tuinbouwcluster kan voorzien van duurzame warmte en CO<sub>2</sub>, maak dat dan mogelijk met een aanpassing op het bestemmingsplan. Projectontwikkelaars en stedenbouwkundigen kunnen met integrale oplossingen komen voor projecten, die bijvoorbeeld stadslandbouw, luchtreiniging en vastgoedontwikkeling combineren.

De maatschappelijk gewenste circulariteit van voedselproductiesystemen kan op twee schaalniveaus plaatsvinden:

- 1 door de reststromen en nutsinfrastructuur van grootschalige productiesystemen te koppelen,
- 2 door kleinschalig complete kringloopsystemen te ontwikkelen.

De impact van het eerste schaalniveau is het grootst: met name warmtenetwerken in combinatie met geothermie zullen de komende jaren de grote glastuinbouwgebieden van warmte gaan voorzien en kunnen de gebouwde omgeving daarin betrekken.

Kleinschalige systemen hebben het voordeel dat ze radicalere innovaties kunnen testen. Op korte termijn zal steeds meer vastgoedontwikkeling plaatsvinden in combinatie met urban farming, zoals in Almere Oosterwold. Die ontwikkeling biedt consumenten bovendien de kans kennis te maken met het voedselproductiesysteem. De kortst mogelijke keten is wanneer stedelingen zelf in hun eigen voedsel voorzien en over hun eigen voedselproductiesysteem beschikken.

De hamvraag is: kunnen we in 2050 de wereldbevolking voorzien van gezond, betaalbaar en circulair geteeld voedsel? Dat lijkt voor de tuinbouw goed haalbaar: de grootste uitdaging is de omslag naar meststoffen van circulaire oorsprong. De varkenshouderij en de zuivelsector staan voor aanzienlijk grotere uitdagingen op meerdere gebieden: dierenwelzijn, herkomst van veevoer en mestverwerking. Het lijkt op de langere termijn niet haalbaar om grootschalig veevoer uit andere landen te blijven importeren. Ook uit gezondheidsoverwegingen is een omslag naar een dieet met meer plantaardige eiwitten gewenst. De toekomst is aan alternatieve eiwitten uit integraal duurzame en circulaire productiesystemen.

“Critical materials  
are usually not easy  
to recycle.”

Mg Fe Si

A decorative graphic in the bottom half of the slide. It features a teal-colored shape that resembles a stylized arrow or a bracket pointing to the right. Overlaid on this shape are the chemical symbols 'Mg', 'Fe', and 'Si' in a light grey, sans-serif font. The symbols are partially obscured by the teal shape, with 'Mg' being the most prominent and 'Fe' and 'Si' appearing behind it.

THE CRITICAL

# MATERIALS CHALLENGES

DAVID PECK

## ABOUT DAVID PECK

Associate Professor, David Peck, researches and teaches in the field of circular built environment and critical materials, based in the faculty of Architecture and the Built Environment. David is also visiting Professor with Coventry University and an adjunct Professor at MIP Politecnico di Milano, Graduate School of Business. He is the TU Delft lead scientist for EU Horizons 2020 projects ProSUM and ERN. David is TU Delft scientific leader for the EU KIC EIT Raw Materials. He leads a number of education and upscaling projects in this two billion Euro programme that has a focus on CRM and circular.







THE CRITICAL

# MATERIALS CHALLENGES

DAVID PECK

A spectrum of complex, dynamic and global challenges are causing an ongoing effect on the security of supply of materials. The dynamics of the stocks and flows of materials are evolving, with material demand increasing, as societies develop and deploy the equipment and infrastructure needed to deliver a low carbon, sustainable, energy transition. For stakeholders engaging with these challenges, a focus has emerged around a range of materials, which have been termed critical materials (CM).

The cases and effects of critical materials on a sustainable energy transition have been discussed. In November 2009, Jacobson and Delucchi published an article in *Scientific American* entitled "*A path to sustainable energy by 2030*" and followed on by publishing a two-part paper in *Energy Policy*, where they outline that it is possible, from an energy-technology perspective, to switch completely to sustainable energy generation worldwide, but that some 'rare' (critical) materials are a concern. Replacing (substituting) and recycling critical materials, in a closed loop, circular economy, will be one of the major challenges for the near future. The authors argue that the barriers for energy transition and the supply of materials needed, are primarily social and political, not technological or, in the short term, materials exhaustion (Jacobson and Delucchi, 2011).

Jacobson and Delucchi highlight other, 20<sup>th</sup> century materials challenge responses, during periods of transformation or change, such as WWII, where material shortages were the result of political actions, in this case; war, and not resource exhaustion or technological challenges. This line of thinking is developed by Peck in his 2016 publication "*Prometheus Missing; Critical Materials and Product Design*", where he developed a framework, based on both WWII and current EU circular economy actions.

Critical materials are materials that present supply security risks, are important to an economy and, in some assessments, demonstrate that they present environmental and societal impacts (Graedel et al, 2012).

There is no agreed global list of critical materials and there is significant variability geographically, both by country and/or region. Both the USA and the EU have conducted extensive work to define critical materials and this chapter refers to the 2017 EU list of critical materials (EU, 2017).

The European Union has made 3 assessments of which materials are critical since 2010, but they currently do not include the environmental aspects in their assessment. The latest from 2017 is shown in table 1 below. The table shows two 'stages' of material supply chain; extraction and processing. The extraction phase is associated with primary material mining, whilst the processing is the conversion of typically metal ores into metals. An example of processors are steel makers. This distinction is important as the extraction is geographically bound whereas the processing can be more location flexible.

TABLE .1 EU full list of critical materials. EU, 2017.

Material	Stage	Main global supplier	Share	Material	Stage	Main global supplier	Share
1 Antimony	P	China	87%	23 Natural graphite	E	China	69%
2 Baryte	E	China	44%	24 Natural Rubber	E	Thailand	32%
3 Beryllium	E	USA	90%	25 Neodymium	E	China	95%
4 Bismuth	P	China	82%	26 Niobium	P	Brazil	90%
5 Borate	E	Turkey	38%	27 Palladium	P	Russia	46%
6 Cerium	E	China	95%	28 Phosphate rock	E	China	44%
7 Cobalt	E	DRC	64%	29 Phosphorus	P	China	58%
8 Dysprosium	E	China	95%	30 Platinum	P	S. Africa	70%
9 Erbium	E	China	95%	31 Praseodymium	E	China	95%
10 Europium	E	China	95%	32 Rhodium	P	S. Africa	83%
11 Fluorspar	E	China	64%	33 Ruthenium	P	S. Africa	93%
12 Gadolinium	E	China	95%	34 Samarium	E	China	95%
13 Gallium*	P	China	73%	35 Scandium	P	China	66%
14 Germanium	P	China	67%	36 Silicon metal	P	China	61%
15 Hafnium	P	France	43%	37 Tantalum	E	Rwanda	31%
16 Helium	P	USA	73%	38 Terbium	E	China	95%
17 Holmium	E	China	95%	39 Thulium	E	China	95%
18 Indium	P	China	56%	40 Tungsten	E	China	84%
19 Iridium	P	S. Africa	85%	41 Vanadium	P	China	53%
20 Lanthanum	E	China	95%	42 Ytterbium	E	China	95%
21 Lutetium	E	China	95%	43 Yttrium	E	China	95%
22 Magnesium	P	China	87%				

#### Legend

Stage E = Extraction stage / P = Processing stage

**HREEs** Heavy Rare earth Elements

Dysprosium, erbium, europium, gadolinium, holmium, lutetium, terbium, thulium, ytterbium, yttrium

**LREEs** Light Rare Earth Elements

Cerium, lanthanum, neodymium, praseodymium and samarium

**PGMs** Platinum Group Metals

Iridium, palladium, platinum, rhodium, ruthenium

\* Global supply calculation based on production capacity

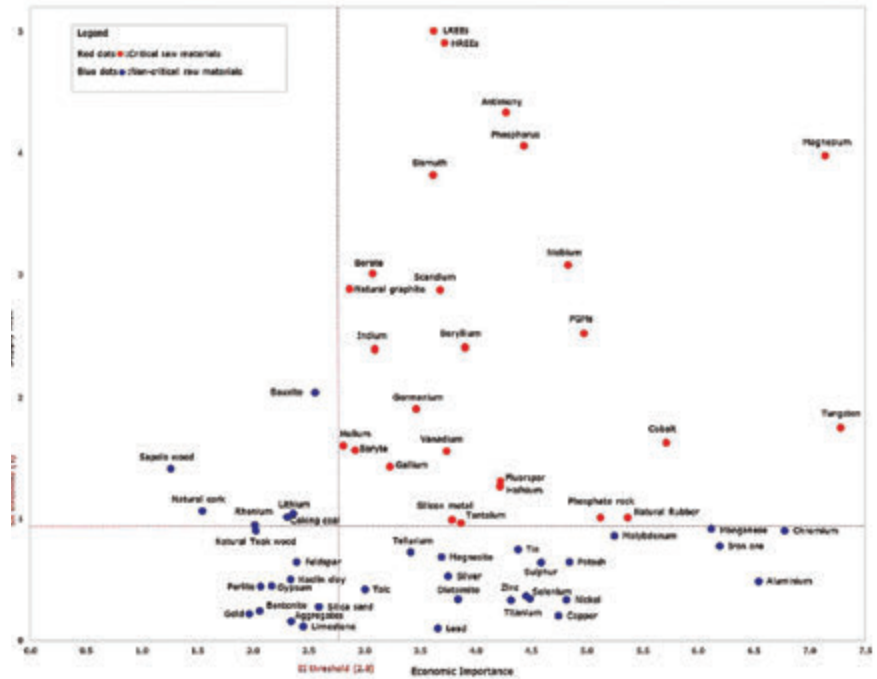


FIG. 1 Economic importance and supply risk results of 2017 criticality assessment, EU 2017.

The value of the recovered material is often less than the cost of recovery.

The basic mapping of the critical materials, on a graph showing economic importance against supply risk, which is used to determine criticality, is shown in figure 1. Recycling of critical materials, which is defined as material recovery, is challenging for a number of reasons, for example, the value of the recovered material is often less than the cost of recovery (Schüler, 2011). Another reason can be technical, where the composition of an alloy makes recovery challenging (Peck et al, 2015). Another reason can be logistical, where securing the return of the product is complex and uneconomic. Further barriers to recycling can be environmental impacts and legal / regulatory challenges (Graedel, 2009). Each case is specific and can differ from product to product and material to material.

In addition, the development of substitute technologies creates further complexity where recovery of products and materials system can be made obsolete due to a technology substitution or a material / process substitution (CRM\_InnoNet, 2015). In many cases the best material substitutes are other critical materials, which does nothing to address the critical materials challenge and usually makes it worse.

It should be noted that the EU list of critical materials lists materials that are not metals, such as Phosphate rock, but the materials of interest in the context of renewable energies, are mainly metals.

Critical materials have the following characteristics (Peck et al, 2015):

- Usually ‘invisible’ (elements are, of course, not invisible but the critical materials are typically not clearly identifiable in the final component / product) and are alloyed into other materials. They are normally named as elements and lists of which elements are affected are variable and regularly change. The elements are usually combined together to form alloys which deliver the required performance.
- Allow unique performance to be derived from materials, which in turn affect both form and function of a product. Critical materials play an important role in parts and components making them, for example, lighter, stronger, smaller, higher performance and are key in delivering the radical new technology innovations that are sought.
- Subject to supply challenges. This can include price volatility, quality changes, supply delays and potentially – supply stops. Demand for critical materials can be high and volatile. The supply and prices of critical materials are subject to a complex range of forces including both political and geopolitical as well as forces as a result of changes in global economics.
- Often cannot easily be substituted with a less critical alternative, not least for reasons of cost and time required. The substitution of critical materials or reduction of critical material content is both technically and scientifically challenging. This often presents a long term challenge. Critical materials are usually not easy to recycle.
- Carry a risk of significant environmental impact during mining and processing. Critical materials also provide opportunities to significantly reduce environmental impacts during product use, as seen in low carbon, renewable energy technologies.

The CRM Innonet project conducted a supply chain analysis focused on the following sectors and applications (CRM\_InnoNet, 2014):

- Renewable energy sector: Photovoltaics (Copper-Indium-Gallium-di-Selenide (CIGS)-technology), wind turbines and energy storage (Li-ion and NiMH batteries)
- ICT and electronics sector (components in renewable energy technologies): LED lighting, displays and screens, optical fiber, printed circuit boards (PCB) and electronic components

It was found that in all the wind energy equipment and selected electronic components of PCBs, a significant percentage of the production is based in Europe. Those European companies are, however, dependent on other essential critical material containing components manufactured outside of Europe (TNO, 2014). This is a challenge as the organisations where change could happen, lie outside of the sphere of influence of a government and market area, as shown above.

Electronics are essential in the control systems in wind turbines. Highlighting the wind turbines, figure 2 below shows the range of technologies in a wind turbine where CRM's are used:

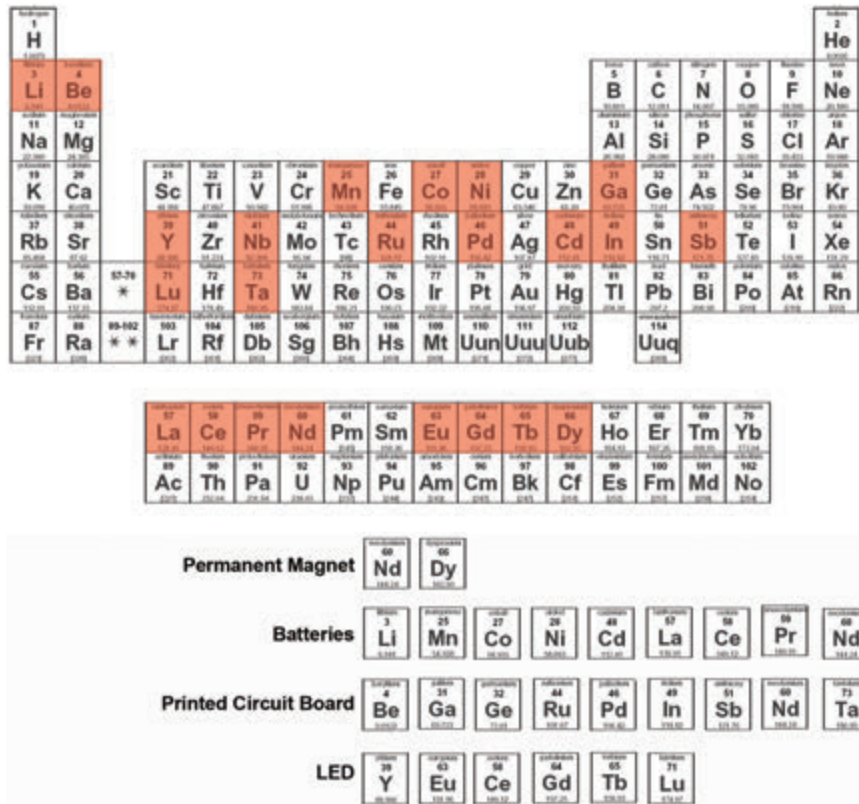


FIG. 2 Examples of components and related CRM's in wind turbines. Developed from (CRM\_Innonet 2013) and (CRM\_InnoNet, 2015).

*Time is a key-issue* and there has been a number of publications about the time that a material will be available in sufficient quantities, often resulting in a prediction for how many years the material will still be available. This can be characterized as the 'how long till we run out?' debate. It is important to be careful with the interpretation of such conclusions. In the 1972 the Club of Rome published the limits to growth report concluding that there was 18 years of zinc left (Meadows et al, 1972). These predictions depend on technology and economics. It means that there is enough zinc in the mines that a specific region can access to last 18 years with the current technological state. Here again we have the "wicked" contradiction coming into play. A finite resource on the planet should have a point in time when it 'runs out'. Yet it appears very difficult if not impossible to define that time point, especially over decades. In fact the 'exhaustion' time point might never be reached for a given material if the technology and, therefore the materials needed, changes. This would all be complex enough if it were known with accuracy how much material we use and dispose of globally, but this information is not available in sufficient detail and accuracy.

Again time is a key issue in this case, expecting that over time, a solution can be found for a given technology. This makes this problem especially challenging for governments and other stakeholders to intervene. Enforcing the conservation of critical materials could cause unpredictable disruptions to supply, demand and prices. If technology evolves more quickly than estimated, then the supply restrictions would have been damaging without good reason. In an alternative scenario, a governmental critical material intervention strategy could, given the level of urgency, consist of the complete enforced supply control of critical materials. This would be restricting with respect to 'free market' business and society, and would present serious challenges to the practice of a 'free market' economy. This is not a step governments will take lightly, but it has been done in the past.

Enforcing the conservation of critical materials could cause unpredictable disruptions to supply, demand and prices.

Companies and open markets have, at times, had difficulty in addressing many aspects of critical materials, in particular with respect to taking actions to ensure stability and security of materials supply. As the 'hype' period of REE in 2011 indicated free markets can struggle. As Pinch and Reimer (Pinch and Reimer, 2015) highlight, markets can, on their own, fail to ensure supply for a number of reasons. Firstly industrial sectors are fragmented, poorly organized (often fiercely competitive and distrustful of each other), poorly informed, cost price driven and have low incentives to change their materials strategies.

Secondly during periods of crisis, the current on-going global economic crisis for example, companies tend to retrench and not be proactive in taking action. Thirdly, where regions have heavy import dependence there is a sense of 'there is not much we can do', and this leads to inaction. Governmental intervention strategies for critical materials are often focused on securing the extraction of primary material stocks, substitution, recycling and stockpiling in order to postpone the consequences of potential disruptions to supply. These strategies are mainly focused on securing the supply to manufacturers to enable 'business as usual' production to continue. After the use of the product, recycling is often seen as the only viable and economic way to recapture the value of the critical materials.

Taking the strategy of recycling critical materials, the report of UNEP (United Nations Environment Program, 2011) shows in figure 3 that with current technology, a part of CRM's in wind turbines, is a challenge to recycle. This is one of the reasons that the focus on recycling only, the "outer loop", appears to run contrary to the circular economy proponents "inner loop" thinking: reuse, refurbish, remanufacture and then eventually recycling.

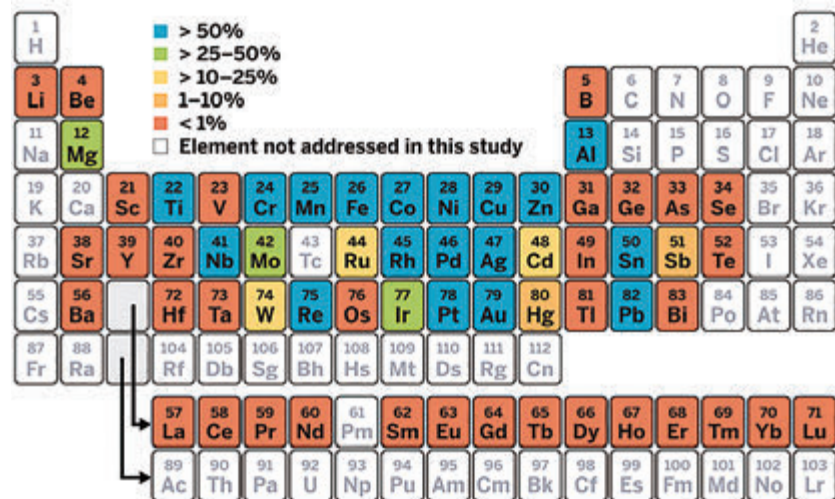


FIG. 3 Recovery rates for recycling metals [United Nations Environment Program, 2011].

Companies prefer to solve materials supply and demand challenges by themselves. Companies, however, may find it very difficult to manage the volatile, unpredictable and non-transparent nature of the markets. Governments meanwhile are cautious and are not experienced in 'controlling' markets. The strategies the governments are deploying can distort markets and in turn rely on private sector investment, which can be also volatile.



More involvement and feedback loops about the design from the remanufacturing and recycling facilities of the original equipment manufacturer (OEM) could help the OEM to improve the design, making reuse / repair/ refurbishing/ remanufacturing / recycling (design for 're') activities more easier and profitable. To do so, improved knowledge about all aspects of critical materials in the OEM's is required. The design for 're' and a wider systemic approach could play a key role in slowing down the consumption of critical materials and to secure the supply of these materials for the next generations of wind turbines and other renewable energy technologies. It is important to recognise that in order for the OEM's to engage in the 're' activities and commit to investments (and risk) in redesign, then there has to be a commercial rationale.

What is clear, is that critical or not, energy and materials are two sides of the same coin. Energy is needed to create materials and materials are needed to generate energy. It is this recognition which will provide a valuable starting place to solve the challenges of critical materials.

The barriers for energy transition and the supply of materials needed, are primarily social and political, not technological.

## ACKNOWLEDGMENTS

---

The section on critical materials is developed from a conference paper entitled *Critical Raw Materials, Circular Economy and Wind Turbines*, by Emma H.E. Fromberg, David Peck and Prabhu V. Kandachar, 2017.

## REFERENCES

---

- CRM\_InnoNet. (2013). *Deliverable Report D3.3 Raw Materials profiles*.
- CRM\_InnoNet. (2014). *D4.4 CRM supply-chain analysis of Energy, ICT and electronics and Transport sectors*.
- CRM\_InnoNet. (2015). *Deliverable report D5.3 Final Roadmap Report*.
- EU (2017) Study on the review of the list of Critical Raw Materials Criticality Assessments, European Commission June 2017
- Graedel, T. E. (2009). Defining critical materials. In *Sustainable Growth and Resource Productivity: Economic and Global Policy Issues* (Vol. 99, No. 108, pp. 99-108). Greenleaf Publishing in association with GSE Research.
- Graedel, T. E., Barr, R., Chandler, C., Chase, T., Choi, J., Christoffersen, L., ... & Zhu, C. (2012). Methodology of metal criticality determination. *Environmental science & technology*, 46(2), 1063-1070.
- Jacobson and Delucchi, "A path to sustainable energy by 2030", Scientific American, November 2009 edition.
- Jacobson Mark Z. and Delucchi Mark A., Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials, *Energy Policy* 39 (2011) 1154–1169
- Jacobson Mark Z. and Delucchi Mark A., Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies, *Energy Policy* 39 (2011) 1170–1190
- Meadows, D. H., Goldsmith, E. I., & Meadow, P. (1972). *The limits to growth* (Vol. 381). London: *Earth Island Limited*.
- Peck, D. Prometheus Missing: Critical Materials and Product Design, Delft University of Technology, 2016.
- Peck, D., Kandachar, P., & Tempelman, E. (2015). Critical materials from a product design perspective. *Materials & Design*, 65, 147-159.
- Pinch, P., & Reimer, S. (2015). Nationalising local sustainability: lessons from the British wartime Utility furniture scheme. *Geoforum*, 65, 86-95.
- Schüler, D., (2011) Rare earths – facts & figures, background paper rare earths. Division Infrastructure & Enterprises, Öko-Institut e.V. Darmstadt office; p. 5.
- TNO. (2014). *Materialen in de Nederlandse Economie – een beoordeling van de kwetsbaarheid*.
- United Nations Environment Program – UNEP. (2011). *Recycling Rates of Metals a status report*.

“Een corporatie gaat pas bijdragen aan een circulaire economie, als dat weer bijdraagt aan goede en betaalbare huisvesting voor lagere inkomens.”

# DE CIRCULAIRE CORPORATIE?

JEROEN PEPERS & RONALD FRANKEN

## OVER JEROEN PEPERS

Mr.drs.Jeroen Pepers wordt professioneel gedreven door verandering en vernieuwing van maatschappelijke organisaties. Slim en ambitieus bewegen is noodzakelijk voor organisaties om relevant te blijven. Duurzaamheid vraagt om deze verandering en vernieuwing. Jeroen is nu algemeen directeur van Aedes, vereniging van woningcorporaties en heeft eerder diverse (management)functies bij andere brancheorganisaties bekleed.

## OVER RONALD FRANKEN

Dr. Ronald Franken zet zich al zeventien jaar professioneel in voor de verduurzaming van Nederland. Tijdens zijn promotie natuurkunde omschreef hij zijn motto: "We will make solar electricity so cheap that only the rich will burn fossil fuel". Hij maakt zich daarom ook sterk voor een sociale energietransitie waar iedereen van kan profiteren. Dat doet hij bij woningcorporatie Portaal als manager strategie. Bouwen heeft een enorme impact op het milieu en een woningcorporatie heeft invloed op het gebruik van grondstoffen in die bouw. Deze gezamenlijke bijdrage over de circulaire corporatie is bedoeld als een aanzet tot verandering en inspiratie.



DE CIRCULAIRE

CORPORATIE?

JEROEN PEPERS & RONALD FRANKEN<sup>1</sup>

Circulaire economie is net als de wereldvrede. Je kunt er niet tegen zijn, maar het is moeilijk om het in je eentje te bereiken. De circulaire economie legt de vinger op de zere plek van interdependentie in onze economie en maatschappij. Een complexe veranderopgave. De grote hoeveelheid betrokkenen, de onderlinge afhankelijkheid, diverse markten, veranderende businesscases met andere winnaars en verliezers en de schaalbaarheid van governance etc. zorgen voor deze complexiteit.

We pleiten er in deze bijdrage voor om complexe issues, ook complex op te lossen. Het versimpelen van het issue is een neiging, die we moeten onderdrukken. Het doet geen recht aan het issue en brengt reële verandering niet dichterbij. In deze bijdrage staan we daarom stil bij een aantal complexe dilemma's. Het is namelijk in die dilemma's dat we met elkaar oplossingen moeten gaan zoeken.

De corporaties hebben veel 'vrienden' als het gaat om duurzaamheid. De omvang van het aantal woningen en de economische macht in de regio zorgen hiervoor. Ook bij het toewerken naar een circulaire economie wordt er naar de corporaties gekeken. Deze bijdrage kijkt vanuit de bril van de corporatie. Dat doen we aan de hand van de veranderredenering: Waarom moeten we veranderen? Wat moeten we veranderen? Hoe gaan we anders handelen? Wanneer doen we dat? Wie moet het gaan doen?

---

<sup>1</sup>

Mr.dr.s.J.Pepers is algemeen directeur van Aedes, vereniging van woningcorporaties. Dr.R.Franken is senior strateeg van Portaal. Het artikel is op persoonlijke titel geschreven.

## START MET HET WAAROM, ... MAAR WELKE WAAROM?

Simon Sinek heeft met zijn Golden Circle een simpel, overtuigend model gegeven om te komen tot echte verbinding. We noemen Simon Sinek, omdat het bij circulaire economie zaak is om verbinding te maken met alle spelers in het veld. Het streven naar een circulaire economie is een mooie 'waarom'. Zoals gezegd, net als de wereldvrede: wie wil dat nou niet. Maar je maakt met het streven alleen, geen verbinding met het waarom van de spelers op het veld.

Een corporatie gaat pas bijdragen aan een circulaire economie, als dat weer bijdraagt aan goede en betaalbare huisvesting voor lagere inkomens.

Bij corporaties is dat ook zo. De corporatie zal zich altijd afvragen: "Waarom doen we dit voor onze huurders? Zijn er voordelen voor onze huurders?". Corporaties hebben als waarom: goede en betaalbare huisvesting voor lagere inkomens. In die waarom zit geen streven naar een circulaire economie. Anders gezegd, een corporatie gaat pas bijdragen aan een circulaire economie, als dat weer bijdraagt aan goede en betaalbare huisvesting voor lagere inkomens. Dat is niet onmogelijk, maar vraagt meer dan het stellen dat een 'circulaire economie belangrijk is'.

## WAAROM

In dit verband is het ook goed om te wijzen op het feit dat de overheid (zowel landelijk, provinciaal als lokaal) op diverse manieren een beroep doet op de betrokkenheid van corporaties op het vlak van duurzaamheid. Energieneutraal, CO<sub>2</sub>-neutraal, van gas los, circulair... het zijn diverse doelen met een verschillende impact op de corporatie. En het vraagt bij alle doelen om een nadere 'koppeling' tussen het waarom van deze ambitie en het waarom van de corporatie: goede en betaalbare huisvesting. Het is dan ook belangrijk dat de overheid, op alle lagen, dezelfde ambitie en verbinding vraagt van corporaties.

Bij Aedes richten we ons bijvoorbeeld op een CO<sub>2</sub>-neutrale energievoorziening in 2050. We zijn hiervoor bezig met de Routekaart om de opgave naar 2050 in beeld te brengen. We richten ons daarbij op een aantal scenario's waaruit gekozen kan worden met een variant van isoleren van de schil in combinatie met een energiebron buiten of op de woning (van warmtenet tot volledig Nul-Op-de-Meter). De beleidsoplossingen die wij aanreiken, richten zich op de grootste uitdaging: de betaalbare verduurzaming, waarbij de rekening niet bij de huurder komt. Deze aanpak levert dan een bijdrage aan de kwaliteit van het wonen (= goede huisvesting) en ook aan de betaalbaarheid (= lagere energielasten). CO<sub>2</sub>-neutrale woningen als middel om tot goede en betaalbare woningen te komen, leidt sneller tot actie, dan als doel alleen. Het is dan een ambitie die verbindt met het waarom van de corporatie.



De circulaire corporatie moet dus de circulariteit ook aan het waarom van de corporatie weten te verbinden; goede en betaalbare woningen door middel van circulair bouwen. In de bovenstaande CO<sub>2</sub>-neutraalaanpak van woningen zit geen aparte focus op circulariteit. Vanuit de circulariteit zou je kijken naar o.a. de woning zelf: de footprint bij de bouw, het onderhoud van de woning en het hergebruik van grondstoffen etc. Dat heeft natuurlijk wel raakvlakken met bovenstaande CO<sub>2</sub>-focus, maar levert andere antwoorden op voor de vraag: "Wat ga je doen?"

## WAT

Wat moeten we veranderen? Deze 'wat'-vraag gaat over strategische keuzes en veelal een andere kijk op de huidige praktijk. Thomas Rau, voorvechter van de circulaire economie, zet hier het belang van de mind change voorop. In die 'wat' veranderen we onze blik: gebouwen worden grondstoffendepots, vastgoedonderhoud wordt losgoedonderhoud, materieel wordt immaterieel. Laten we vanuit deze blik een aantal 'wat'-ideeën en -dilemma's benoemen.

- 1 Sloop/nieuwbouw en renovaties. De circulaire corporatie gaat haar sloopprogramma koppelen aan een nieuwbouw- of renovatieprogramma. De sloopwoning is namelijk een bron van grondstoffen die opnieuw te gebruiken is bij de bouw. Door deze grondstofwaarde in te prijzen kan dat ook leiden tot lagere bouw- en sloopkosten en dat draagt zo bij aan de betaalbare woning. De businesscases van verschillende partijen in de keten zullen hierdoor wel drastisch veranderen. Er zullen dus verliezers zijn, die aan de bestaande structuren gaan vasthouden.
- 2 Tweedehands hands marktplaats. Alles dat op, aan en in de woning zit geschroefd, kan worden losgemaakt, opgeslagen, hergebruikt etc. Dit kan gaan over hergebruik van bijvoorbeeld wc-potten uit sloopwoningen in andere woningen. Maar ook cv-ketels zijn slim her te gebruiken. Juist nu we ook de transitie naar aardgasloos inzetten. De corporatie die nu de cv-ketels vervangt in een complex waar over vijf jaar de aardgasleiding mogelijk uit de grond gaat, heeft een lastige keuze. Warmtepomp?... Collectief?... Als deze corporatie nog bruikbare cv-ketels heeft opgeslagen, zijn die goed te gebruiken om die vijf jaar te overbruggen. Zo voorkomen we desinvesteringen. Dilemma is dan wel de waardering van de bewoners. Accepteren bewoners het hergebruik van materialen?
- 3 Van product naar service. In de basis van de circulaire gedachte zit het afstand nemen van materieel bezit naar immaterieel gebruik. Je betaalt voor het printen, maar niet voor de printer. De eigenaar (maker) van de printer zorgt er dan voor dat er een goede printer staat, met lage onderhoudskosten. Laten we deze basis eens projecteren op de mogelijkheden hiervoor bij een huurwoning. Een huurder zit in principe al in het concept van het bewonen zonder die woning te bezitten. De corporatie is eigenaar en daarmee verantwoordelijk voor goed onderhoud en goede materialen en installaties. De corporatie moet dus zorgen voor goede kwaliteit om de kosten laag te houden. Kan een corporatie

dit concept verder doortrekken, zodat het eigendom van de hele woning bij de bouwer blijft? De corporatie is dan alleen verhuurder en heeft een contract met de eigenaar van de stenen voor bijvoorbeeld vijftig jaar. Daarna moet de woning in principe weg. De bouwer kan dan alle eigen kennis en innovatie inzetten om een woning neer te zetten die bij het weghalen van de woning weer zoveel mogelijk oplevert. Een verandering in rol is complex en brengt onzekerheden met zich mee. Pakken de corporaties deze andere rol? Gaan ze meer in de regiestoel zitten zonder de langetermijneffecten te kennen?

#### HOE EN WANNEER

Bij de 'hoe'-vraag gaat het om de operationalisering. Het is op dat vlak dat de dilemma's toenemen. Je kunt tenslotte je tijd en geld maar één keer besteden. Ook is de vraag relevant wanneer er een concrete stap kan worden gezet. De interdependentie komt daar weer om de hoek kijken: de corporatie is op bepaalde vlakken afhankelijk van de acties van derden. Maar laten we de bovenstaande thema's weer pakken en starten bij de corporatie zelf.

- 1 Sloop/nieuwbouw en renovaties. Bij nieuwbouw kan de circulaire corporatie sturen op circulariteit bij het bouwproces en gebruikte materialen. Dat vraagt wel om kennis en om voldoende beschikbaarheid bij de bouwbedrijven van circulaire materialen. De kennis van materialen wordt op dit moment vergroot door gebruik te maken van productbladen voor toeleveranciers: kwaliteitseisen die gesteld worden aan de kenmerken van het materiaal. Belangrijker om grotere slagen te maken, is het vergroten van de circulariteit van bestaande bouw en sloopwoningen. Het merendeel van de voorraad is immers al gebouwd. Bij die woningen is er echter aan de voorkant geen rekening mee gehouden dat we de materialen weer uit de woning willen halen. Daar ligt een grote uitdaging: wie heeft daar de kennis voor en wie gaat dat doen? Het inprijzen van de grondstofwaarde van de woningen in de businesscase heeft aantrekkelijke kanten. Het kan leiden tot andere exploitatielasten als een restwaarde wordt meegenomen. Het vraagt echter om antwoorden op vragen als: Wat voor grondstoffen zitten er in de woning? Wanneer meten we dat? Wanneer komt de waarde vrij? Is er verbinding met de markt/recyclebedrijven? Dit levert fikse uitvoeringsproblemen op voor de corporatie.
- 2 Tweedehandshands marktplaats. Het opzetten van een marktplaats van her te gebruiken producten is snel te doen. De onderhoudsmedewerkers in de corporatie weten vaak wel wat ze nodig hebben. Het antwoord op de 'hoe'-vraag lijkt hier een helder onderhoudsplan. Of een andere mutatie-aanpak waar bijvoorbeeld nieuwe bewoners eerst mogen kiezen of een goede vloer van de vorige bewoners blijft liggen in plaats van dat deze al verwijderd is voor er kijkers komen. Toch is er ook hier een dilemma als we kijken naar de omloopsnelheid van de materialen: interieur, installaties, gevel, constructie, grond.

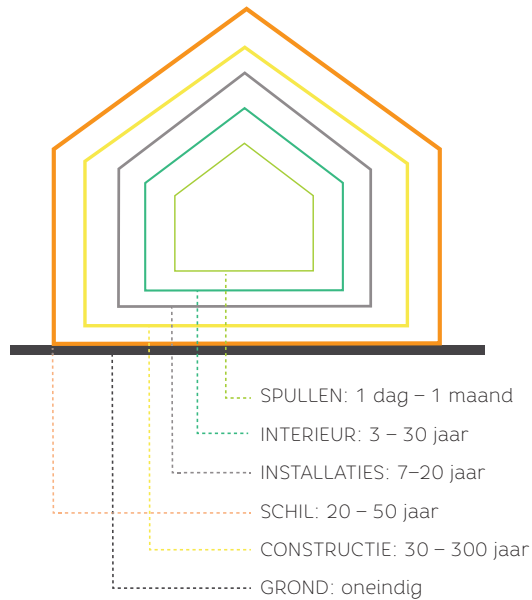


FIG. 1 Bron: Layer model van Stewart Brand (1994).

In dit schema zien we dat een woning tussen de dertig en driehonderd jaar staat, maar een interieur tussen de drie en dertig jaar. Bovendien gaat het daarbij ook om diverse materialen met andere mate van circulariteit. Het kan zijn dat de gebruikte materialen voor 'interieur' een negatievere impact hebben op circulariteit dan die van de 'constructie'. Het kan dan zinvol zijn zich meer te richten op de combinatie van omloopsnelheid en mate van circulariteit. Op dit moment houden we met die diversiteit geen rekening; de onderhoudsplannen wegen de circulariteit nog niet af aan de relatie tussen de omloopsnelheid en het soort materialen. Dat kan dan al snel leiden tot enorme opslagen vol van potentieel te hergebruiken materialen, waar de opslagen zich sneller vullen dan ze leegstromen.

De sloopwoning is een bron  
 van grondstoffen die opnieuw te  
 gebruiken is bij de bouw.

- 3 Van product naar service. Laten we hier voor het gemak nog alleen uitgaan van de geëigende rol als corporatie, die als eigenaar van de stenen. Hoe kan de corporatie dan nog meer rekening houden met de huurder vanuit deze circulaire gedachte. Kunnen we naast de installaties in de woning ook witgoed voor de woning aanschaffen? Onze huurders hebben in de meeste gevallen niet het geld om de aankoop van een duurdere, maar meest energiezuinige koelkast te doen. Ze zijn daardoor in verhouding met de eigen oude, onzuinige koelkast veel kwijt. De corporatie kan in een totaal servicepakket dit wel financieren. Daarmee profiteert een huurder van de lagere energierekening en hij is over de totale levensduur goedkoper uit. Maar dit kan ook anders. De corporatie kan deze rol ook bij de producenten van de apparatuur en installaties laten. De corporatie kan aan de voorkant afwegen via welke route de huurders goedkoper uit zijn. Daar kunnen mogelijk ook opbrengstgaranties aan worden verbonden, zoals momenteel bij de Stroomversnelling in de Nul-Op-de-Meter-woningen gebeurt. Er zijn veel van deze 'hoe'-mogelijkheden te bedenken. In de meeste gevallen ontstaan er nieuwe regierollen, waarbij iemand de durf zal moeten tonen om deze aan te gaan.

#### WIE

Wellicht het meest onderschatte element van elke veranderredenering in de corporatiewereld is de vraag wie anders moet gaan werken. Dat is niet anders bij de veranderroute naar een circulaire corporatie. We hebben te maken met medewerkers die veelal op basis van vaste werkwijzen hun werk inrichten. Het circulair gaan werken, vraagt om een basaal andere werkwijze en de eerder genoemde mind change. Dat vraagt om veranderkracht. Bovendien is het niet de enige verandering die gevraagd wordt: aanbestedingsregels, CO<sub>2</sub>-neutraal, regisserend opdrachtgeverschap etc. doen dat ook. Dilemma zal zijn om deze verandering in te passen in andere verandertrajecten. Meest succesrijk lijkt die van CO<sub>2</sub>-neutraal en regisserend opdrachtgeverschap te zijn. Hiervoor is het nodig dat voldoende concreet handvatten worden aangereikt om het in te passen in de nieuwe werkwijzen.

Los van de medewerkers van de corporaties hebben we bij het bereiken van een circulaire doelstelling uiteraard ook te maken met de veranderkracht van anderen: de bouwwereld, installatiebranche, recyclebedrijven, energiebranche etc. Dat gaat buiten de cirkel van invloed van de corporatiesector en brengt (keten-) samenwerkingsissues op de agenda.

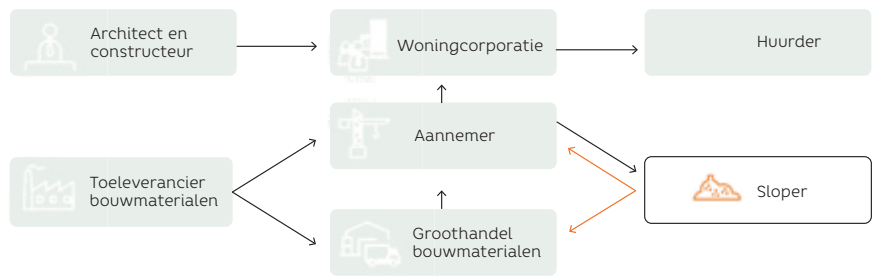


FIG. 2 De Circulaire Corporatie van ING economisch bureau, pag. 15 .

De circulaire corporatie gaat haar sloopprogramma koppelen aan een nieuwbouw- of renovatie- programma.

#### CONCLUSIE

De Circulaire Corporatie vraagt om antwoorden op dilemma's. Op elk onderdeel van de veranderredenering (waarom, wat, hoe, wanneer en wie) zijn er forse dilemma's. Complexe vraagstukken met meerdere actoren en factoren. Als we erin slagen om antwoorden te vinden op deze complexiteiten, komt de circulaire corporatie dichterbij. Doen we dat niet, dan blijft het als de wereldvrede: wel gewenst, nooit bereikt.



“Ondernemers-  
schap draait  
voor mij om het  
creëren van  
zoveel mogelijk  
positieve impact.”

# DE SOCIALE KANT

## VAN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

ANNE-MARIE RAKHORST

### OVER ANNE-MARIE RAKHORST

Anne-Marie is ondernemer, investeerder en publicist op het gebied van duurzaamheid. Ze is oprichter en eigenaar van Duurzaamheid.nl en stond aan de wieg van het initiatief '17 doelen die je deelt'. Eerder richtte ze het succesvolle Search Ingenieursbureau op. In de afgelopen jaren publiceerde ze verschillende boeken, waaronder 'Geld stuurt de wereld; jij bepaalt de koers'. Anne-Marie is actief in verschillende besturen, commissariaten en initiatieven zoals de Koning Willem I Prijs, Transitieagenda Consumptiegoederen, Human Cities Coalition en SDG Charter. Over circulair ondernemen spreekt en schrijft ze regelmatig met veel enthousiasme. Zo ook voor het boek dat voor u ligt.





# DE SOCIALE KANT

## VAN DE CIRCULAIRE ECONOMIE

ANNE-MARIE RAKHORST

### MEER GOED DOEN

Geïnspireerd door het boek *Cradle to Cradle (Remaking the way we make things)* nam ik in 2006 deel aan een workshop van Michael Braungart. In één middag zag ik de nieuwe, duurzame wereld ontstaan die hem voor ogen staat. Een wereld van dynamiek, van positivisme, van schoonheid, van energie, van respect voor onze planeet en van grenzeloze kansen. Zijn gedachtegoed heeft me nooit meer losgelaten. Ondernemerschap draait voor mij om het creëren van zoveel mogelijk positieve impact. Niet om minder uitstoten, minder produceren, minder vervuilen, maar om meer dingen goed doen.

Sinds die tijd is er in Nederland veel interesse in de Cradle to Cradle-denkwijze. Het Grondstoffenakkoord dat begin 2017 werd ondertekend, is het startpunt naar een intensieve samenwerking om de kringlopen te sluiten en op weg te gaan naar een volledig circulaire economie in 2050. Honderden bedrijven, kennisinstellingen, overheden en maatschappelijke instellingen ondertekenden het en onderschreven daarmee de ambitie. Het is prachtig om te zien dat die ambitie leeft in zo'n brede laag van de maatschappij. Ook al voelt dat jaartal nog ver weg, het is een stevige ambitie die ons dwingt om het vanaf vandaag anders te gaan doen.

Ik laat zien hoe de circulaire en inclusieve economie onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden.



FIG. 1 Kunstenaar en ondernemer Jalila Essaïdi ziet mest niet als een afvalstroom, maar als bron van grondstoffen, bijvoorbeeld voor papier, maar ook voor bioplastic en textiel. Met een fraaie modeshow van Mestic-fashion, gemaakt van ragfijne en stevigere stoffen, toonde ze overtuigend dat er geen luchtje aanzit.

### SLUITEN VAN DE KRINGLOOP

In een circulaire economie zijn alle grondstoffen en materialen opnieuw te gebruiken. Zo creëer je een gesloten ecosysteem, zoals de natuur. In de natuur gaat er geen element verloren; elke grondstof keert terug in zijn kringloop als (hoogwaardige) voedingsstof. En dat gaat oneindig door. De Cradle to Cradle-grondleggers leggen dit proces duidelijk uit: alles wat we maken, wordt gebruikt om de omgeving beter, gezonder en mooier te maken. Alles wat we gebruiken,

keert volwaardig terug in een van de twee kringlopen. Wat biologisch afbreekbaar is, komt steeds terug in de biocirkel. Grondstoffen als metalen en kunststoffen zouden steeds opnieuw een voedingsstof moeten zijn voor de technische kringloop. De circulaire economie is een allesomvattend verhaal. Het gaat om klimaatverandering en grondstoffenschaarste, maar voor mij gaat het verder dan dat. Ik zie een duurzame samenleving die kansen biedt voor iedereen. Graag neem ik je mee in de sociale kant van de circulaire economie en laat ik zien hoe de circulaire en inclusieve economie onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden.

## BUNDLES

De circulaire economie biedt kansen voor bedrijven én individuen. Denk bijvoorbeeld aan het ontsluiten van hoogwaardige, nog vaak kostbare, producten en diensten voor iedereen. Bundles is hiervan een inspirerend voorbeeld. Het uitgangspunt is dat het voor iedereen leuker en beter is om spullen van een goede kwaliteit te gebruiken. Bundles maakt dat mogelijk door huishoudelijke apparatuur zoals wasmachines aan te bieden volgens het product-als-dienst-model. Bundles wil een concurrerende prijs bieden en goedkoper zijn dan de 'wegwerpapparaten' die veel energie gebruiken en een korte levensduur hebben. Het terugdringen van grondstoffengebruik en verlagen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot gaan zo hand in hand met het verbeteren van de leefkwaliteit. In 2013 gingen de ondernemers achter dit concept van start. Om die wereld zonder wegwerpapparaten daadwerkelijk te bereiken, is verder opschalen noodzakelijk. In 2018 gaat Bundles samenwerken met woningcorporaties om het project verder uit te bouwen. In een pilot bieden corporaties hun huurders huishoudelijke apparaten aan, zoals wasmachines, gereedschap en elektrische fietsen. De huurders betalen niet voor bezit, maar voor het gebruik van deze apparaten. Dat is een georganiseerde deeleconomie op een schaal van zo'n tweeduizend huishoudens. Bundles is een typisch voorbeeld van een businesscase uit de circulaire economie die bijdraagt aan sociale inclusiviteit.

## PRODUCT-ALS-DIENST

Product-als-dienst-modellen zijn een stimulans voor de circulaire economie. Het levert winst op voor het milieu én de portemonnee van ondernemers. In ons huidige systeem worden consumenten verleid om hun producten regelmatig te vervangen. Modeketens brengen meerdere keren per seizoen een nieuwe collectie uit. Mobiele telefoons worden met regelmaat vervangen door een nieuw model. We moeten voorkomen dat dit soort producten na een paar jaar als afval eindigen. Met producentenverantwoordelijkheid wordt dat doorbroken. Ik ben er voorstander van om producenten meer bevoegdheden te geven op dit vlak. We dagen producenten zo uit om producten zo hoogwaardig en duurzaam mogelijk te maken. Zij zorgen voor het onderhoud van het product tijdens de hele levensduur. En uiteindelijk worden waardevolle grondstoffen op een zorgvuldige wijze hergebruikt dan wel verwerkt. Als je producten op deze manier ontwerpt, dan eindigt een kledingstuk, telefoon, meubel niet als afval, maar is het opgebouwd uit grondstoffen voor iets anders. Het is dan niet erg als je toch graag een nieuwe telefoon wilt: de oude wordt gebruikt om iets anders te maken.

## FASHION

Om van een lineaire naar een circulaire economie te komen, is ook een belangrijke rol weggelegd voor kleding. Het is een omvangrijke productgroep met een jaaromzet van zo'n negen miljard euro in Nederland. Ook is het een sector met prachtige innovatieve en creatieve ideeën. De productie van leer of textiel

uit andere bronnen bijvoorbeeld. Zo maken de ondernemers achter Fruit leather schoenen en andere accessoires van leer dat is gemaakt van overtollig fruit. En natuurlijk kennen we het voorbeeld van Mestic. Kunstenaar en ondernemer Jalila Essaidi maakt gebruik van de kracht van de natuur. Zij ziet mest niet als een afvalstroom, maar als bron van grondstoffen. Uit de mest creëert ze vezels die kunnen worden gebruikt voor de productie van papier, bioplastic en textiel. Mode laat ons op een positieve en sprekende manier zien wat mogelijk is en heeft daarnaast een enorme invloed op onze leefomgeving. De modebranche staat voor grote uitdagingen, maar laat zien dat ze open staat voor innovaties. Juist in deze branche kunnen de designers het verschil maken door de slimheid en schoonheid van de Cradle to Cradle-principes te gebruiken.

#### RECYCLING VAN TEXTIEL

In Nederland zijn we in staat om papier en glas voor bijna honderd procent te hergebruiken; het zou geweldig zijn als we dat ook met kleding kunnen doen. De meeste kleding wordt van een mix van stoffen, blends, gemaakt en die zijn daardoor moeilijk recyclebaar. Wat niet helpt, is dat we in Nederland nog nauwelijks kennis hebben over het bewerken van vezels en het spinnen van garen. Vroeger was dit een van de grootste industrieën van ons land, maar de kennis op dit vlak en de productie van kleding concentreert zich nu in andere landen. Als we textiel beter willen recyclen, dan is het waardevol om deze kennis opnieuw op te bouwen. Dat zou ook kansen bieden voor werkgelegenheid en economische groei. En aan de andere kant kunnen we met die kennis de internationale ketens positief beïnvloeden om stappen te zetten in circulariteit. Er worden in Nederland al mooie stappen gezet, bijvoorbeeld door Frankenhuis dat vezels maakt uit tweedehands textiel. En vanuit het Rijksbrede programma 'Nederland Circulair in 2050' starten er pilots om onder andere vezelrecyclingtechnieken en circulair ontwerp verder onder de loep te nemen.

#### AMBACHTEN

Als het gaat om werkgelegenheid heb ik positieve verwachtingen van de circulaire economie. Het biedt kansen voor mensen in ambachtelijke en technische beroepen, zoals de textielbewerking die ik hiervoor al schetste. Er zijn veel technische mensen nodig voor de recycling van elektrische apparaten. Ook is er behoefte aan techneuten die zich richten op het repareren of refurbishen van dit soort apparaten. Dat zie je aan de opmars van lokale repaircafés. Ook de nieuwe techniek die 3D-prints mogelijk maakt, biedt kansen voor kleine ondernemers. Dakpannen, kledingstukken, meubels: met een printer kun je lokaal allerlei objecten produceren. Hierdoor is het laagdrempeliger geworden om als zelfstandig ondernemer aan de slag te gaan. De nieuwe techniek maakt snelle innovatie mogelijk en geeft zo de circulaire economie een flinke zet.



FIG. 2 Kunstenaars en ondernemer Jalila Essaïdi (Mestic).

#### AAN DE SLAG

Om de circulaire economie een zetje te geven, zijn de juiste prikkels nodig. In januari 2018 werden vijf transitieagenda's circulaire economie overhandigd aan het kabinet. Die agenda's zijn uitgewerkt voor de sectoren bouw, consumptiegoederen, kunststoffen, maakindustrie en voedsel & biomassa. Per thema is in kaart gebracht welke kansen er liggen op het gebied van de circulaire economie.

Belangrijke hefboom is de inkoopmacht van overheden, het beprijzen van CO<sub>2</sub>-uitstoot en het systeem van Extended Producer Responsibility. Onderdeel van elke transitieagenda is een sociale agenda. Het is een misverstand dat een circulaire economie alleen om materiaalkringlopen draait. De traditionele *Triple P*, people, planet, profit, blijft van toepassing. We zien al goede voorbeelden van die sociale en economische kansen: nieuwe werkgelegenheid, het verbeteren van de status van de beroepsbevolking en het opwaarderen van specifieke beroepen.

De transitie van een lineaire naar een circulaire economie is een van de grootste transitie's van deze tijd. Het cruciale punt is versnellen en opschalen. Het vraagt om lef om circulair te gaan ondernemen, want het brengt risico's met zich mee om het anders te gaan doen. We moeten laten zien hoe leuk en kansrijk het is en ermee aan de slag gaan. Een systeem verander je vooral van binnenuit. Dat is wat ondernemers – groot en klein – nu ook doen: ze zetten hun ondernemerschap, creativiteit en innovatiekracht in en werken aan nieuwe, circulaire businessmodellen. Als je over je eigen grenzen heen durft te kijken, dan biedt de circulaire economie enorme kansen voor iedereen.





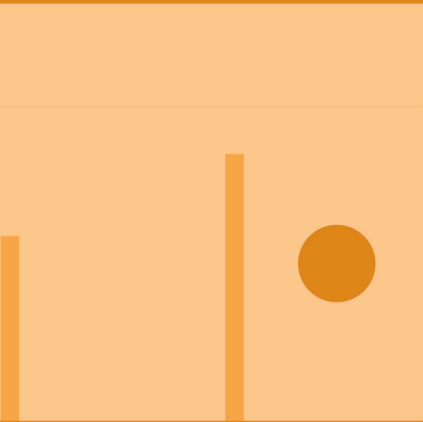
“Het is de  
samenleving  
nog niet gelukt  
om het eens te  
worden over  
een maat voor  
circulariteit.”



TECHNOLOGIEËN VOOR

# CIRCULAIRE BUSINESSCASES

PETER REM



## OVER PETER REM

Prof. dr. Peter Rem is fysicus en hoogleraar Resources & Recycling aan de TU Delft. Zijn ambitie is om technologieën te ontwerpen die de welvaart van Europa minder afhankelijk maken van geïmporteerde grondstoffen en energie. Een bijdrage aan dit boek was de perfecte gelegenheid om met de samenleving in discussie te gaan over kansen en problemen op weg naar circulariteit.



TECHNOLOGIEËN VOOR

# CIRCULAIRE BUSINESSCASES

PETER REM

## DE UITDAGING

2050 is nog decennia van ons verwijderd: tijd genoeg om onze economie op een andere leest te schoeien. Daar komt bij dat iedereen enthousiast is over circulariteit. En zo iets moois mag wel wat extra kosten. Ziedaar de drie belangrijkste misvattingen over de circulaire economie.

Westerse economieën zijn ingericht op kostenefficiëntie en flexibiliteit. Afgezien van een paar storende monopolisten werken miljoenen ondernemers aan myriaden kleine onderdelen van productieketens die uiteindelijk uitmonden in consumptieartikelen. Dat gebeurt zonder masterplan. Elk voor zich houden bedrijven hun burens upstream, downstream en naast hen in de keten nauwlettend in de gaten om een competitief product te blijven leveren en, als het mis gaat, met hun business tijdig over te stappen op iets anders.

Wezenlijke innovaties binnen een stap in de keten hebben een typische levensduur van twintig jaar.

Upstream in de keten hebben grondstoffenleveranciers maar een vaag beeld van wat er met hun materialen gebeurt. Verder downstream weet de productassemblage niet veel meer dan de prijs en performance van elk onderdeel. Wezenlijke innovaties binnen een stap in de keten hebben een typische levensduur van twintig jaar. Vaker innoveren is kostbaar en gevaarlijk, omdat een nieuw

materiaal of productieplan pas na veel testen en kinderziektes tot een onderdeel leidt dat verkocht kan worden. Wij willen nu deze ketens, die denken in lokale innovatie, kostenefficiëntie en flexibiliteit, radicaal omvormen naar een vreemde, ketenwijde doelstelling: circulariteit. En ook nog in den blinde. Want waar ondernemers van hun boekhoud- en marketingafdeling kwantitatieve informatie krijgen om op te sturen, is het de samenleving nog niet gelukt om het eens te worden over een maat voor circulariteit, laat staan die te vertalen naar een incentive voor bedrijven. Ondernemers worden verondersteld zelf te raden hoe wetenschappers en politici daar over tien of twintig jaar mee om zullen gaan. Het is niet verrassend dat zij twijfelen.

Wij willen nu deze ketens, die denken in  
lokale innovatie, kostenefficiëntie en flexibiliteit,  
radicaal omvormen naar een vreemde,  
ketenwijde doelstelling: circulariteit.

Wie is dan wel enthousiast? In ieder geval niemand die zijn geld verdient aan fossiel, cement of mijnbouw. En ook politici zijn huiverig om zich te verbinden met plannen die grote bedrijven en investeerders achterlaten met de 'stranded assets' van de oude economie. Eigenlijk hebben alleen burgers en banken grote belangen bij de circulaire economie. Burgers vanwege de binding met hun leefomgeving en als eigenaar van hun huis en van de publieke infrastructuur van hun land. Voortgaan met de lineaire economie betekent voor hen dat zeespiegelstijging en klimaatgedreven voedselschaarste en epidemieën hun assets in een deel van de wereld waardeloos zullen maken en in een ander deel door migratie zullen bedreigen. Banken hebben een belang, omdat zij burgers en overheden geld lenen om hun huizen en infrastructuur te onderhouden. Zij doen dat tegen rentepercentages die gebaseerd zijn op lange looptijden en onderpand met een laag risicoprofiel. De lineaire economie brengt een onvoorspelbaar element in hun business, omdat niemand de timing en omvang van migratie en de vernietiging van waarde bij benadering kan voorspellen. Een probleem voor de banken is dat hun natuurlijke bondgenoot, de burger, geen echte representant heeft in onderhandelingen met overheden en het lastig is om het politieke kantelpunt te voorspellen. Ook banken moeten dus prudent zijn, voortdurend erop bedacht dat politici hen op het beslissende moment kunnen laten zakken. Zij financieren daarom alleen circulaire businesscases die concurrerend zijn met lineaire businesscases.

De uitdaging voor technologen is nu om circulaire processen en producten te realiseren die economisch concurrerend zijn, geen innovatie van de keten als geheel behoeven en loslopen van politiek en regelgeving uit de koker van de oude economie. Twee voorbeelden.

Ongeveer 40% van de circa honderd miljard euro aan plastics die wij jaarlijks in Europa gebruiken, komt terecht in verpakkingen. Dat zijn veelal fossiele plastics. Biopolymeren, die fossiel op den duur moeten vervangen, hebben nog maar enkele procenten van de markt. Een directe vervanging van fossiel door bio vergt dus nog serieuze opschaling, maar dat is niet het enige obstakel. Bio is duurder dan fossiel en er is een sterke politieke lobby om bioplastics te weren, omdat de productie ervan concurreert met het verbouwen van voedsel. Dat laatste klinkt wellicht onlogisch, omdat de transitie naar een duurzame footprint vroeg of laat zal moeten plaatsvinden en de concurrentie tussen voedsel en grondstoffen beter kan worden geïntroduceerd nu de voedselproblematiek nog beheersbaar is. In feite stuurt de anti-bio lobby er (onbedoeld) op aan dat we eerst de atmosfeer volpompen met CO<sub>2</sub> totdat onze goedkope fossiele bronnen zijn uitgeput, waarna een ondertussen exponentieel doorgegroeide wereldbevolking abrupt geconfronteerd wordt met een combinatie van voedsel-grondstof concurrentie, landverlies door stijging van de zeewaterspiegel en plagen als gevolg van klimaatopwarming.

De concurrentie tussen voedsel en grondstoffen kan beter worden geïntroduceerd nu de voedselproblematiek nog beheersbaar is.

Het is verleidelijk om met dit argument de publieke discussie aan te gaan en een circulaire case op basis van bio te beginnen. Toch is dat niet de oplossing. De impact van circulaire businesscases moet volstrekt inzichtelijk zijn, geen discussie oproepen en de case moet zo ontworpen zijn dat voor de hand liggende emoties het succes niet in de weg staan. Alleen dan krijgt een initiatief de massale steun van burgers en banken. In het geval van verpakkingen is het beste om eerst het volume plastics terug te dringen door richtlijnen (verbod op 'gratis' zakjes), ultradunne verpakkingen en recycling. Minder volume betekent dat de prijs en lage productiecapaciteit van bio en ook de concurrentie met voedsel minder relevant worden.

Een belangrijke technologische barrière voor de recycling van verpakkingen is de enorme verscheidenheid aan polymeren. De Nederlandse verpakkingmarkt omvat volgens experts zo'n 250 soorten plastics, die verschillen in polymeertype, viscositeit en door toevoegingen van mineralen, kleurpigmenten en chemische additieven die het polymeer beter bestand maken tegen degradatie tijdens verwerking en gebruik. Door dit grote aantal en het gebrek aan openheid over de precieze recepten van verpakkingpolymeren is het met de huidige technologie praktisch onmogelijk voor recyclers om plastics uit verpakkingen hoogwaardig her te gebruiken en zo te concurreren met de fossiele industrie. Een ander probleem is dat makers van fossiele plastics giftige en uitwasbare chemicaliën in kunnen mengen in polymeren die verkocht worden voor non-food toepassingen. Als die plastics qua type polymeer, kleur en Near-InfraRed NIR-spectrum zo gekozen



worden dat ze niet onderscheidbaar zijn met plastics die gebruikt worden om voedsel te verpakken, kan een recycler het verschil niet zien, en ontstaat na recycling een mengsel dat niet geschikt is om voedsel te verpakken. Ook op die manier kan een belangrijke markt worden afgesloten voor recycle plastics en de circulaire technologie moet hier een oplossing bieden.

Een van de interessante technologieën voor zo'n aanpak is om het gemengde plastic afval in een aantal stappen te wassen en snijden.

Een voorbeeld van een circulaire businesscase is om het plastic afval van ca 300.000 inwoners van een regio of middelgrote stad te verwerken in een lokale fabriek die (mede) gefinancierd wordt door crowdfunding. Zo ontstaat een constructie waarbij inwoners tegelijkertijd klanten, consumenten en bronnen van verpakkingsafval zijn, maar ook investeerder en wellicht zelfs medewerker in de verwerking van dat afval en producent van gerecyclede kunststoffen. Een van de interessante technologieën voor zo'n aanpak is om het gemengde plastic afval in een aantal stappen te wassen en snijden waarbij uit de flessen, schalen en bekers een mengsel van honderden soorten plastic flakes ontstaat. Met een nieuwe doorbraaktechnologie, logaritmische sensorscheiding<sup>1</sup>, wordt dit mengsel efficiënt in evenzovele schone productstromen opgedeeld, die in big bags weer kunnen worden terug aangeboden aan de fabrikanten van de oorspronkelijke verpakte producten. Fabrikanten die circulaire verpakkingen willen gebruiken, zullen dan materialen kiezen die niet tot significante verkleuring of degradatie leiden tijdens verwerking en gebruik, en goed onderscheidbaar zijn van verpakkingsplastics van andere fabrikanten. Onderzoek met innovatieve technologie (Figuur 1) heeft laten zien dat flakes van een goede kwaliteit recycle plastics zonder verdere opwerking direct in nieuwe producten kunnen worden toegepast, en daarom een aantrekkelijke opbrengst per ton hebben. Inwoners hebben vervolgens vanwege hun directe betrokkenheid bij de recycling alle relevante informatie om in hun rol als klant de circulariteit van fabrikanten mee te nemen in hun koopgedrag.

---

<sup>1</sup>

J.B. Dahmus and T.G. Gutowski, What Gets Recycled: An Information Theory Based Model for Product Recycling, Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 7543-7550



FIG. 1 Links: MDS technologie om flakes in één stap in vijf soorten te scheiden. Rechts: het principe van de scheiding in het laboratorium voor verschillende plastics (en metalen).

## CEMENT

Cement is, naast plastics, een van de materialen met de grootste emissies van  $\text{CO}_2$ . Het gas komt vrij bij de omzetting van kalksteen ( $\text{CaCO}_3$ ) in Calciumoxide ( $\text{CaO}$ ) en ook door de verhitting van de ingangsmaterialen tot de smeltemperatuur van  $1.450^\circ\text{C}$ . Het circulair maken van cement vereist daarom meer dan één enkele doorbraak. De cementindustrie experimenteert bijvoorbeeld met alternatieve binders die bij een lagere temperatuur gevormd worden. Een andere voor de hand liggende innovatie is om cement te maken uit de binders van oud beton uit gesloopte gebouwen, in plaats van uit kalksteen. Die oude binders bevatten nauwelijks carbonaten en produceren dus geen  $\text{CO}_2$  bij verhitting. Binder recyclen is geen totaaloplossing: de verhitting tot  $1.450^\circ\text{C}$  produceert nog steeds veel  $\text{CO}_2$  en je moet genoeg oud beton hebben om te kunnen recyclen. Deze innovatie is dus vooral interessant voor landen die al een hoop oude infrastructuur hebben.





FIG. 2 Technologie om zand, grind en binder uit oud beton af te scheiden.


De recycling van binders uit oud beton gaat onvermijdelijk samen met de recycling van zand en grind uit datzelfde oude beton. Het voordeel voor de samenleving van zand- en grind- recycling is veel beperkter dan het voordeel van groene cement. De grootste winst is dat er minder zwaar transport nodig is als de logistiek en kwaliteit van het gerecyclede zand en grind tenminste optimaal georganiseerd zijn en de gerecyclede producten dichtbij kunnen worden afgezet. Dat wordt interessant als in de toekomst vrachttransport per as moet worden teruggedrongen. Een ander voordeel is dat kwalitatief hoogwaardig gerecycled grind tot een hogere vroege sterkte van het beton leidt dan grind uit de rivier.

Tegenover die kleine voordelen levert het recyclen van zand en grind uit beton wel grote problemen en weerstand op. Betonmortel is een erg goedkoop materiaal, circa 30 euro per ton, en elke complicatie stuwt de prijs, relatief gezien, sterk op. En de lijst van complicaties is groot. Zo is de optimale water-cement verhouding hoger en sterker variabel voor gerecycled grind en zand, en wordt de juiste hoeveelheid water in de mortel bepaald via de consistentie. Dat is geen probleem bij de productie van mortel, omdat daar de consistentie, of, equivalent, het opgenomen vermogen van de mengschroef, altijd al leidend was, maar in het laboratorium zijn oudere technici gewend de hoeveelheid water voor de mortel te bepalen aan de hand van de waterabsorptie van het grind, en dat werkt niet goed voor recyclegrind. Vanwege de verschillen met riviergrind willen mortelleveranciers recyclegrind apart opslaan, en dat kost ruimte en geld.

Recyclegrind moet goed ontdaan zijn van lichte verontreinigingen zoals hout, omdat die zich in een werk aan het oppervlak van het beton kunnen verzamelen. Ook mag het grind geen asbest of gips bevatten, dat met de sloop in het materiaal terecht kan komen. Technologie is dus nodig om gedurende het hele recyclingproces, vanaf de sloop tot aan de productie van de mortel de kwaliteit volautomatisch te beheersen en te documenteren, zodat verontreinigingen en minder betrouwbare spelers in de keten tijdig gedetecteerd worden. Om te concurreren moet gerecycled grind en zand dat op een slooplocatie in de stad geproduceerd wordt voor gebruikers op een bouwlocatie elders in de stad eenvoudig te bestellen zijn en een gegarandeerde, uniforme kwaliteit hebben. Een laatste probleem is dat de transitie naar gerecycled zand en grind bestaande groeves van de cementindustrie deels tot 'stranded assets' maakt.

Technologie is dus nodig om gedurende het  
hele recyclingproces, vanaf de sloop tot  
aan de productie van de mortel de kwaliteit  
volautomatisch te beheersen en te documenteren

Nieuwe mobiele technologie is nu in de maak om gesloopt beton te scheiden in zand, grind, oude binder en verontreinigingen en tegelijk de kwaliteit van het grind in-line te bepalen, vast te leggen en terug te leiden naar alle partijen die betrokken zijn in de sloop, het transport en de verwerking van het materiaal. Een eerste versie van de technologie is ondertussen operationeel (Figuur 2).



“De bouwsector is de minst circulaire (grondstoffen-gebruik) en ook de minst duurzame (energie en uitstoot) sector ter wereld.”

NAAR EEN

# CIRCULAIRE BOUWSECTOR

HENNES A.J. DE RIDDER

## OVER HENNES. A.J. DE RIDDER

Prof. Dr. ir. Hennes. A.J. de Ridder is emeritus hoogleraar aan de faculteit der civiele techniek van de TUDelft en houdt zich momenteel bezig met kunstmatig versnelde evolutie van door mensen ontwikkelde complexe systemen in snel veranderende omgevingen. Vanuit zijn achtergrond ontwikkelt hij vooral een methodiek ter verbetering van de bouwsector die met haar ambachtelijke manier van werken – elk bouwwerk is een uniek project – onaanvaardbaar veel energie gebruikt (50% van het totaal), CO<sub>2</sub> uitstoot (50% van het totaal), afval produceert (45% van het totaal), wegverkeer genereert (25% van het totaal), en spullen transporteert (40% van het totaal), daar waar zij nog geen 10% bijdraagt aan het BNP.





NAAR EEN

# CIRCULAIRE BOUWSECTOR

HENNES A.J. DE RIDDER

**De bouwsector is de minst circulaire (grondstoffengebruik) en ook de minst duurzame (energie en uitstoot) sector ter wereld. Daar moet en kan snel wat aan gedaan worden. In dit artikel: de huidige staat van de sector, een beeld van de toekomst en een beeld van de verandering.**

## AMBACHTELIJK BOUWEN

De bouw is de enige sector in de wereld die nog ambachtelijk aan zijn eindproducten werkt. Elk bouwwerk is – en wordt – met een project tot stand gebracht en wordt samen met zijn unieke omgeving in opdracht van een initiatiefnemer ontworpen door een leger van adviseurs, die niet alleen los van elkaar, maar ook na elkaar werken. Nadat het ontwerp gespecificeerd en gedetailleerd is, wordt de realisatie – die bestaat uit engineering en bouw – uitbesteed aan een aannemer, die de benodigde bouwelementen en materialen inkoopt bij de producenten en het bouwproces uitbesteedt aan onderaannemers.

Deze antieke ontwikkelingsmethode is mogelijk, omdat bijna alle spelers in de sector nog steeds (ten onrechte) denken dat een bouwwerk gelijk is aan de som der delen plus het stapelen van die delen. Het bouwwerk wordt aldus ontwikkeld met een selectie uit de meer dan twee miljoen verkrijgbare bouwelementen die zich bevinden in een digitale objectenbibliotheek en op hun plaats in het bouwwerk komen met behulp van Bouw Informatie Model (BIM) dat zich beperkt tot de drie geometrische (x,y,z) dimensies, alsmede kosten en tijd. De projectmanager heeft de onmogelijke taak de raakvlakken tussen de disciplines, tussen de elementen, tussen de componenten, tussen de klant en de aannemer, tussen de processen en tussen het bouwwerk en zijn omgeving te beheersen.

## EIGENSCHAPPEN VAN DE BOUWWERKEN

Door deze ambachtelijke werkwijze zijn de bouwwerken suboptimale monolieten. Ze presteren allemaal slecht op de niet in het BIM zittende kwaliteitsaspecten zoals brandveiligheid, akoestiek, bouwfysica, sterkte, stabiliteit, onderhoud en flexibiliteit. Alle elementen en componenten zitten voor de 'eeuwigheid' aan elkaar vast gemetseld, gelast, geschuimd of gestort, waardoor het bouwwerk niet flexibel is en dus niet kan worden aangepast aan zijn veranderende gebruikers en omgeving. Bij elke nieuwe gebruiker worden de bouwwerken inwendig bijna geheel gesloopt en weer ingebouwd.

## DE SLECHTE PRESTATIES VAN DE BOUWSECTOR

De milieuprestaties van de bouwsector zijn door boven beschreven werkwijze slecht. Met haar bijdrage van nog geen 10% aan het bruto nationaal product en gerekend over de totale levenscyclus van de bouwwerken is:

- het energiegebruik meer dan 50% van het totale energiegebruik;
- de CO<sub>2</sub>-uitstoot meer dan 50% van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot;
- de afvalproductie meer dan 45% van de totale afvalproductie;
- het wegverkeer meer dan 25% van het totale wegverkeer;

Zoals kan worden verwacht is de afwijkende manier van werken voor de aannemers niet profijtelijk:

- de gemiddelde winst is minder dan 2% op de omzet;
- het gemiddelde risico voor een project is hoger dan 10%;

## HET EFFECT VAN DE STEEDS SNELLER VERANDERENDE WERELD OP DE BOUWWERKEN

Door globalisering, digitalisering en vooral internet is de wereld een complex systeem geworden omdat iedereen met iedereen verbonden is groeit alles exponentieel. Het snelst gaat het met de kennis en de technologie. Daardoor verandert de wereld steeds sneller en zullen de bouwwerken ook sneller en makkelijker moeten veranderen. Bovendien worden de bouwwerken complexer door onder andere de inbouw van telematica, domotica en robotica.



COMPLEXE BOUWWERKEN KUNNEN UITSLUITEND  
EVOLUTIONAIR TOT STAND KOMEN EN ZICH AANPASSEN

De enige manier om complexe systemen te ontwikkelen is door evolutie. Zo zijn de huidige vliegtuigen, computers, belastingsystemen etc. ontstaan en worden ze ook doorontwikkeld. Dat zal op korte termijn met minstens 80% van de bouwwerken ook op die manier moeten. Het vastgeroeste idee dat bouwwerken alleen al door hun specifieke omgevingen niet anders dan ambachtelijk gemaakt kunnen worden, kan aan de hand van een voorbeeld uit de natuur worden weerlegd .

De enige manier om complexe systemen  
te ontwikkelen is door evolutie.

CIRCULAIRE TERMIETENHEUVELS ALS VOORBEELD VOOR DE BOUW

Termietenheuvels worden door termieten zodanig gebouwd dat ze – met een ingebouwd ventilatiesysteem met de ondergrond – de binnentemperatuur altijd onder de 31 graden houden. Iedereen begrijpt dat de termieten zo’n geniaal systeem niet voor elke heuvel kunnen ontwerpen. De kennis en kunde van dit fenomenale systeem zit dan ook niet in de termietenkopjes maar in de DNA (genetische informatie) en de RNA (boodschapper) van de termieten. Geen enkele van de talloze termietenheuvels is hetzelfde, omdat de omgeving telkens anders is (zie onderstaande foto), maar de structuur is voor elke heuvel hetzelfde.

Het DNA van de termieten ‘begrijpt’ – in tegenstelling tot de spelers in de mondiale bouw – dat het bouwwerk gelijk is aan de som der elementen plus alle relaties (= structuur) tussen die elementen. De termieten bouwen dus met een vaste structuur en een variabele vorm, daar waar de bouw met een vaste vorm [Architect’s Masterpiece] bouwt met een variabele structuur. Maar bovenal bouwen de termieten hun gekoelde huisjes circulair:

- 1 Voor elk bouwwerk wordt lokaal materiaal gebruikt;
- 2 Voor elk bouwwerk wordt zo min mogelijk materiaal gebruikt;
- 3 De korrelgrootte van het materiaal is zo klein mogelijk, teneinde het bouwwerk niet alleen in de juiste vorm ten aanzien van de omgeving te krijgen, maar het ook met minimale energie te kunnen bouwen;
- 4 Het materiaal – waarmee ze hun bouwwerken maken – is volledig demontabel waardoor alle materialen aan het eind van de levensduur van de bouwwerken kunnen worden hergebruikt;
- 5 De bouwwerken hebben tijdens gebruik geen energie nodig.



FIG. 1 Foto: Huub Savenije.

Bovenstaande kenmerken van circulariteit (zeker omdat ze een bouwwerk ook aanpasbaar maken) kunnen zonder meer als na te streven doel worden gebruikt voor de bouwsector. Maar de termieten gaan veel verder in hun collectief circulair handelen:

- 6 De kennis van de bouwwerken en het bouwen ervan zit in het DNA en RNA van het systeem (termieten en hun bouwwerken),
- 7 Voor elk nieuw bouwwerk gebruiken ze de geaccumuleerde kennis van alle voorgaande bouwwerken,
- 8 De bouwwerken zijn door de langjarige evolutie optimaal,

Deze drie kenmerken van metacirculariteit zijn geadopteerd door de normale – industrieel werkende – sectoren, zoals de vliegtuig- en autoindustrie en kunnen zeker voor de bouw worden toegepast als we voor ‘termieten’ producenten lezen.

#### DE TERMIETENHEUVELTECHNOLOGIE TOEGEPAST VOOR DE BOUW

Omdat onze gebouwde omgeving uit bouwwerken bestaat die een breed spectrum aan hoogwaardige functionaliteiten bieden, is het onvermijdelijk om van de primaire grondstoffen – uit oogpunt van effectiviteit en efficiëntie – niet alleen elementaire, homogene bouwmaterialen te maken en te gebruiken, maar ook complexere bouwelementen, bouwcomponenten en bouwsystemen te maken. Voor meer dan 90% van de massa van onze moderne bouwwerken hebben deze ‘dingen’ echter een veel langere technische levensduur dan de – steeds korter wordende – economische levensduur van de bouwwerken zelf. Daarom kunnen er nog twee circulaire voorwaarden worden toegevoegd:

- 9 Alle bouwelementen die een langere levensduur hebben dan het bouwwerk zelf, dienen met zo min mogelijk energie te worden hergebruikt op een zo hoog mogelijk aggregatieniveau in een ander bouwwerk,
- 10 Alle bouwelementen die een kortere levensduur hebben dan het bouwwerk zelf, dienen met zo min mogelijk energie te worden gerecycled tot grondstof voor een ander bouwwerk.

DE BOUW MOET VERANDEREN EN KAN DAT UITSLUITEND MET KUNSTMATIG VERSNELDE EVOLUTIE
---

Met de tien voorwaarden voor circulaire productie moeten we constateren, dat de bouwsector (misschien met uitzondering van punt 10) aan geen enkel criterium voldoet. Het is niet van deze tijd dat de massa van een bouwwerk nagenoeg geheel wordt 'gedowncycled' na zijn economische levensduur en dat daar tijdens zijn levensduur als gevolg van onvermijdelijke modernisering en nog flink wat te 'downcycle' massa bijkomt. Daarom moet de bouwsector veranderen. Dat is lastig, omdat de bouwsector met al zijn spelers een complex systeem is en daarom – zoals eerder opgemerkt – uitsluitend evolutionair kan veranderen. Die evolutie verandert het 'lineair werken-DNA/RNA' in een 'circulair werken-DNA/RNA'. De bouw moet van een 'informatiesector' naar een 'kennissector'.

## De bouw moet van een 'informatiesector' naar een 'kennissector'.

Dat is geen eenvoudig proces. Een verandering van het huidige systeem kan alleen als de relaties tussen de spelers (structuur) doelgericht, versneld, kunstmatig en evolutionair worden veranderd. Dat betekent veel kleine, intelligente stapjes (variatie, selectie, reproductie) in een bepaalde herkenbare richting. Die richting is de gewone wereld van consumenten en producenten die de werkers in de bouw vanuit hun vrije tijd kennen. Daarmee verander je langzaam maar zeker de structuur van de sector. Omdat de individuele spelers alleen maar volgens de veranderende structuur kunnen werken, wordt de cultuur dus ook langzaam veranderd. Structuur en cultuur worden dan de nieuwe DNA/RNA. De structuurverandering is aangegeven in figuur 1.

Te zien valt dat de positie van de spelers ten opzichte van een te realiseren bouwwerk hetzelfde blijft, maar dat de uitbestedings- en samenwerkingsrelaties fundamenteel veranderen. De grootste verandering zal zijn dat de opdrachtgever verantwoordelijk wordt voor de context en de aanbieder verantwoordelijk wordt voor het bouwwerk als een functionerend systeem in plaats dat ze samen verantwoordelijk zijn voor de gestapelde stenen. De bouwers kunnen niet alleen als termieten aan de slag, maar ook als normale producenten in de normale wereld.

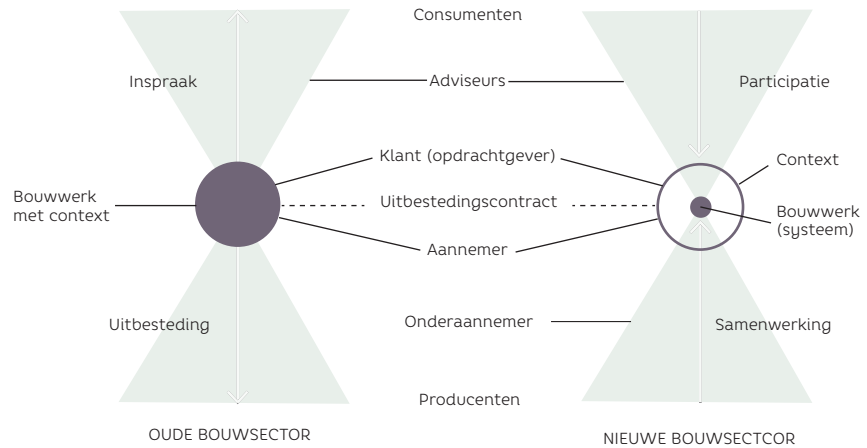


FIG. 2 Verandering van de structuur van de bouw (relaties tussen spelers en werkrichting).

De evolutionaire stappen zijn:

- 1 De opdrachtgevers definiëren de contexten van gewenste bouwwerken en geven daarmee vertrouwen;
- 2 De aanbieders pakken hun verantwoordelijkheden en ontwikkelen hun eigen producten met vaste structuur en variabele vorm waarmee ze hun producten in elke context kunnen zetten;
- 3 De opdrachtgevers weten dan wat er – anders dan capaciteit – te koop is en kunnen daarmee hun contexten makkelijker definiëren;
- 4 De bouwwerken kunnen als producten worden gegarandeerd en goedgekeurd door een centraal overheidsorgaan.
- 5 De bouwwerken kunnen dan – net zoals bij producten in de 'normale' wereld – worden doorontwikkeld met veranderende technologische mogelijkheden en consumentenwensen.

Door deze ambachtelijke werkwijze  
zijn de bouwwerken  
suboptimale monolieten.

## CONCLUSIE

Dit artikel gaat over het veranderen van de bouwsector van een capaciteitssector met een dramatisch slecht effect op het milieu naar een sector die duurzame producten levert die, gerekend over de gehele levensduur, weinig energie gebruiken, weinig CO<sub>2</sub> uitstoten en hoog circulair zijn. Na veel pogingen kan dat eigenlijk nu pas, omdat de huidige digitale ontwikkelingen dat mogelijk maken. De verandering naar een 'normale' sector heeft een groot effect. De hervorming van de relatief kleine bouwsector (< 10% van het BNP) lost bijna 50% van het klimaat- en grondstoffenprobleem op!

## Referenties

---

Achtergrond en de theoretische onderbouwing van dit artikel worden uitgebreid – en voorzien van de referenties – behandeld in: Ridder, H.A.J. de, LEGOLisering van de bouw, industrieel maatwerk in een snel veranderende wereld, Delft, 2011.



“Als deze  
vermogens-  
elektronica  
100 jaar geleden  
al beschikbaar  
was, waren we  
waarschijnlijk  
nooit met  
wisselstroom  
begonnen.”

# ELEKTRICITEIT IS

# FANTASTISCH

HARRY STOKMAN & BART FRANKEN

## OVER HARRY STOKMAN

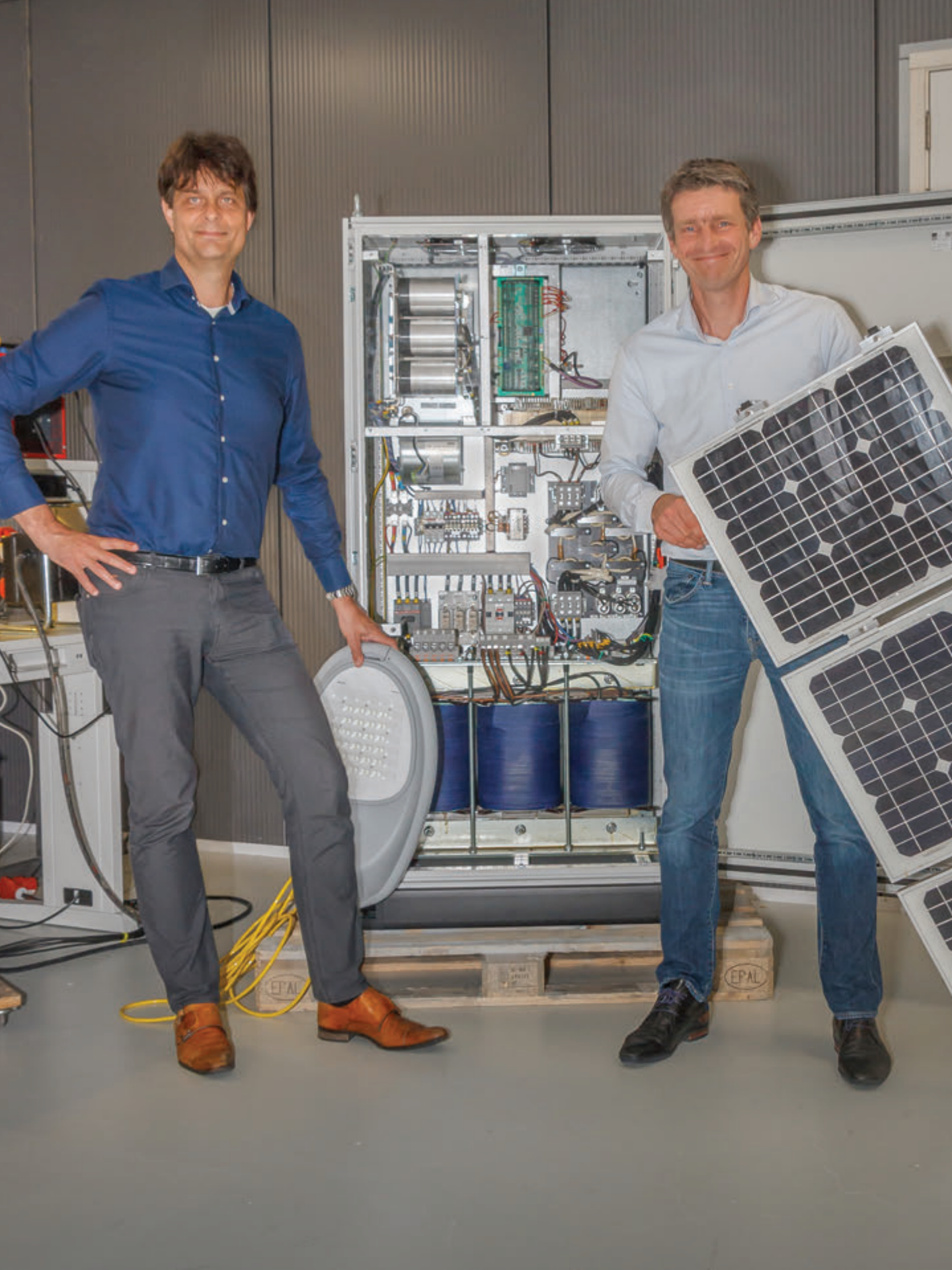
“Het is mijn overtuiging dat gelijkspanning de toekomst is. Ik zet me zakelijk, privé en maatschappelijk in om dit te realiseren.”

Harry Stokman is gelijkspanningsexpert en al meer dan 30 jaar ondernemer in de gelijkstroommarkt. Met zijn team van ontwikkelaars werkt hij aan Current/OS, een DC-systeem voor een veilig, betrouwbaar en duurzaam energienet. Door zijn grote inzet, jarenlange ervaring, kennis en ontwikkeling speelt hij een leidende rol bij vele innovaties op gelijkspanning. Hij steekt veel energie in standaardisatie, maatschappij en het onderwijs om gelijkspanning te promoten. Deze inzet heeft ertoe geleid dat Nederland koploper is geworden op het gebied van gelijkspanning. Gebouwen ABN Circ, Pulse TU Delft en 90 km openbare verlichtingssytemen hebben dit proces in een stroomversnelling gebracht. Vele belangrijke projecten zitten nog in de pijplijn.

## OVER BART FRANKEN

Bart Franken is van jongs af aan gefascineerd door elektriciteit en stroomvoorziening. Na zijn studie elektrotechniek/elektriciteitsvoorziening werkte hij een aantal jaren bij een Nederlands elektriciteitsnetbedrijf. Daarna werd hij onafhankelijk consultant en is sindsdien in vele landen actief voor elektriciteitsnetbeheerders of hun toezichhouders. Bart gelooft dat het nu tijd is om het meer dan honderd jaar oude elektriciteitsnetconcept te heroverwegen, om twee redenen. Ten eerste zullen de netten moeten worden verzaamd om grootschalig gebruik van elektrische auto's, warmtepompen en zonnecellen mogelijk te kunnen maken. Daarnaast is nieuwe technologie (o.a. vermogenslektronica) beschikbaar waardoor oorspronkelijke keuzes misschien niet meer de beste zijn.





ELEKTRICITEIT IS

FANTASTISCH

HARRY STOKMAN & BART FRANKEN

HET BESTAANDE ELEKTRICITEITSNET: ROBUUSTHEID DOOR EENVOUD

Elektriciteit is al jaren fantastisch. Het komt ongezien ons huis binnen en er zijn oneindig veel toepassingen. Tijdens stroomstoringen merken we dat stroom onmisbaar is: zonder stroom vallen bedrijven stil; steden zijn onmiddellijk een chaos en worden binnen enkele dagen onbewoonbaar. Onze afhankelijkheid van elektriciteit wordt alsmaar groter: onze auto's worden elektrisch en zelfrijdend, elektrische warmtepompen vormen een alternatief voor verwarming met gas en koken op elektriciteit wordt steeds vanzelfsprekender.

Gelukkig is de elektriciteitsdistributie zeer betrouwbaar. Het wisselstroomsysteem dat meer dan honderd jaar geleden is bedacht, wordt nog steeds gebruikt en is zeer robuust. Zonder veel automatisering weten de netbeheerders al jaren een ongekend hoge betrouwbaarheid te bereiken: in Nederland hebben we gemiddeld slechts 25 minuten per jaar<sup>1</sup> geen stroom. Vergelijk dat maar eens met de beschikbaarheid van ingewikkelde IT-systemen. Elektriciteitsnetten zijn zo betrouwbaar vanwege hun eenvoud. Onze toenemende afhankelijkheid vraagt daarom om eenvoudige oplossingen.

De laatste decennia zien we gelijkstroom  
steeds belangrijker worden.

---

<sup>1</sup>

Bron: Betrouwbaarheid van elektriciteitsnetten in Nederland Resultaten 2016, Movares, netbeheer Nederland, 29 maart 2017.

ENERGIETRANSITIE VRAAGT OOK EEN TRANSITIE VAN HET ENERGIENET: EEN UNIEKE KANS OM TE INNOVEREN

De huidige energienetten kunnen de gewenste energietransitie uit de Energieagenda 2016 (uitfaseren aardgas, elektrisch vervoer, PV) niet faciliteren. Er zal dus netcapaciteit bij moeten komen. Dit kan op de traditionele manier (meer/dikkere kabels in de grond of warmtenetten), maar door gebruik te maken van moderne technologie (bijvoorbeeld slimme netten, vermogenselektronica, gelijkstroom) kan dit waarschijnlijk efficiënter en beter toegespitst op de huidige en toekomstige wensen van de klant. Omdat we nieuwe infrastructuur voor tientallen jaren aanleggen en we de komende jaren de gehele energieinfrastructuur zullen moeten verzwaren, hebben we nu de unieke kans om te innoveren.

ELEKTRICITEIT IS FANTASTISCH

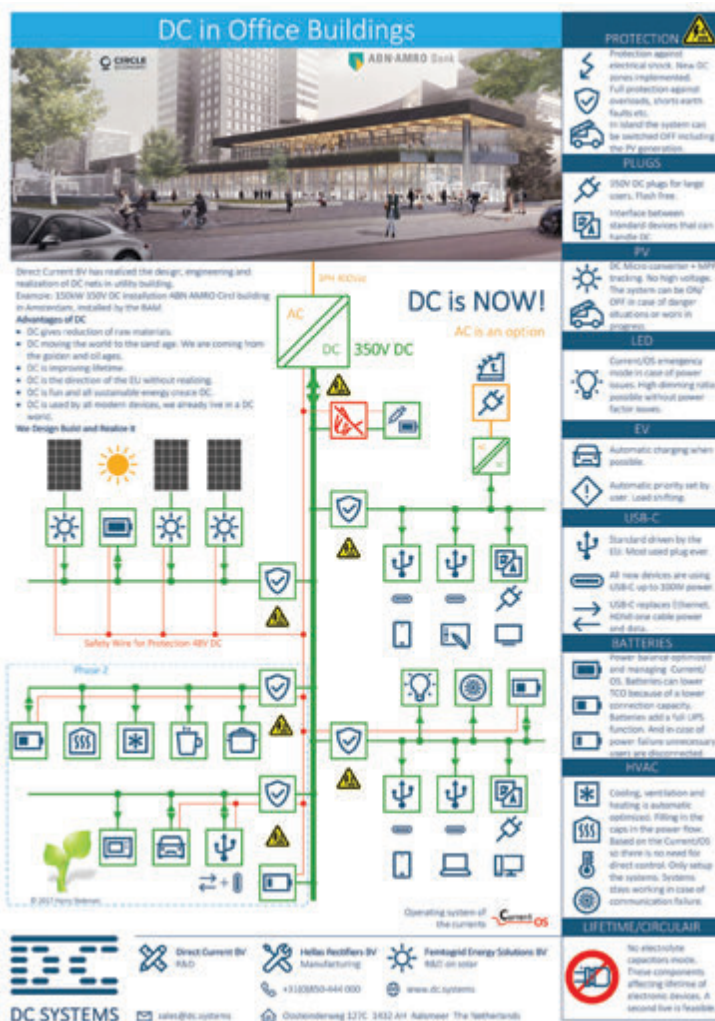


FIG. 1 ABN AMRO Circl gebouw met DC-systemen.

#### TREND: MEER GELIJKSTROOM BIJ OPWEKKING EN VERBRUIK

Ruim honderd jaar geleden was de belangrijkste reden voor de keuze van wisselstroom dat wisselstroom gemakkelijker te transporteren is van grote elektriciteitscentrales naar de verbruikers in de stad. Daarnaast leveren conventionele elektriciteitscentrales wisselstroom en werken veel traditionele machines, huishoudelijke apparaten en gloeilampen prima op wisselstroom. De laatste decennia zien we gelijkstroom steeds belangrijker worden, zowel bij elektriciteits-opwekking als -verbruik. Zo leveren PV-panelen gelijkstroom en wordt de energie van moderne windturbines via gelijkstroom omgezet in de (50Hz) wisselstroom van het elektriciteitsnet. In huizen, kantoren en fabrieken gebruiken we ook steeds vaker gelijkstroom: accu's van elektrische auto's, computers, LED-verlichting, robots en moderne motoren en ook warmtepompen gebruiken in principe gelijkstroom. Een andere trend die we zien is dat er steeds meer gelijkstroomverbindingen komen voor transport van elektriciteit over grote afstanden. Werd tot voor kort slechts gelijkstroom gebruikt voor lange zee kabels, gelijkstroom wordt steeds meer een alternatief voor lange verbindingen over land. De belangrijkste reden hiervoor is dat gelijkstroom goedkoper, betrouwbaarder en eenvoudiger wordt.

In dit gelijkstroomnet reageren de applicaties op het spanningsniveau afhankelijk van hun prioriteit.

#### TECHNISCHE ONTWIKKELING: GELIJKSTROOM GOEDKOPER EN EENVOUDIGER

Gelijkstroom wordt gemaakt, omgezet, geschakeld en beveiligd met vermogenselektronica, in feite gebruik makend van dezelfde techniek als die voor computerchips wordt gebruikt. Net zoals voor computerchips geldt dat de vermogenselektronica elk jaar kleiner, betrouwbaarder en goedkoper wordt. Dit maakt gelijkstroomoplossingen steeds meer een goed alternatief voor wisselspanning. Als deze vermogenselektronica honderd jaar geleden al beschikbaar was, waren we waarschijnlijk nooit met wisselstroom begonnen.

#### TREND: LOKALE OF CENTRALE STURING?

Zelfrijdende auto's die nu ontwikkeld worden, worden bestuurd door computers in diezelfde auto: de computers maken gebruik van de sensoren in deze auto's. Hierdoor kunnen deze auto's snel en accuraat reageren zonder afhankelijk te zijn van externe communicatie en grote systemen. Dit maakt het mogelijk om op tijd in te grijpen bij een plotselinge situatie. Een alternatief zou zijn om de auto's te laten besturen door een centraal computersysteem dat gegevens van zelfrijdende auto's en andere sensoren verzamelt en op basis daarvan deze auto's bestuurt.



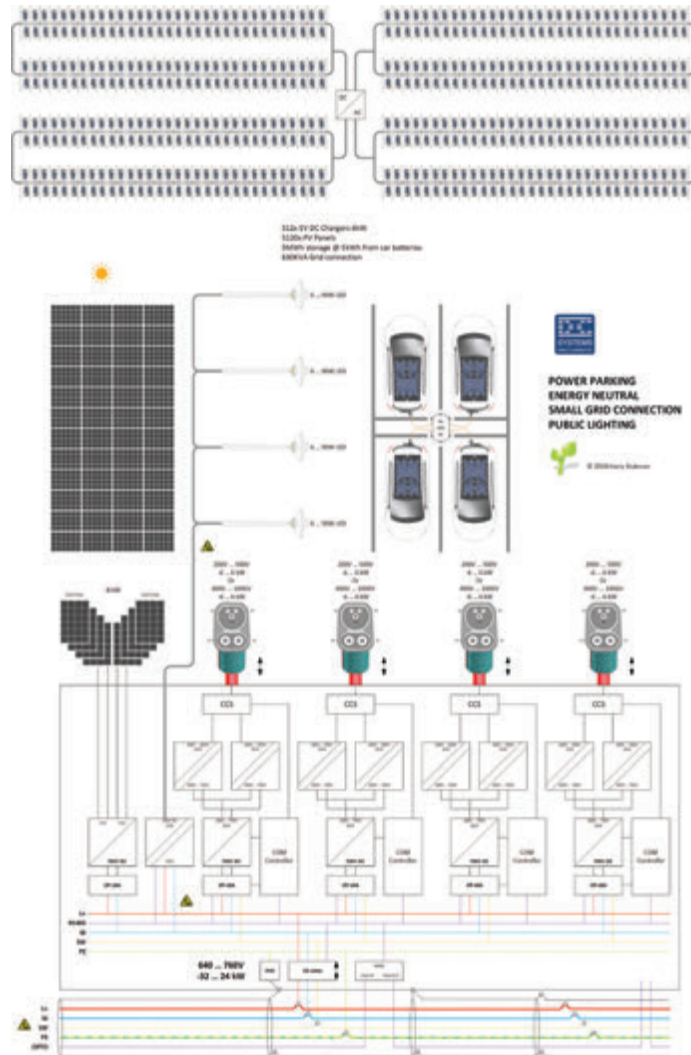


FIG. 2 Ontwerp voor gelijkstroomnet Lang Parkeren vliegveld Lelystad.

Hierbij is de afhankelijkheid van realtimecomputersystemen en snelle en betrouwbare communicatie groot. Vooral nog is de lokale besturing in de auto dan ook te prefereren. In de 'smart grids' wordt de keuze echter precies andersom gemaakt. Sensoren in huizen verzamelen informatie die naar een centraal computersysteem wordt teruggekoppeld. Deze centrale systemen bepalen vervolgens bijvoorbeeld of de wasmachine aangezet moet worden en of de accu van de auto opgeladen kan worden. Door de veelheid van applicaties die in vele gebouwen moeten worden aangestuurd ontstaat een groot en complex systeem dat afhankelijk is van centrale computers en realtimecommunicatie. Als we aanvoelen dat dit voor zelfrijdende auto's misschien niet de beste oplossing is, waarom dan wel voor onze energienetten?

In onze visie is eenvoudig een groot goed, zeker in realsystemen: lokaal beslissen op basis van lokaal verkregen informatie dus.

Met moderne vermogenselektronica zijn veilige en makkelijk te besturen gelijkstroomsystemen te maken. Een mooi voorbeeld hiervan is het gelijkstroomstelsel in het ABN Amro gebouw de CIRCL, zie figuur 1. Dit systeem communiceert met behulp van de hoogte van de spanning, in dit geval 350 Volt: als de PV-panelen op het dak meer elektriciteit opwekken, gaat de spanning omhoog. De aangesloten applicaties merken dit en passen hierop hun gebruik aan, afhankelijk van de prioriteit van die de applicatie heeft. Bijvoorbeeld: bij een lage spanning blijven essentiële systemen in bedrijf, maar wordt bijvoorbeeld het koelen van de ruimte even uitgesteld.

Figuur 2. toont het ontwerp voor een gelijkstroomnet voor de parkeerplaats Lang Parkeren van het vliegveld Lelystad. Het gelijkstroomnet koppelt PV-panelen, Elektrisch Vervoer en verlichting zodanig dat er nauwelijks uitwisseling met het wisselstroomnet plaatsvindt en de reizigers bij terugkomst weer met een volle accu naar huis kunnen rijden.

De Amsterdam Arena wordt uitgerust met een vergelijkbaar gelijkstroomnet dat onder andere de PV- panelen op het dak, de LED-verlichting boven het veld en de laadinfrastructuur voor elektrische auto's in de parkeergarage met elkaar koppelt (figuur 3). Ook in dit gelijkstroomnet reageren de applicaties op het spanningsniveau afhankelijk van hun prioriteit. Hierdoor wordt lokaal de opwekking en de belasting gebalanceerd en het elektriciteitsnet ontlast. Daarnaast kunnen de accu's in de elektrische auto's een back-up verzorgen.



FIG. 3 Ontwerp DC-Systeem Amsterdam Arena.



“Om de zuiverheid van materialen te verhogen is onder andere energie als input nodig.





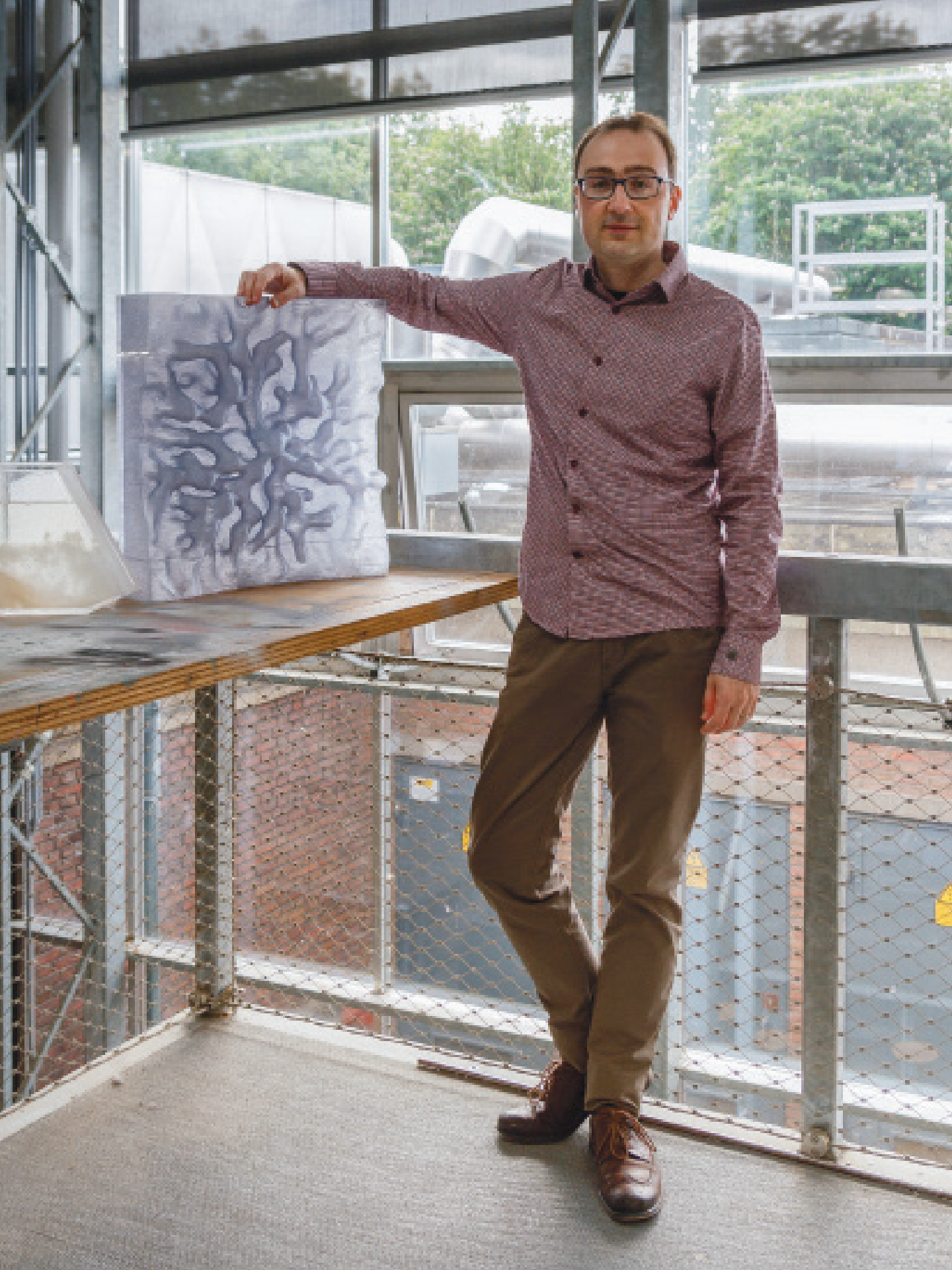
DE RELATIE TUSSEN

# ENERGIE EN MATERIALEN

MARTIN TENPIERIK

## OVER MARTIN TENPIERIK

Dr.ir. Martin Tenpierik is universitair hoofddocent Bouwfysica en leider van de sectie Environmental & Computational Design van de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit Delft. Hij houdt zich onder andere bezig met het energiegebruik van gebouwen en hoe energiezuinige of zelfs energieleverende gebouwen kunnen worden ontworpen. Daarnaast houdt hij zich bezig met het bouwfysisch gedrag van innovatieve materialen, componenten en bouwdelen. Hij is geïnspireerd geraakt door de gedachte dat de gebouwde omgeving positieve effecten teweeg moet brengen voor mens en milieu. Dit boek zal daar een belangrijke bijdrage aan kunnen leveren.



DE RELATIE TUSSEN

# ENERGIE EN MATERIALEN

MARTIN TENPIERIK

## INLEIDING

Dit hoofdstuk zal ingaan op de (natuurlijke) hulpbronnen materialen en energie en dan met name op de relaties tussen deze twee. De basisgrondstoffen (of dragers) van energie en materialen kunnen binnen de systeemgrenzen van de Aarde worden gevonden in zogenaamde voorraden ('stocks'). Wall & Gong (2001) maken daarbij een onderscheid tussen hernieuwbare voorraden ('deposits') en niet hernieuwbare voorraden ('funds'). Indien de vergelijking met de theorie van Cradle to Cradle wordt gemaakt dan zijn de hernieuwbare voorraden van biologische oorsprong en de niet hernieuwbare voorraden van technische oorsprong (bijvoorbeeld metaalertsen). Wat betreft energie kan er een bron aan worden toegevoegd van buiten het systeem Aarde: de zon. De energie van de zon komt het systeem Aarde binnen via een 'natuurlijke' stroom, namelijk elektromagnetische straling.

Biologische materialen kunnen  
wel prima in een cascade worden opgenomen.

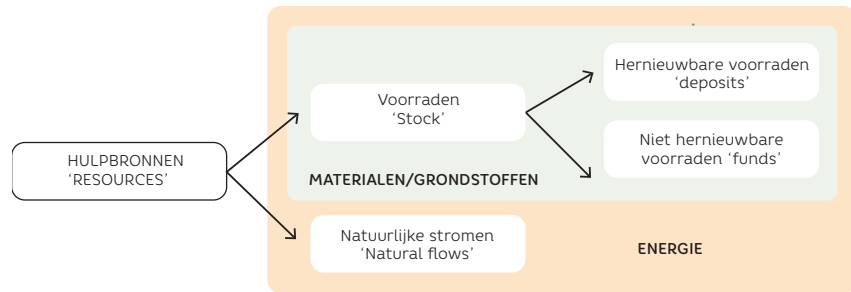


FIG. 1 Classificatie van bronnen [naar Wall & Gong, 2001<sup>1</sup>].

### EXERGIE ALS KWALITEITSINDICATOR VOOR ENERGIE

Voor energie zijn onder andere de eerste en tweede hoofdwet van de thermodynamica van belang. De eerste hoofdwet zegt dat binnen een geïsoleerd systeem geen energie verloren gaat. Energie kan wel omgezet worden van de ene naar de andere vorm. Bij een dergelijke omzetting speelt de tweede hoofdwet een belangrijke rol. Deze tweede hoofdwet stelt dat processen in de natuur uit zichzelf alleen maar kunnen plaatsvinden in die richting waarin de entropie (mate van wanordelijkheid) toeneemt. Dit betekent tevens dat bij energie-omzetting de kwaliteit van de energie minder wordt. Deze kwaliteit, ofwel de exergie, is gedefinieerd als de theoretisch maximale hoeveelheid arbeid die uit de energie kan worden gewonnen indien deze energie in evenwicht wordt gebracht met haar omgeving<sup>1</sup>. Elektriciteit kan bijvoorbeeld wel omgezet worden in warmte, maar warmte niet spontaan in elektriciteit. Ofwel de exergie van elektriciteit is hoger dan die van warmte en daarmee is het nuttig potentieel van elektriciteit hoger dan die van warmte. Zo ook is de exergie van steenkool, aardolie en aardgas hoger dan van warmte. Voor een uitgebreidere toelichting op het begrip exergie verwijs ik naar een ander hoofdstuk in dit boek: 'Energie en Exergie' door Sabine Jansen. Door gebruik te maken van exergieanalyse kunnen we bijvoorbeeld bepalen welke toepassingen van energie zinvol of niet zinvol zijn. Het is bijvoorbeeld niet slim om elektriciteit (hoge exergie) via weerstandverwarming te gebruiken om een vertrek te verwarmen tot 21°C (lage exergie); de exergieverliezen zijn immers enorm.

### ZUIVERHEID ALS KWALITEITSINDICATOR VAN MATERIALEN

Ook voor materialen kunnen we in analogie met het begrip exergie een kwaliteitsindicator introduceren. Materiaalkwaliteit kan op veel verschillende manieren worden gedefinieerd, bijvoorbeeld oppervlaktekwaliteit, isolatiekwaliteit, mechanische kwaliteit. Er is echter een materiaalkwaliteitsindicator die beter

<sup>1</sup>

Jansen, S.J. (2014), *Exergy Guidebook for Building Professionals*, Delft: Delft University of Technology.

aansluit op het denken in circulaire systemen. Deze indicator heeft betrekking op de zuiverheid van het materiaal indien we op materiaal-, mineraal- of ertsniveau kijken of het gemak waarmee materialen, producten of bouwelementen gescheiden kunnen worden in afzonderlijke materialen. Des te lager de zuiverheid, des te slechter de scheidbaarheid, des te moeilijker een materiaal in dezelfde kwaliteit binnen een circulair systeem te houden is. Dit zouden we het functioneel potentieel kunnen noemen. Connelly & Koshland [1997]<sup>2</sup> geven een op exergie gebaseerde definitie van dit potentieel. Zij onderscheiden twee consumptieve processen die voor verlies aan kwaliteit, lees zuiverheid, zorgen: het onomkeerbaar mengen van substanties, hetgeen tot exergieverliezen leidt, en het exothermisch chemisch laten reageren van substanties, hetgeen tot exergieverliezen en exergieoverdracht leidt. Op een iets andere manier definiëren Ayres et al. [1996]<sup>3</sup> en Ayres & Martiñas (1995)<sup>4</sup> materiaal-exergie als de mate waarin een materiaal is georganiseerd in verhouding tot een referentiesituatie; ofwel, des te hoger de concentratie van een stof, des te hoger de exergie. Deze strikt chemische aanpakken maken het mogelijk om materiaalkwaliteit kwantitatief te definiëren en te bepalen welke materiaaltoepassingen zinvol zijn. Deze aanpak maakt het echter lastig om ook scheidbaarheid mee te nemen en geldt met name voor technische materialen.

RELATIE TUSSEN MATERIALEN EN ENERGIE:  
OPWAARDEREN VAN DE KWALITEIT

Om op de lange termijn een samenleving te hebben gebaseerd op een circulair metabolisme is het essentieel om materialen in de technische kringloop in kwaliteit (zuiverheid) te kunnen opwaarderen of op z'n minst gelijk te houden. Immers, indien materiaal degradeert tijdens productie- en gebruiksprocessen dan leidt dat op de lange termijn onherroepelijk tot verlies aan functionele materiaalkwaliteit. Dit verlies aan kwaliteit dient dan gecompenseerd te worden vanuit de niet hernieuwbare voorraad.

Het minimaliseren van degradatie verlengt  
weliswaar de cyclus maar sluit deze niet.

---

2

Connelly, L. & Koshland, C.P. (1997), "Two Aspects of Consumption: Using an Exergy-Based Measure of Degradation to Advance the Theory and Implementation of Industrial Ecology", *Resources, Conservation and Recycling* 19: 199-217.

3

Ayres, R.U., Ayres, L.W. & Martiñas, K. (1996), "Eco-Thermo-dynamics: Exergy and Life Cycle Analysis", Working paper 96/04/, INSEAD, Center for Management of Environmental Resources.

4

Ayres, R.U. & Martiñas, K. (1995), "Waste potential entropy: the ultimate ecotoxic?", *Economie Appliquée* 48: 95-120.

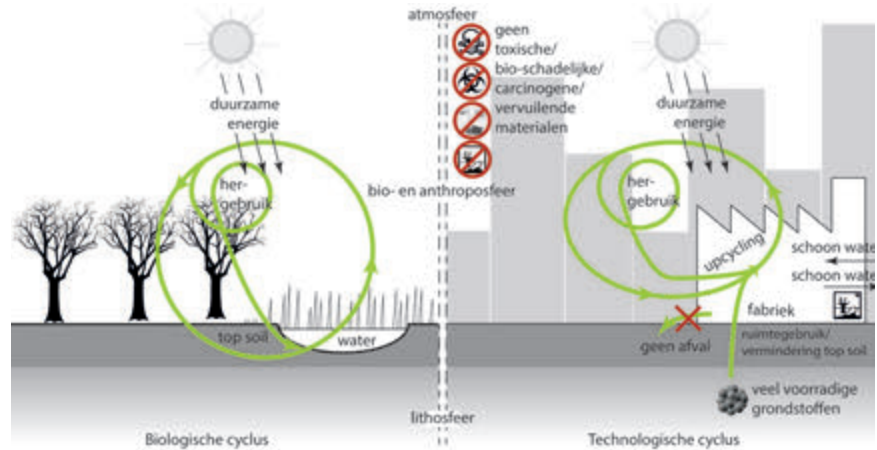


FIG. 2 Een energiecascade van duurzame energie met de relaties van water, materialen en top soil.

Ofwel het minimaliseren van degradatie verlengt weliswaar de cyclus, maar sluit deze niet; uiteindelijk belanden de materialen ergens op een vuilnisbelt of in een verbrandingsoven (AVI). Biologische materialen kunnen echter wel prima in een cascade<sup>5</sup> worden opgenomen. Deze materialen hebben korte groeicycli waardoor hun voorraden hernieuwbaar zijn; een voorwaarde is wel dat de consumptie de aanwas niet overstijgt. Ditzelfde geldt ook voor energie.

Bij opwaardering van de kwaliteit komen echter de energie- en materialenkringlopen met elkaar in contact. Om de zuiverheid van materialen te verhogen is onder andere energie als input nodig; om producten uit elkaar te halen is energie nodig; maar ook, om de kwaliteit van energie te verhogen zijn materialen en energie nodig. Vanwege deze verwevenheid is het van belang om kringlopen niet afzonderlijk te bezien, maar altijd in samenhang. Energie en materialen maar ook water, schone lucht en vruchtbare bovengrond zijn alle onderdeel van een groter systeem.

Om de kwaliteit van energie te verhogen  
zijn materialen en energie nodig.

#### RELATIES TUSSEN MATERIALEN EN ENERGIE: EMBODIED ENERGY

Een tweede manier waarop de beide kringlopen met elkaar in contact komen, is via de zogenaamde 'embodied energy'. Er zijn verschillende definities van de embodied energy van gebouwen in omloop. De meest uitgebreide definitie voor

<sup>5</sup>

Een systeem waarin de kwaliteit van het materiaal in opvolgende toepassingen telkens degradeert.

de embodied energy van gebouwen komt wellicht van Crowther [1999]<sup>6</sup>. Hij definieert deze als de totale hoeveelheid energie benodigd voor het maken van een gebouw inclusief de directe energie gebruikt tijdens het bouw- en assemblageproces en de indirecte energie benodigd voor de productie van de materialen en componenten van het gebouw. Over het algemeen geldt dat materialen in de biologische cyclus een lagere embodied energy hebben dan materialen in de technologische cyclus.

In de gebouwde sector neemt met het verlagen van het operationele energiegebruik in de gebruiksfase het relatieve belang van de embodied energy steeds meer toe<sup>7</sup>. Het is dus van belang om materialen te kiezen met een lage embodied energy of om ervoor te zorgen dat gedurende de levensfase van een gebouw zodanig veel energie wordt opgewekt dat ruimschoots wordt gecompenseerd voor het eigen energiegebruik en de embodied energy (een positieve voetafdruk voor energie). Uiteraard is het creëren van een positieve voetafdruk voor energie eenvoudiger indien materialen met een lage embodied energy worden gebruikt.

Indien we echter uitgaan van een ideale situatie met een volledig circulaire materialeneconomie dan is de relevantie van embodied energy beperkt. In dat geval wordt er geen nieuw materiaal meer aan het systeem toegevoegd behalve om groei te compenseren. Dan is met name de hoeveelheid energie die benodigd is voor het opwaarderen van kwaliteit de bepalende factor.

#### RELATIES TUSSEN MATERIALEN EN ENERGIE: VERBRANDINGSWAARDE VAN MATERIALEN

Een andere manier waarop materialen en energie met elkaar in relatie komen, is aan het einde van de levensduur van materialen. Momenteel is het gebruikelijk in Nederland om een groot deel van ons afval te verbranden in afvalverbrandingsinstallaties (AVI). Omdat (organische en biologische) materialen een bepaalde verbrandingswaarde hebben, kan de door verbranding opgewekte energie worden gebruikt als bron voor bijvoorbeeld stadsverwarming. In 2016 dekte deze bron van energie ongeveer 1.3% van het totale energiegebruik in Nederland<sup>8</sup>.

---

6

Crowther, P. (1999), "Design for disassembly to recover embodied energy", In: *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 22-24 September 1999, Melbourne, Brisbane, Cairns.

7

Zeng, R. & Chini, A. (2017), "A review of research on embodied energy of buildings using bibliometric analysis", *Energy and Buildings* 155: 172-184.

8

<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83140NED&D1=a&D2=0-1,11,34-35,46-50&D3=l&VW=T>



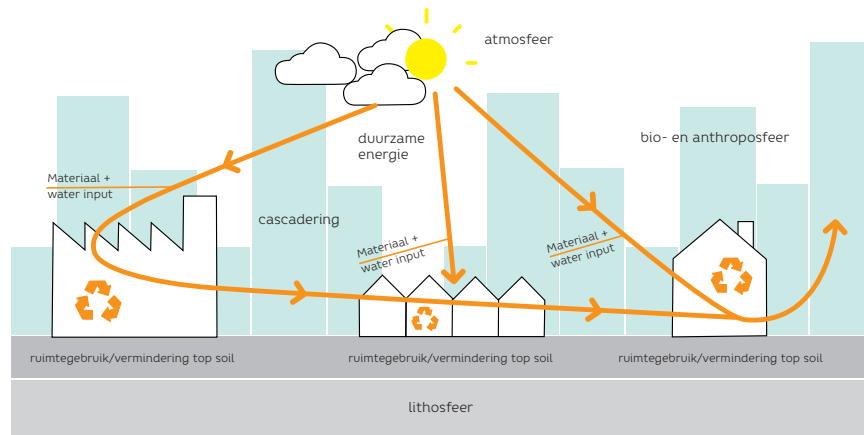


FIG. 3 De biologische en technologische materialenkringloop met de relaties van water, energie en top soil.

Deze warmte wordt soms verkocht als duurzame energie. Indien ons streven echter een duurzame samenleving is waarin circulariteit een belangrijk middel is om duurzaamheid te bereiken, dan bestaat afval niet meer en moeten met name technologische materialen zo lang als mogelijk in de materialenkringloop blijven. Verbranding van die materialen is daarom op de lange termijn geen duurzame oplossing. Van belang hierbij is het wel om een onderscheid te maken tussen materialen van biologische oorsprong en van technische oorsprong. Met name bij de laatste groep geldt dat verbranding betekent dat materialen van niet hernieuwbare aard worden weggehaald uit de materialenkringloop hetgeen circulariteit niet ten goede komt.

#### RELATIE TUSSEN ENERGIE EN MATERIALEN: MATERIALEN VOOR DUURZAME ENERGIESYSTEMEN

Het laatste belangrijke verband tussen materialen en energie kan gevonden worden in de materialen die nodig zijn voor het maken van een duurzame energievoorziening. In 2014 heeft Ecofys in opdracht van het Wereld Natuur Fonds een uitgebreide studie gepubliceerd waarin zij aangeeft welke materialenbottlenecks verwacht worden indien de hele wereld voor 2050 is overgestapt op een duurzame energievoorziening<sup>9</sup>. Voor de productie van PV-cellen worden in dit rapport de volgende kritische materialen gesignaleerd: indium, gallium, tellurium en zilver; voor de productie van windturbines: neodymium en yttrium; voor LED-verlichting: indium en gallium; voor batterijen: kobalt en lithium; voor de energievoorziening in het algemeen: koper; en voor

<sup>9</sup>

Singer, S., Meindertsma, W., Holdaway, E., Breevoort, P. van, Deng, Y. & Blok, K. (2014), *Critical Materials for the transition to a 100% sustainable energy future*, World Wide Fund for Nature International (WWF), Gland, Switzerland.

biobrandstoffen: stikstof, fosfor en kalium. In het rapport wordt gesteld dat sommige van deze materialenbottlenecks oplosbaar zijn door bepaalde kritische materialen te vervangen door andere materialen en door kritische materialen uitsluitend voor bepaalde essentiële toepassingen te gebruiken. Desondanks is de verwachting dat met name schaarste aan lithium, kobalt en de zeldzame aardmetalen voor problemen zal gaan zorgen<sup>10</sup>. Ook Jacobson & Delucchi (2011)<sup>11,12</sup> komen tot de vergelijkbare conclusie dat het vanuit een energetisch perspectief mogelijk is om wereldwijd volledig over te stappen op duurzame energie<sup>13</sup>, maar dat enkele materialen hierin de kritische factor zullen worden. Vervanging van kritische materialen door andere niet-kritische materialen zal een van de grote uitdagingen worden voor de nabije toekomst.

## SLOTWOORD

In dit hoofdstuk is getoond dat de materialen- en energiekringlopen op verschillende manieren met elkaar verweven zijn: via de definities van kwaliteit, via het opwaarderen van kwaliteit, via embodied energy, via de verbrandingswaarde van materialen en via materialen benodigd voor duurzame energiesystemen. In een ideale samenleving gebaseerd op circulaire metabolismen is met name de verwevenheid bij het opwaarderen van kwaliteit en bij het gebruik van materialen voor duurzame energiesystemen van belang. Deze verwevenheid maakt echter een goede analyse van het complete systeem ingewikkeld. Keuzes die positief uitpakken voor de ene kringloop kunnen negatief uitpakken voor de andere kringloop. Om tot een daadwerkelijke circulaire economie te komen is het essentieel om zowel de materialen- als de energiekringlopen maar ook de water-, voedsel- en schoneluchtkringlopen vanuit een holistisch perspectief te bezien. Alleen dan komen we een stap in de richting van echte duurzaamheid.

---

<sup>10</sup>  
idem

<sup>11</sup>  
Jacobson, M.Z. & Delucchi, M.A. (2011a), "Providing all global energy with wind, water and solar power, part 1: technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials", *Energy Policy* 39: 1154–1169.

<sup>12</sup>  
Jacobson, M.Z. & Delucchi, M.A. (2011b), "Providing all global energy with wind, water and solar power, part 2: reliability, system and transmission costs, and policies", *Energy Policy* 39: 1170–1190.

<sup>13</sup>  
Deze stelling wordt door onder andere Trainer (2012) overigens in twijfel getrokken omdat bij de inschattingen van Jacobson & Delucchi (2011) te weinig rekening is gehouden met de variabiliteit in de energieproductie uit zon, wind en water. Trainer, T. (2012), "A critique of Jacobson and Delucchi's proposals for a world renewable energy supply", *Energy Policy* 44: 476-481.



“Waaraan we straks nog echt behoefte hebben en waaraan we geld willen uitgeven, is menselijke aandacht.”

WERKGELEGENHEID

# HEEFT MIJN LEVEN ZIN ALS ER GEEN BETAALD WERK IS?

DRS. LIESBETH VAN TONGEREN

## OVER DRS. LIESBETH VAN TONGEREN

Drs. Liesbeth van Tongeren is afgestudeerd in rechten (VU) en internationaal recht (UVA). Na meerdere leidinggevende functies in het maatschappelijk middenveld werd zij in 2003 directeur van Greenpeace en is sinds 2010 Kamerlid voor GroenLinks. Zij schreef eerder het boekje 'Schetsen van een nieuwe economie' (<http://pubnpp.eldoc.ub.rug.nl/root/boek/gl2014schetsen/>) en publiceerde vele opinieartikelen over veranderingen in onze maatschappij en economie vanwege duurzaamheid.



# WERKGELEGENHEID

## HEEFT MIJN LEVEN ZIN ALS ER GEEN BETAALD WERK IS?

DRS. LIESBETH VAN TONGEREN

Voor mensen zijn er eigenlijk drie dingen die bepalen of zij globaal tevreden zijn met hun leven. Bestaanszekerheid nu maar vooral op hun oude dag, of het beter gaat met hun kinderen dan met henzelf, en hun gezondheid<sup>1</sup>. Zodra mensen zich geen zorgen meer hoeven maken over hun bestaanszekerheid – een huis, een inkomen – dan willen mensen iets nuttigs doen en iets bijdragen. Ook hechten mensen aan hun status in de groep of hun positie. Dat we onze bestaanszekerheid en status baseren op vijf dagen per week betaald werken gaat in deze samenleving onherroepelijk veranderen.

Het was Keynes die voorspelde dat na de industriële revolutie er nog maar voor vijftien uur betaald werk per week per persoon zou zijn<sup>2</sup>, maar onze huidige maatschappij heeft dat behoorlijk anders ingevuld. We hebben beroepen gecreëerd als visual merchandiser, business development manager, account strategist, implementation consultant, digital specialist en agile coach.

---

<sup>1</sup>  
Prof. Richard Layard – ‘Happiness: Lessons from a new science’

<sup>2</sup>  
Revisiting Keynes – <https://www.theguardian.com/business/2008/sep/01/economics>

Mijn persoonlijke favoriet is second accountmanager social media mond-gezondheidsproducten (twitteren over tandpasta). Rutger Bregman<sup>3</sup> schrijft in een artikel over een onderzoek uit het Verenigd Koninkrijk waaruit blijkt dat 40% van de mensen met dergelijke beroepen zeggen dat ze lekker verdienen, leuke collega's hebben, maar dat hun werk totaal misbaar is.

#### VEEL BETAALD WERK VERDWIJNT

Veel beroepen en werkzaamheden gaan de komende jaren verdwijnen. Mensen geven in allerlei onderzoeken aan dat ze overbelast zijn, te weinig vrije tijd hebben en hun vrienden en familie meer zouden willen zien. Maar 8% zegt dat hun leven qua tijdsverdeling in balans is<sup>4</sup>. We doen dus veel betaald werk dat mensen zelf eigenlijk onzinwerk vinden. We zijn gestrest, overwerkt en veel werk verdwijnt deels of wordt geautomatiseerd. Meer dan we nu kunnen bedenken. Volledige werkgelegenheid was altijd al een utopie – om de huidige arbeidsmarkt en economie te laten draaien is ongeveer 5% werkloosheid nodig – maar over circa twintig jaar is het aanbod van het huidige type betaalde werk nog veel kleiner. Laten we daarom nu nadenken over een goede verdeling van werk, vrije tijd en inkomen. Laten we zorgen dat straks iedereen bestaanszekerheid heeft, maar ook zingeving kan vinden en een waardevolle bijdrage kan leveren aan de samenleving.

#### DE TIJD VAN MIJN OUDERS

Mijn vader was leraar en ging elke dag naar zijn werk, in het begin ook nog op zaterdagochtend. Dat gold ook voor mijn moeder, die tot haar huwelijk verpleegster was, en toen werd ontslagen. Dat was toen voor vrouwen heel gewoon. Alle vaders werkten betaald, alle moeders deden de verzorging, het huishouden en vrijwilligerswerk. Status kwam ook voort uit het beroep dat je man uitoefende en wat je verder als gezin deed voor de samenleving. Binnen de kerk bijvoorbeeld of, vooral voor de moeders, op school of in het ziekenhuis. Ik dacht er verder niet over na, zo was het gewoon, maar ik wist wel dat ik ook iets wilde worden. Alleen geen leraar, want dat deed mijn vader al en ook mijn oom. Ik wilde iets anders. Maar dat ik zou gaan werken, dan trouwen en vervolgens kinderen krijgen, was in mijn omgeving een onbesproken aanname. Werklozen kende ik niet. Dit was in de jaren 60 en 70 heel normaal.

---

3

Rutger Bregman – met Jesse Frederik: Waarom vuilnismannen meer verdienen dan bankiers, Essay van de Maand van de Filosofie 2015, uitg. Lemniscaat, 2015

4

Werk en Veiligheid – [www.werkenveiligheid.nl/preventie/duurzame-inzetbaarheid/onderzoek-toont-aan-spitsuur-van-het-leven-bestaat-echt](http://www.werkenveiligheid.nl/preventie/duurzame-inzetbaarheid/onderzoek-toont-aan-spitsuur-van-het-leven-bestaat-echt)



## VEEL TIJD MAAR GEEN WERK

Dat veranderde drastisch in de jaren 80. Ik studeerde af in een periode met zeer hoge jeugdwerkloosheid. Tegelijk met onze bul kregen we, bij wijze van spreken, ook de uitkeringspapieren. Soms liep ik over de grachten naar de Openbare Bibliotheek in Amsterdam, waar het warm was en je gratis alle kranten en tijdschriften kon lezen. Onderweg keek ik bij de huizen en vooral de kantoren naar binnen. In mijn herinnering was het buiten donker en koud en in de grachtenpanden was het mooi verlicht, warm, gezellig en waren er overal mensen met elkaar aan het werk. Ze waren met nuttige en spannende dingen bezig. Ik niet. Ik stond buiten, in de kou, met een universitaire opleiding en een overvloed aan tijd. Maar zonder werk. Tijdens mijn studie had ik altijd bijbaantjes gehad, maar nu voelde ik me een beetje mislukt en buitengesloten, omdat het mij niet lukte aan werk te komen. Uiteindelijk koos ik ervoor om naar het buitenland te gaan, waar ik wel betaald werk kon vinden.

Ik vertel dit, omdat we al konden zien aankomen dat jonge Grieken en Portugezen tijdens de economische crisis in 2008 hetzelfde zou overkomen. Op een paar mooie, futuristische uitzonderingen na – het opzetten van een geldloze dorps economie en communes – trokken de jongeren naar het buitenland of ze wachtten gelaten af tot de economie aantrok en ze weer betaald werk konden vinden. We kunnen nu al zien aankomen dat over enkele decennia mijn ervaring, en die van de Griekse en Portugese jongeren, voor heel veel mensen in onze samenleving het nieuwe normaal gaat worden. Ons betaald werk is erg ongelijk verdeeld. Gemiddeld werken volwassenen 21 uur per week<sup>5-6</sup>. Dat betekent dat tegenover iedereen die weken van vijftig uur draait er twee mensen helemaal geen betaald werk hebben. Onze werkgelegenheid verandert ook ingrijpend. Er komen nog twee grote golven van werkgelegenheid aan<sup>7</sup>, maar zodra die voorbij zijn, moeten we klaar zijn voor een andere invulling van ons leven.

## TWEE GOLVEN MET WERKGELEGENHEID

De eerste golf van werkgelegenheid heeft alles te maken met de verduurzaming van de samenleving. Onze gebouwde omgeving, alle productieprocessen, voedselproductie en transport gaan we de komende jaren vergaand vergroenen. Dit levert erg veel werk op. Het zal de komende tien à twintig jaar lastig genoeg zijn om hiervoor voldoende geschoolde mensen te vinden. Elk gebouw dat je ziet, krijgt een andere bron voor verwarming en wordt ingrijpend geïsoleerd. Transport zal totaal anders verlopen en de energietransitie zal de inrichting van onze leefomgeving sterk veranderen. Kolenmijnen zijn al dicht, de olie- en

---

5

Lieneke Nieber, NRC – <https://www.nrc.nl/nieuws/2012/12/03/er-is-ongeveer-21-uur-betaald-werk-beschikbaar-per-12585714-a548331>

6

The New Economics Foundation – pleidooi voor 21-urige werkweek

7

Jeremy Leggett – The winning of the Carbon war

gaswinning in Nederland eindigt binnenkort, kolencentrales zullen sluiten en hun werknemers worden omgeschoold.

De tweede golf, die zich deels gelijktijdig voltrekt, is de 'digitalisering' van onze samenleving. Onze hele infrastructuur gaat naar glasvezel. In alle lagen van onze maatschappij doen Internet of Things en robotisering hun intrede. Evenals de verduurzaming geeft ook deze ontwikkeling op alle niveaus enorm veel werk. Tegelijk, meer nog dan de verduurzamingsoperaties, zorgt 'digitalisering' ook dat veel werk verdwijnt. Die trend zien we nu al, vraag maar aan de postbodes, de datatypistes en de baliemedewerkers van de bank. Dat gaat de komende jaren grote vormen aannemen. Zelf heb ik op de universiteit geleerd hoe ik in een bibliotheek in fysieke boeken en met behulp van een archief snel informatie kan vinden. Het was een voorrecht om iets te mogen opzoeken in the British Museum Library. Maar sinds Google is die kennis niets meer waard en de Museum Library is echt een museum. Nu heb je vaardigheden nodig om de juiste zoektermen te gebruiken en de informatie op waarde te schatten (#fakenews).

In alle lagen van onze maatschappij doen  
Internet of Things en robotisering hun intrede.

#### GEWAARDEERDE BEROEPEN VERDWIJNEN

Als je met mensen praat over het werk dat robots gaan overnemen dan denken ze meestal aan zware beroepen, waar je steeds dezelfde handeling uitvoert. Het raakt de praktisch opgeleiden. Zelden denken de theoretisch opgeleide mensen aan zichzelf. Uit Canadees onderzoek<sup>8</sup> blijkt echter dat ook flink wat van het werk waarvoor je een lange opleiding en veel werkervaring nodig hebt, beter door een computer kan worden gedaan. Bijvoorbeeld de advocatuur, de accountancy, de medische wereld en zelfs de rechtspraak. Computers kunnen veel sneller en gericht dan mensen informatie opzoeken, vergelijken en op basis daarvan conclusies trekken, nauwkeurig opereren, samenvattingen maken, diagnoses uitvoeren en zelfs vonnissen samenstellen. Computers worden niet moe of chagrijnig, die kijken niet per ongeluk ergens overheen. Zij kunnen alle vonnissen op een bepaald terrein pijlsnel doorzoeken. Diagnoses voor borstkanker zijn veel accurater met een computer; die mist minder indicaties dan de best opgeleide specialisten. De experimenten met een e-court vinden al plaats. Werd je vroeger als expert in bijvoorbeeld aardappelziektes de hele wereld rondgevlogen, omdat er maar zes mensen waren met jouw speciale kennis, nu mag je die kennis één keer in een computer zetten waarna die computer via een foto-app over de hele wereld diagnoses stelt en in rap tempo bijleert van alle feedback over die aardappelziektes. Geen mens gaat meer zijn halve leven

<sup>8</sup>

Brookfield Institute – <https://brookfieldinstitute.ca/research-analysis/automation/>

besteden aan het bestuderen van aardappelziektes. Zo hebben we niet alleen veel baat bij digitalisering, maar worden we ook steeds afhankelijker van deze handige machines. Consequentie is dat we niet alleen werk verliezen dat we nu zinvol vinden, maar ook onze status als advocaat, medisch specialist of deskundige.

Consequentie is dat we niet alleen werk verliezen dat we nu zinvol vinden, maar ook onze status als advocaat, medisch specialist of deskundige.

#### WERK BEPAALT ONZE EIGENWAARDE

Toch is dit een ontwikkeling die past in een historisch perspectief. Eerst werd menselijke kracht vervangen door dieren en toen door machines. Vervolgens werd het menselijk uithoudingsvermogen vervangen door de automatisering. En nu vervangen we de bestaande kennis, vaardigheden en ervaring van mensen door computers en kunstmatige intelligentie. Daarom zijn het dit keer niet alleen de praktisch en middelbaar opgeleide mensen die betaald werk kwijtraken. De impact is dit keer groter voor juist de mensen met zeer specifieke kennis of vaardigheden, die daar lang voor hebben moeten studeren en veel werkervaring hebben opgedaan?

Het is een onvermijdelijke ontwikkeling, maar daarmee niet minder ingrijpend. Werk is sinds de jaren 60 een steeds belangrijker onderdeel geworden van ons gevoel van eigenwaarde. Als mens gingen we ons steeds meer focussen op betaald werk als iets dat ons leven een invulling geeft. Pas na de depressie in de jaren 30 is de overheid werkgelegenheid en de economie als belangrijk en serieus beleidsterrein gaan zien. Daarnaast is werk, in de huidige manier waarop we onze maatschappij organiseren, essentieel voor een bestaanszekerheid. Vrouwen wilden meer en meer ook hun aandeel in het betaalde werk. Zo hebben we betaald werk de afgelopen decennia enorm belangrijk gemaakt; voor veel mensen is er buiten het werk weinig andere zingeving in hun dagelijkse bestaan. Als we iemand ontmoeten is een van de eerste vragen: "Wat doe jij?" En dan bedoelen we niet welke sport of die cursus vegetarisch koken.

Als we iemand ontmoeten is een van de eerste vragen: "Wat doe jij?"

---

9

SER-verkenning Mens & Technologie: Samen aan het Werk – <https://www.ser.nl/nl/actueel/nieuws/2010-2019/2017/20170120-robotisering-tweede-kamer.aspx>

## BETAALD WERK VERSUS VRIJWILLIGERS

En dat is best raar. Ons hele wezen wordt gereduceerd tot het type betaald werk dat wij doen. Ondertussen zeggen we dat we tegen het overbelaste aan zitten. Overdag zijn we heel druk met van alles. Voor sommige dingen worden we betaald en voor andere niet. Sommige van die activiteiten zien we ook als betaald werk, als iemand anders ze doet, maar niet als je ze zelf doet. Je eigen huis schoonmaken versus de werkster. Zelf je band plakken versus de fietsenmaker. Je kind helpen met z'n huiswerk versus het bijlesinstituut. Wat ik ook opvallend vind, is dat vrijwilligers bepaalde werkzaamheden wel doen, maar ander werk nooit. Een vrijwillige bankmanager, een vrijwillige loodgieter, vrijwilligers op het kantoor van Shell? Ik ken ze niet. Maar we kennen allemaal vrijwilligers bij de sportvereniging, in het welzijn, de gezondheidszorg en in de kunsten. Er zijn zelfs activiteiten waarbij we wantrouwig worden of het dubieus vinden als de medewerkers betaald worden. Fondsenwerving of collectes op straat door betaalde krachten? Een betaalde 'inhuur-dochter' die met je vader gaat wandelen? Prostitutie? Ook de hondenuitlaatservice geeft gemengde gevoelens. Waarom heb je dan een hond? Hetzelfde gevoel heerst in ons land bij de kinderopvang. Zodra je als ouders ervoor kiest om je kind vaker dan drie dagen in de week bij de opvang te brengen, krijg je – als moeder – nog steeds wel de vraag "Waarom heb je dan een kind genomen?!" Hierover moeten we met elkaar in gesprek en elkaar de ruimte geven en experimenteren met andere vormen van een invulling van ons leven. Het huidige economische systeem is geen zwaartekracht; we hebben het zelf verzonnen, het is geen natuurwet. Dus kunnen we het ook veranderen.

Het huidige economische systeem is geen zwaartekracht; we hebben het zelf verzonnen, het is geen natuurwet. Dus kunnen we het ook veranderen.

## ZEKERHEID VAN BETAALD WERK VERDWIJNT

Betaald werk geeft ons blijkbaar status, terwijl vrijwilligerswerk niet volwaardig meetelt of in elk geval niet als gelijkwaardig wordt gezien. Wat als straks voor zeer veel mensen de zekerheid van een betaalde baan vervalft? En daarmee ook de status die zij aan hun werk ontlenen en het loon waarmee zij aan al hun verplichtingen kunnen voldoen? Uit het rapport Mens en Technologie: samen aan het werk van de SER<sup>9</sup> blijkt ondubbelzinnig dat die enorme verschuiving gaat plaatsvinden. Het werk waarvoor wij nu betaald krijgen en dat toegevoegde waarde heeft, verdwijnt langzaam maar zeker. De postbode had status in het dorp, maar is door e-mail vervangen. De baliemedewerker bij de bank was een vast aanspreekpunt, maar is nu een chatbox op een website. De huisarts wordt straks via zoekalgoritmes op internet vervangen. Advocaten en rechters maken plaats voor de e-court. En Kamerleden kunnen hun moties in een paar

minuten door computers laten opstellen. Toen ik dat gekscherend eens op Twitter zette, kreeg ik direct als commentaar dat dit natuurlijk niet kan. Maar ik weet bijna zeker dat als een computer alle aangenomen moties op het terrein van bijvoorbeeld 'sjoemeldiesel' doorzoekt en ik aangeef wat het nieuwe aspect is, er een fantastische tekst uit zal rollen.

Slimme robotisering en kunstmatige intelligentie houden we niet tegen, als we het al zouden willen. Het biedt enorm veel voordelen. Laten we daarom de kansen zoeken en kijken of we daardoor een beter, zinniger en fijner leven voor de meeste mensen kunnen organiseren. Enorm veel verspilling van energie en grondstoffen kunnen we met al die nieuwe intelligentie tegengaan. Herhalend en saai werk kan verdwijnen. Overbelasting van een groep werknemers en onderbelasting van anderen kunnen we veranderen. Status komt niet meer uit het betaald werk dat we doen, maar uit wie je bent, wat je echte bijdrage is aan de samenleving. Maar het maakt mensen ook angstig. We kijken eerder naar wat we verliezen dan wat we misschien terugkrijgen. Daarom moeten we onderzoeken en erover praten om te zien hoe we op een andere manier met werk en arbeid kunnen omgaan.

#### KANTELPUNT IN DE MENSHEID

Voor mij is duidelijk dat de veranderingen die ons te wachten staan, naast spanningen, ook kansen bieden. Het kan alle kanten op. Het is misschien een groot woord, maar de komende decennia vormen een kantelpunt voor de mensheid. Lossen we het klimaat- en energieprobleem op en houden we de aarde leefbaar? Worden we angstiger en gaan we daardoor ruzie maken en meer oorlog voeren? Gaan we ons afzetten tegen mensen die bewust 'downsizen'? Tegen ZZP'ers die daar bewust voor kiezen? Of worden mensen creatiever? Gaan we onze geest meer exploreren? Gaan we echt meer tijd met vrienden en familie doorbrengen? Waar leiden deze spanningen en avonturen toe? In het Oosten heeft de mens traditioneel de innerlijke mens onderzocht en ontwikkeld. In het Westen vonden wij dat zweverig, allemaal opgeklopte lucht. Tot onze harde onderzoeksmethodes keer op keer lieten zien dat yoga en meditatie meetbare effecten hebben op onze celstructuur en ons immuunsysteem<sup>10</sup>. In het Westen richten wij ons in het algemeen tot op heden meer op de externe, fysieke wereld. Wij wilden naar de maan, we wilden de diepzee in. Het materiële dominant tegenover het spirituele. Dit blijkt ook uit het feit dat cultuur-, literatuur-, geschiedenis- en sportonderwijs steeds meer uit onze basisopleidingen zijn verdwenen. Maar zoals we de zingeving van lokaal geproduceerd en zelfbereid eten, van hardlopen, van mindfulness en van vriendschappen langzaam herontdekken – je merkt dat aan de sterk toenemende aandacht de laatste jaren – verwacht ik ook dat dit op andere terreinen gaat gebeuren.

De bedreigingen van deze ontwikkelingen op de arbeidsmarkt zijn snel geschetst, maar ze bieden tegelijk grote mogelijkheden. Ze kunnen zorgen voor meer of

---

<sup>10</sup>

Aeon, the Science of Love – <https://aeon.co/essays/love-works-its-magic-in-mysterious-biochemical-ways>

andere zingeving in ons leven. Het einde aan veel vormen van betaald werk geeft mensen de mogelijkheid én vrijheid om zelf na te denken over wat ze belangrijk vinden. In plaats van een recept voor geluk – goede baan, huis, gezin, kinderen – komen er veel meer opties in beeld. Kiezen voor luiheid, voor je passie, voor avontuur, voor ontdekken waar je echt gelukkig van wordt als je basale materiële behoeftes zijn afgedekt. Het is mogelijk. Je hoeft die bestuursfunctie niet te doen omdat het zo goed staat op je cv, wat je weer helpt om aan een betaalde baan te komen, die weer nodig is om een huis te kopen, waarvoor je twee inkomens nodig hebt om het te kunnen betalen. Mensen kunnen straks kiezen om zich geestelijk en sociaal te verrijken. Willen we die richting op, dan zijn twee belangrijke voorwaarden essentieel. De eerste is dat we mensen een bestaanszekerheid garanderen. De tweede is dat we bereid zijn om op een andere manier om te gaan met werk en arbeid.

Het einde aan veel vormen van betaald werk geeft mensen de mogelijkheid én vrijheid om zelf na te denken over wat ze belangrijk vinden.

#### ZEKERHEID VAN BESTAANSRECHT

Bij bestaanszekerheid gaat het niet alleen om vormen van een basisinkomen, hoewel dat natuurlijk een onderdeel zou kunnen zijn van een nieuwe economische ordening. Alle mensen moeten hun primaire levensbehoeftes kunnen betalen. Bestaanszekerheid betekent ook dat we moeten zorgen dat iedereen een dak boven zijn hoofd heeft, dat iedereen goede gezondheidszorg heeft en dat we allemaal zeker zijn van een goede oude dag. Het zijn grote uitdagingen die ongetwijfeld nog grote inspanningen en veranderingen vereisen, zowel organisatorisch als financieel. Maar toen de mensheid bedacht om naar de maan te gaan, hebben we ons ook niet afgevraagd of het financieel haalbaar was. En toen we de Deltawerken wilden aanleggen, ging het er ook niet om of het een rendabele investering was. Bij deze ontwikkelingen zal het ook niet mogelijk zijn om vooraf uit te rekenen of het haalbaar of rendabel is. Daar mag het ook niet om gaan. We moeten ons afvragen of we op fatalistische wijze willen afwachten wat de ontwikkelingen op de arbeidsmarkt veroorzaken. Tweedeling. Een kleine groep 'haves' en een steeds grotere groep 'have nots'. Of gaan we zorgen dat we onze samenleving voorbereiden op de postkapitalistische periode.

## Social Progress Index vs GDP per capita

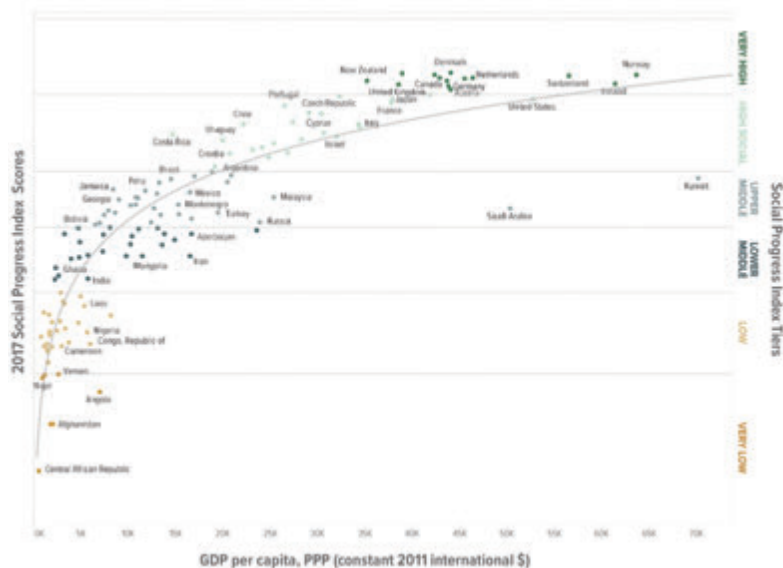


FIG. 1 De wet van de verminderende meeropbrengsten. Groei van het GDP geeft bij laag ontwikkelde landen veel meer welzijn. In hoog ontwikkelde landen betekent verdere GDP-groei nauwelijks toenemend welzijn. (Bron: Social Progress Index: US States, 2017).

### VAN GROEI NAAR OPRECHTE AANDACHT

Sinds de jaren 70 is ons bruto nationaal product met circa 240% gegroeid. Onze nationale tevredenheid is slechts een paar procent gegroeid. Zie ook figuur 1. Heel veel inspanningen en bijzonder veel grondstoffen en toegenomen vervuiling voor bijzonder weinig toegevoegde maatschappelijke tevredenheid. Het huidige, kapitalistische systeem voegt erg veel toe in de eerste fase van de ontwikkeling van een land. Maar hoogontwikkelde landen, die met hetzelfde economische systeem blijven doorgaan, voegen niet veel meer toe. Tegelijkertijd merken we nu dat onze benadering van werk en arbeid heel anders wordt. Doordat robots en ICT veel van ons huidige betaalde werk overnemen, zullen we werkzaamheden, die niet of veel moeilijker vervangbaar zijn, heel anders waarderen. Waaraan we straks nog echt behoefte hebben, en waaraan we geld willen uitgeven, is menselijke aandacht. De mensen die ons verzorgen als we ziek of oud zijn, de aandacht die we wensen bij het uitzoeken en aanschaffen van producten, reizen, sporten, de kapper, de masseur en de schoonheidsspecialiste. Maar ook de golfprof die je helpt, de docent op school of de bediening in een restaurant, en natuurlijk de vakman die onze lekkage of onze PC komt repareren. Voor onze verjaardag vragen we niet meer een 'ding', maar een topkok die thuis goddelijk voor je kookt, een gedicht of een goed gefilmde en gemonteerde familievideo. Dit soort beroepen gaan we hoger waarderen en ook beter belonen. Aan het einde van deze ontwikkeling willen we bijna alleen nog voor service en aandacht betalen.



## NAAR ZINGEVING EN 'GIG ECONOMIE'

Dat de ordening in onze werkgelegenheid ingrijpend verandert, staat vast. Hoe anders, dat is nu nog niet te zeggen. Dat we meer zingeving willen en gaan zoeken, is al duidelijk zichtbaar. Ik zie dat bijvoorbeeld aan het sterk groeiende aantal festivals, die de laatste jaren alsmear populairder worden. Muziek heeft blijkbaar iets bindends, waarin mensen elkaar ontmoeten, kunnen dromen, feesten en iets beleven. Een ontwikkeling die als voorbode geldt voor de nieuwe ordening is de 'gig economie'. Een fulltimedienstverband is verleden tijd in de gig economie. Mensen vergaren vanuit een zelfstandige positie inkomsten uit verschillende bronnen en activiteiten. Deze bronnen zijn te categoriseren naar arbeid en bezit. Denk bij bezit aan de verhuur van een leegstaande kamer in je huis via Airbnb, het uitlenen van je auto als je die even niet nodig hebt via SnappCar en lenen van gereedschap via Peerby. Bij werk gaat het bijvoorbeeld om de inzet van kennis en kunde in tijdelijke projecten. Digitale platforms versnellen dit proces door vraag en aanbod te koppelen tegen lage transactiekosten. Individuele competenties worden gekoppeld aan specifieke eisen voor een taak of project. Denk aan experimenten zonder geld of met een lokale munteenheid. Denk aan allerlei woongroepen en communes.

Mensen vergaren vanuit een zelfstandige positie inkomsten uit verschillende bronnen en activiteiten.

## "WIJ ZIJN VAN DE WERELD"

De Aboriginals hebben een gezegde waarvan ik hoop dat het meer op ons van toepassing zal worden. "De wereld is niet van ons, maar wij zijn van de wereld". Een uitspraak die ik graag in de plaats zet van de quote van Banksy: "Walk on the pavement, pay your taxes, send your children to school, repeat after me: I am free". Die visie van de Aboriginals vraagt durf, vereist andere invullingen van ons dagelijks leven, eentje waarmee we onze bestaanszekerheid zeker stellen en vrijheid en zingeving ervaren. Een blauwdruk voor een succesvol leven bestaat niet meer. Er zullen meerdere modellen van succesvolle levens naast elkaar bestaan.

Er zullen meerdere modellen van succesvolle levens naast elkaar bestaan.



Het brengt ons naar een levenswijze waarmee we status niet meer – of zeker niet alleen – uit ons betaalde werk halen. Niet vanuit nostalgische overwegingen, maar juist om ons leven invulling te geven, gaan we terug naar de vorige eeuw. De tijd waarin mijn vader en moeder hun status verkregen uit wat zij voor de samenleving deden. In onze tijd zal dat misschien niet meer zo snel de kerk of het ziekenhuis zijn. Maar wel onze familie, onze buurt en de gemeenschap waarin we leven. Bijvoorbeeld doordat we samen een moestuin onderhouden. Samen onze energievoorziening organiseren. Een opa die heel goed verhalen kan vertellen, of genieten van magische muzikanten. Samen voor lokaal schoon drinkwater zorgen. Of samen de kinderen opvoeden, terwijl anderen werken. Ik hoop dat straks de kinderen van mijn kinderen – zoals ik in mijn tijd – er niet over hoeven na te denken of zij iets kunnen bijdragen aan de samenleving. Dat zij niet als enige doel het beroemd worden op Instagram nastreven. Maar dat hun bestaanszekerheid gegarandeerd is, zodat zij in vrijheid kunnen bepalen hoe zij hun leven willen leven. Repeat after me: “We are free”.

### Bronnen

- Prof. Richard Layard – ‘Happiness: Lessons from a new science’  
Revisiting Keynes – <https://www.theguardian.com/business/2008/sep/01/economics>  
Rutger Bregman – met Jesse Frederik: Waarom vuilnismannen meer verdienen dan bankiers,  
Essay van de Maand van de Filosofie 2015, uitg. Lemniscaat, 2015  
Werk en Veiligheid – [www.werkenveiligheid.nl/preventie/duurzame-inzetbaarheid/onderzoek-toont-aan-spitsuur-van-het-leven-bestaat-echt](http://www.werkenveiligheid.nl/preventie/duurzame-inzetbaarheid/onderzoek-toont-aan-spitsuur-van-het-leven-bestaat-echt)  
Lieneke Nieber, NRC – <https://www.nrc.nl/nieuws/2012/12/03/er-is-ongeveer-21-uur-betaald-werk-beschikbaar-per-12585714-a548331>  
The New Economics Foundation – pleidooi voor 21-urige werkweek  
Jeremy Leggett – The winning of the Carbon war  
Brookfield Institute – <https://brookfieldinstitute.ca/research-analysis/automation/>  
SER-verkenning Mens & Technologie: Samen aan het Werk – <https://www.ser.nl/nl/actueel/nieuws/2010-2019/2017/20170120-robotisering-tweede-kamer.aspx>  
Aeon, the Science of Love – <https://aeon.co/essays/love-works-its-magic-in-mysterious-biochemical-ways>

“De gemiddelde binnenlucht is zeven keer slechter dan de gemiddelde stedelijke buitenlucht.”



BUILDINGS AS

# MATERIAL BANKS

HEIN VAN TUIJL

## OVER HEIN VAN TUIJL

Hein van Tuijl is Managing Director voor EPEA Nederland BV, een dochter van EPEA Internationale Umweltforschung GmbH, de grondleggende organisatie achter het Cradle to Cradle-concept. Sinds 2010 is Hein betrokken bij de oprichting en het succes van EPEA Nederland, dat inmiddels met honderden bedrijven en overheden in de Benelux werkt aan de vertaling van Cradle to Cradle-principes in producten, processen en gebouwen. Als onderdeel van zijn werk besteedt Hein veel aandacht aan de ontwikkeling en verbetering van Cradle to Cradletoepassingsmethodes. Zo stond hij aan de basis van het Europese 'Buildings As Materials Banks'-project, wat tot doel heeft een einde aan afval in de bouwsector te maken door de integratie van Materiaal Paspoorten en Reversible Building Design. ([www.bamb2020.eu](http://www.bamb2020.eu))





# BUILDINGS AS

# MATERIAL BANKS

HEIN VAN TUIJL

*“Consumentenproducten dragen minstens zoveel bij aan luchtverontreiniging als auto’s”<sup>1</sup>* kopte *Science* magazine in februari 2018. Nieuw onderzoek toont aan dat materialen in de producten om ons heen een veel grotere negatieve impact hebben op luchtkwaliteit dan eerder gedacht werd. Zij blijken namelijk een evengrote negatieve impact op luchtkwaliteit te vertegenwoordigen als de verbranding van fossiele brandstoffen.<sup>2</sup> Materialen als lijmen, verven, geurstoffen, inkt etc. die we veelvuldig toepassen in onze producten, stoten volatiele organische stoffen uit en zijn een bron van fijnstof.

Dagelijks worden wij, consumenten, blootgesteld aan een cocktail van deze stoffen, die ons continu omringen en onze gezondheid schaden. Tot voor kort lag de focus in de wet- en regelgeving omtrent luchtkwaliteit met name op de transportsector, de industrie en de intensieve veehouderij. De verwachting die nu door wetenschappers wordt uitgesproken is dat de focus zal verschuiven naar materialen en producten. Met name de producten die gebruikt worden in gebouwen. Want, zo bevestigt het artikel, de gemiddelde binnenlucht is zeven keer slechter dan de gemiddelde stedelijke (!) buitenlucht.<sup>3</sup>

Materialen hebben dus een directe impact op onze gezondheid. Maar er is meer aan de hand. Zoals we in Nederland weten door onder meer het ‘kunstgraskorrelsschandaal’ uit 2017, kunnen materialen na recycling ineens op hele andere plaatsen terecht komen, waardoor hun impact op mens en milieu

---

<sup>1</sup> [www.sciencemag.org/news/2018/02/paints-pesticides-and-other-consumer-products-now-add-much-air-pollution-cars](http://www.sciencemag.org/news/2018/02/paints-pesticides-and-other-consumer-products-now-add-much-air-pollution-cars)

<sup>2</sup> McDonald et al., *Science* 359, 760-764 (2018)

<sup>3</sup> [www.sciencemag.org/news/2018/02/paints-pesticides-and-other-consumer-products-now-add-much-air-pollution-cars](http://www.sciencemag.org/news/2018/02/paints-pesticides-and-other-consumer-products-now-add-much-air-pollution-cars)

verandert.<sup>4</sup> Zo belanden autobanden blijkbaar als kunstgraskorrel op sportvelden, waar ze in direct contact komen met mens, water en bodem, met alle nare gevolgen van dien. Dit voorbeeld maakt ook pijnlijk duidelijk dat veel gevallen van 'recycling' feitelijk 'downcycling' zijn: hoogwaardige materialen vinden na recycling een laagwaardige toepassing en eindigen alsnog in het milieu, de stort of de verbrandingsoven.

De lovenswaardige doelstelling van de Nederlandse ministeries om in 2050 een volledig 'circulaire economie' gerealiseerd te hebben, kent op gebied van materiaalstromen dan ook twee enorme uitdagingen: Hoe voorkomen we dat we onszelf en het milieu vergiftigen met al dan niet gerecyclede materialen en hoe zorgen we dat de kwaliteit van materialen behouden blijft of beter wordt in het recyclingproces?

## Hoe voorkomen we dat we onszelf en het milieu vergiftigen met al dan niet gerecyclede materialen?

Cradle to Cradle biedt een raamwerk voor de oplossingen. De omarming van dit raamwerk in de bouwsector, met Nederland als koploper, biedt inspiratie en richting. De wereldwijde bouwindustrie verbruikt naar schatting ongeveer 35% van de mondiale energievraag en grofweg 50% van de grondstoffen.<sup>5</sup> Het is om die reden dan ook terecht dat er veel aandacht uitgaat naar de circulaire transitie van deze industrie.

Gebouwen spelen een enorm belangrijke rol in onze maatschappij en in ons dagelijks leven; 90% van onze tijd brengen wij er gemiddeld in door. Ze zijn daarom van fundamenteel belang voor onze veiligheid, gezondheid en ons welzijn. Daarnaast krijgen onze gemeenschappen vorm en kleur door gebouwen; dorpen, steden, industriegebieden, onze mainports; gebouwen bepalen het beeld van onze maatschappij en omringen ons in Nederland praktisch altijd en overal. De belangen en de omvang van de uitdaging zijn daarom groot. Dat zijn de kansen echter ook, maar het vergt wat verbeeldingskracht om ze te zien.

---

<sup>4</sup>  
<https://nos.nl/artikel/2158310-nieuw-onderzoek-mogelijk-toch-gevaarlijke-stoffen-in-kunstgraskorrels.html>

<sup>5</sup>  
[https://www.researchgate.net/publication/264859687\\_Material\\_Efficiency\\_of\\_Building\\_Construction](https://www.researchgate.net/publication/264859687_Material_Efficiency_of_Building_Construction)



Al sinds jaren werken Michael Braungart en William McDonough, auteurs en grondleggers van het Cradle to Cradle-concept, aan hun visie; '*Buildings like trees, cities like forests*'. Niet alleen hebben zij hierover uitvoerig gepubliceerd, ook werken zij aan de praktische vertaling.<sup>6</sup>

*Gebouwen als bomen*, wat betekent dat? Laten we even stilstaan bij de implicaties.

Uiteraard hebben we het hier over een gebouw waarvan alle materialen als grondstoffen steeds weer opnieuw toepassing vinden in nieuwe systemen, zoals bij een boom. Een 'circulair' gebouw dus. Maar daar begint het pas. Worden alle materialen, zoals bij een boom, ook allemaal *nutriënten* voor andere systemen in volgende toepassingen? Kan het gebouw, net als een boom, voortdurend nieuwe grondstoffen produceren die nuttig zijn voor andere organismen en binnen andere systemen? Groeit het gebouw of kan het zich aanpassen aan veranderende omstandigheden of behoeften? Heeft het gebouw het vermogen om lucht en water te zuiveren en humus, vruchtbare grond voor de aanwas van nieuwe biomassa en voedsel, te produceren? Kan het gebouw, zoals een boom, lokaal beschikbare grondstoffen gebruiken om een regionaal of zelfs mondiaal positief effect te bewerkstelligen? Kan het gebouw CO<sub>2</sub> opslaan en zuurstof produceren? Kan het gebouw biodiversiteit actief ondersteunen door niet slechts voor één soort, maar voor honderden soorten een veilige en gezonde leefomgeving te bieden? Et cetera.

Een ontwerpvisie waarbij op deze manier geprobeerd wordt positieve meerwaarde te creëren voor de gebruiker en de omgeving van het gebouw helpt ons om de circulaire transitie binnen het juiste kader te realiseren, zoals het onderstaande voorbeeld laat zien.

Een ontwerpvisie waarbij op deze manier geprobeerd wordt positieve meerwaarde te creëren voor de gebruiker en de omgeving van het gebouw helpt ons om de circulaire transitie binnen het juiste kader te realiseren.

---

<sup>6</sup>

<http://www.mcdonough.com/writings/buildings-like-trees-cities-like-forests/>



FIG. 1 Stadskantoor Venlo, Kraaijvanger Architects.

#### ONTWERP VOOR POSITIEVE IMPACTS; STADSKANTOOR VENLO

Geïnspireerd door de Cradle to Cradle-visie, opende de Gemeente Venlo eind 2016 een nieuw stadhuis dat via een elegant groengevelsysteem de buitenlucht in een cirkel van vijfhonderd meter rond het gebouw zuivert. Ook de binnenlucht wordt gezuiverd door toepassing van een kas, videsysteem en een zonnesc schoorsteen die natuurlijke thermiek creëert en de buitenlucht aanzuigt. Het resultaat is niet enkel schonere binnenlucht dan buitenlucht, maar ook volledig natuurlijke distributie en koeling.

Deze lijn van positieve invloed op mens en omgeving werd ook doorgetrokken in de manier waarop wordt omgegaan met water en energie. Het gebouw wekt haar eigen energie op met o.a. fotovoltaïsche panelen (PV) en zonneboilers en gebruikt warmte- en koudeopslag in de bodem. Het gebouw is bovendien adaptief, zodat het op termijn meer hernieuwbare energie kan gaan opvangen door installatie van extra zonnepanelen én door gebruik te maken van de zonne-energie die opgevangen gaat worden door het in aanbouw zijnde naastgelegen appartementencomplex. Ook van de waterstromen wordt optimaal geprofiteerd; hemelwater en grijswater worden gezuiverd door middel van een helofytenveld in combinatie met een UV-filter, en weer toegepast voor de toiletten, de bewatering van de groengevel en het eigen terrein. De kwaliteit van het water benadert de drinkwater- standaard, maar wetgeving verbiedt deze toepassing.

De daken van de lageregelegen zuidwestvleugel bieden een luwte voor (water) vogels die zich nestelen tussen de begroeiing die op natuurlijke wijze is overgewaaid vanaf de oevers van de naastgelegen Maas.

## Gebouw als materialenbank

Het lukte de gemeente ook om het principe van *positieve impacts* te vertalen naar de materiaalstromen in en om het gebouw. Beginpunt was het exact definiëren van wat er aan materialen het gebouw in mocht. Samenstellingen van materialen bepalen namelijk of zij gezond én of zij recyclebaar zijn.

De gemeente eiste in hun aanbestedingscriteria dan ook dat leveranciers hun producten konden definiëren óf dat zij aan Cradle to Cradle-vereisten voldeden. Producten die actief bijdragen aan luchtkwaliteit en het welzijn van de gebruiker, kregen de voorkeur boven producten waarvan de impacts niet bekend of bewezen zijn. Het maakte de leveranciers bewust van het feit dat hun producten een impact hebben op de gebruiker. Tientallen van hen startten daarop C2C-trajecten om op die manier hun producten te verbeteren.

De gemeente daagde de leveranciers ook uit op het gebied van hergebruik: minstens tien procent van de totale investering in het stadskantoor moet terugvloeien in de gemeentekas door de circulaire toepassing van materialen. Leveranciers die concreet bij konden dragen aan deze ambitie werden geprefereerd boven conventionele 'lineaire' aanbieders. De vraag leidde direct tot innovatie in de keten. Zo kregen enkele koplopers de ruimte om bijvoorbeeld nieuwe C2C-producten en losneembare bevestigingsmethodes toe te passen in het gebouw.

Voor veel producten bleek het nog niet mogelijk, of niet wenselijk, om een retourafpraak te maken met de leverancier. Voor die groep werden materialenpaspoorten (Circularity Passports) opgesteld. Circularity Passports verzamelen alle informatie met betrekking tot het circulair gebruik van producten en systemen. Bijvoorbeeld, wat is de aard en omvang van de toegepaste materialen? Voldoen deze aan gezondheidseisen? Hoe is het product aan of in het gebouw bevestigd? Hoe wordt het onderhouden? Het doel is om ketenpartners toegang tot deze informatie te geven tijdens de bouw-, gebruiks-, onderhouds- en demontagefasen, zodat zij kunnen helpen de circulaire waarde van het gebouw te behouden én te verzilveren. Bovendien kan de gemeente tijdens renovatie of demontage met de beschikbare informatie actief zoeken naar nieuwe toepassingen of een mogelijke opkoper voor de gebruikte materialen. Op deze manier lukte het de gemeente om de materialen in het stadskantoor voor zich te laten werken; enerzijds door bij te dragen aan een gezond binnenklimaat, anderzijds door hun restwaarde op te tekenen en het gebouw als een 'materialenbank' te ontwikkelen, waarin financiële waarde besloten ligt.

Deze paspoorten verzamelen alle informatie met betrekking tot het circulair gebruik van producten en systemen.

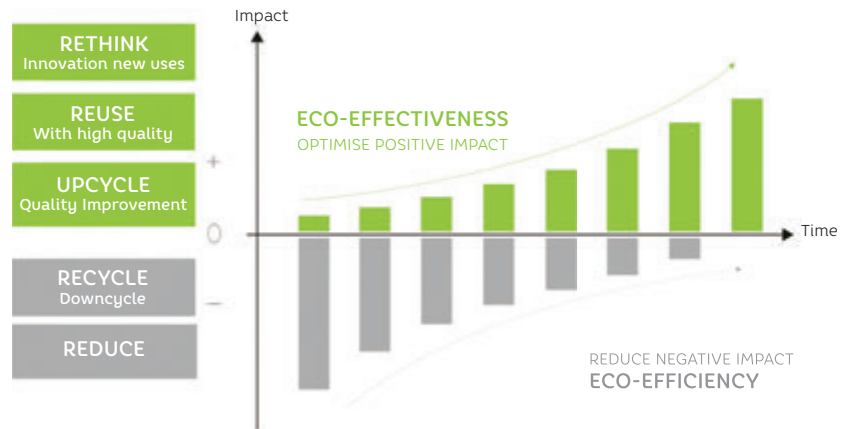


FIG. 2 Optimising positive impacts. EPEA Internationale Umweltforschung GmbH.

## HET VERDIENMODEL

Een belangrijk aspect van het succes van het Venlose stadskantoor, is de solide business case.

Met een bespaar- en verdienmatrix is aangetoond dat investeringen in de Cradle to Cradle-elementen rond energie, water, luchtkwaliteit en biodiversiteit zich terugbetalen. Binnen budget is € 3.4 miljoen geïnvesteerd, wat tijdens de gebruiksduur een besparing oplevert van € 16.9 miljoen. Bovendien zorgden de investeringen binnen een jaar al voor een positieve cashflow, onder meer door besparingen op de energierekening.<sup>7</sup>

Daarnaast is er geld verdiend door afspraken met leveranciers te maken over restwaarde, onderhoud en terugname van hun spullen. Een mooi voorbeeld zijn de kantoormeubelen. Met de leverancier werd een restwaarde van 18% afgesproken, die direct verrekend werd in de aanschafprijs.

Voor andere grote investeringen, zoals de verlichting in de parkeergarage, werd een gegarandeerde buy-back overeengekomen.

Eén van de potentieel grootste financiële winstpunten bleek echter de verbeterde luchtkwaliteit. In het eerste jaar van gebruik, liep het ziekteverzuim van het personeel in het stadskantoor met 1,5% terug in vergelijking met de vorige locatie. Dit vertegenwoordigt een financiële besparing van grofweg € 900.000 per jaar. De gemeente is daarom een onderzoekstraject opgestart met universiteiten om het verband tussen de C2C-inspanningen, hun resultaten in luchtkwaliteit en het afgenomen ziekteverzuim wetenschappelijk te onderbouwen.

<sup>7</sup>

VanSanten, Dantuma, ING Economisch Bureau, De circulaire corporatie p.23, Maart 2018

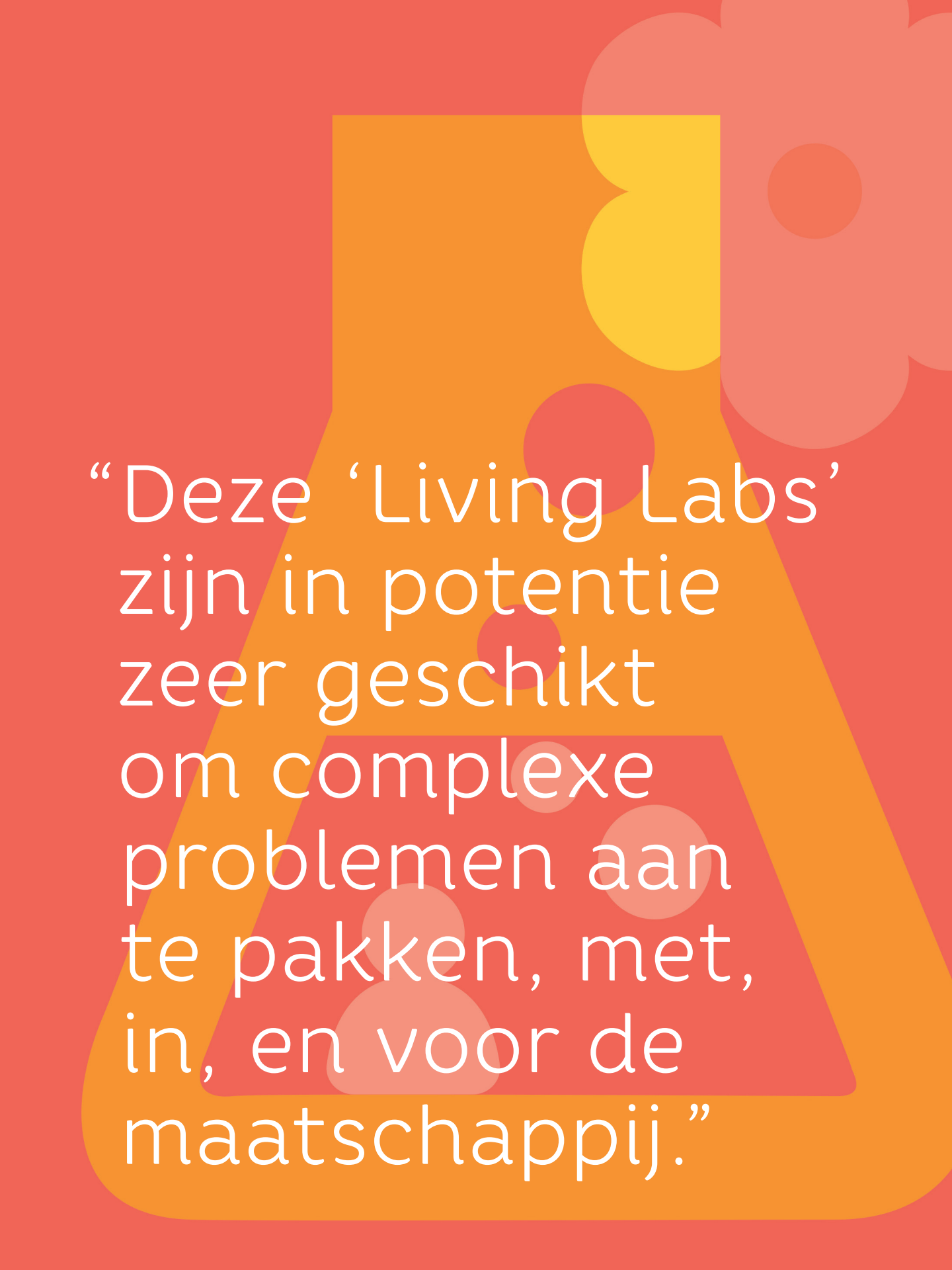
## OPSCHALEN EN BLIJVEN INNOVEREN

Het voorbeeld van het stadskantoor Venlo toont aan dat het stevig neerzetten van doordachte positieve doelstellingen kan leiden tot daadwerkelijke oplossingen met meetbare resultaten. Het doel was niet om de negatieve invloed van het gebouw op het milieu of onze gezondheid voor de korte termijn te beperken, maar om beide actief voor de lange termijn te ondersteunen. Dit resulteerde in aantoonbare, ecologische en economische waarde. Bovendien inspireerde deze positieve agenda honderden producenten, aannemers, architecten, studenten en ambtenaren om zelf ook op deze manier aan de slag te gaan.

Mijn hoop is dan ook dat we voorbeelden zoals Venlo gaan gebruiken als een startpunt voor nieuwe gebouwen met steeds betere resultaten. Immers, als we als samenleving willen dat de 'circulaire economie' oplossingen gaat bieden voor grote sociale en milieuvraagstukken, moeten we hoognodig de aandacht verleggen van het reduceren van negatieve impacts naar het creëren van positieve impacts.

**Internationale netwerken spelen een belangrijke rol in het delen van kennis en het opschalen van innovatie. Bovendien kunnen binnen dit soort netwerken toepassingsmethodes en hulpmiddelen uitgewisseld en internationaal toepasbaar gemaakt worden. Het Europese 'Buildings As Materials Banks' ([www.bamb2020.eu](http://www.bamb2020.eu)) project maakt hierin bijvoorbeeld grote stappen.**

Volg onze ontwikkelingen op:  
[www.bamb2020.eu](http://www.bamb2020.eu)  
[www.epea.nl](http://www.epea.nl)  
[www.epea.com](http://www.epea.com)



“Deze ‘Living Labs’  
zijn in potentie  
zeer geschikt  
om complexe  
problemen aan  
te pakken, met,  
in, en voor de  
maatschappij.”

# DE CAMPUS ALS LIVING LAB

## VOOR DE CIRCULAIRE ECONOMIE

LEENDERT VERHOEF

### ABOUT DR. LEENDERT VERHOEF

Dr. Leendert Verhoef is Sustainable Innovation Program Developer bij de TU Delft en Partner in consultancybureau New-Energy-Works. In zijn carrière heeft hij vele adviestrajecten gedaan in duurzaamheid en innovatie voor bedrijven, multinationals, overheden in Nederland en internationale instituten zoals de EC en de WorldBank. Hij ontwikkelt, test en valideert trans-disciplinaire transformatieve innovatiemethoden, waarbij circulariteit, mobiliteit, gebouwen en andere duurzaamheidskwesties worden geïntegreerd. Zijn interesse is om de duurzaamheidsimpact van universiteiten en hun campussen te vergroten, samen met universiteiten wereldwijd via het concept Campus as Living Labs. Hij heeft verschillende boeken gepubliceerd, zoals 'SunCities, Reflections' en 'Our Car as Power plant'.





# DE CAMPUS ALS LIVING LAB

## VOOR DE CIRCULAIRE ECONOMIE

LEENDERT VERHOEF

### INLEIDING

Het pad naar een Circulaire Economie zal gepaard gaan met experimenteren, met vallen en opstaan. Het doel is duidelijk, maar de route is nog niet bekend. Vanwege het complexe, multidisciplinaire karakter van deze Circulaire, 'Nieuwe' Economie wijzen lineaire, monodisciplinaire experimenten in laboratoria en/of in het veld niet alleen de weg. Er zijn vele sequentiële experimenten in het veld nodig voor volledige marktintroductie, en die tijd is er gewoonweg niet om in 2050 een circulaire economie gerealiseerd te hebben. Andere aanpakken zijn nodig en die evolueren dan ook op tal van plekken, zoals de zogenaamde 'Living Labs'.

Er zijn vele sequentiële experimenten in het veld nodig voor volledige marktintroductie, en die tijd is er gewoonweg niet om in 2050 een circulaire economie gerealiseerd te hebben.

Deze 'Living Labs' zijn in potentie zeer geschikt om complexe problemen aan te pakken, *met, in, en voor* de maatschappij. Methoden voor experimenteren in de fysieke, gebouwde omgeving zijn onder andere voorgesteld door het AMS Institute (Steen et al., 2017) en ook beschreven vanuit een industrieel ontwerpen perspectief (Keyson, 2017). O.a. gericht op zorgsystemen is het European Network on Living Labs ([www.enoll.org](http://www.enoll.org)) actief. In het gebied van globale regionale problematiek (oorlog, vrede, natuurrampen) wordt gewerkt onder de noemer Social Labs (Hassan, 2014). In een Europees project is het Urban Living Lab verder uitgewerkt (McCormick en Hartman 2017). Het Rathenau Instituut heeft recent een vier-kwadranten typologie voorgesteld (Maas, 2017), waarin de scheidslijn tussen fieldlabs en Living Labs scherper wordt getrokken. In aanvulling op de analyse van Rathenau, zien wij openbaar toegankelijke gebouwen, of besloten maar door grote gebruikersgroepen toegankelijke gebouwen ook als 'in the wild', en dus Living Labs.

Bovenstaande analyses hebben de succes- en faalfactoren boven water gebracht, maar er is nog beperkte kennis of en hoe de aanpak en receptuur van Living Lab-interventies vanaf het begin tot successen leidt. Dat kennisveld is nu in snelle ontwikkeling. Tevens is opvallend dat in bovenstaande initiatieven universiteiten vaak een leidende rol nemen in methodologieontwikkeling en het onderzoek in het veld. Een tamelijk onontgonnen terrein is echter het toepassen van deze methodes op en rond de eigen campus.

Een campus is tamelijk representatief voor de gebouwde omgeving met kantoren, fabrieken (=laboratoria), woningen, winkels, en restaurants.

Wat maakt universiteiten zo geschikt en belangrijk om ook zelf als 'Living Lab' te gaan functioneren? Daar zijn vier argumenten voor: Ten *eerste* is dat studenten naast formele ook informele leerervaringen kunnen opdoen, waarbij 'onderdompeling' in duurzaamheid een belangrijke toevoeging kan zijn. Hoe kan een universiteit geloofwaardig duurzaamheidsleiders van de toekomst opleiden als ze niet zelf het goede voorbeeld geeft? Ten *tweede* hebben de meeste campussen een groot oppervlak, met honderdduizenden vierkante meters vastgoed en terrein, en een groot budget voor bouw, verbouw en faciliteiten. Natuurlijk is dit budget niet *carte blanche* en moet het prudent beheerd worden, maar dat bedrag deels als onderzoeksbudget zien is aantrekkelijk. Ten *derde* is een campus tamelijk representatief voor de gebouwde omgeving met kantoren, fabrieken (=laboratoria), woningen, winkels, en restaurants. Daarnaast vaak met eigen energiecentrales en energienetwerken, soms zelfs met kernenergie. Met afvalafhandeling, computernetwerken en datacentra. Zalen, entertainment en sport.

Ten *vierde* – en dat wordt vaak over het hoofd gezien – maken alle universiteitscampussen tezamen een aanzienlijk deel uit van de wereldwijde footprint, en hebben daarmee een eigen operationele duurzaamheidsuitdaging.

Wereldwijd zijn er meer dan 18.500 universiteiten en hogescholen en zo'n 210 miljoen studenten en meer dan 20 miljoen medewerkers (EdStats, 2015). Dat is grofweg 3% van de wereldbevolking (2015: 7.3 miljard). Laten we even naar de TU Delft kijken: 22.000 studenten, zo'n 5.000 medewerkers, oftewel 27.000 mensen. Als technische universiteit, met vele grote experimentele opstellingen en laboratoria gebruikte de universiteit in 2015 een energie equivalent voor 40 kton CO<sub>2</sub> uitstoot en is naar schatting verantwoordelijk voor zo'n 66 kton 'embedded' CO<sub>2</sub> uitstoot gerelateerd aan producten en diensten die het jaarlijks inkoop, voor een totaal van meer dan 106 kton. Een gemiddelde van ongeveer 3.9 ton/persoon. Overigens is dat profiel al aanzienlijk verbeterd door zonne-energie, LED verlichting en inkoop van wind energie vanaf 2017. De Universiteit Utrecht zit op een totale uitstoot van 1.7 ton/persoon. Onder de aanname dat TU Delft en UU representatief zijn voor universiteiten, dan zijn alle universiteiten gezamenlijk dus verantwoordelijk voor 230 miljoen personen x (3.9+1.7) / 2 ton = 0.65 Gton CO<sub>2</sub> emissies. Dat is 1.3% van de wereldwijde emissies (ong. 50 Gton/jaar in 2015). Voor afval en de circulariteitsuitdaging zal dat niet veel anders zijn.

#### CAMPUS AS LIVING LABS

Een definitie van Living Labs valt moeilijk te geven, er zijn er vele in omloop. De redenen voor de verschillende naamgeving heeft een drietal oorzaken: Ten eerste omdat er verschillende termen gebruikt worden: Learning Labs, Social Labs, FieldLabs, RealLabors (Duitsland), en ten tweede omdat de definitie vaak bepaald wordt door degene die hem hanteert: is het een vastgoedorganisatie of een onderzoeksinstelling. Ten derde is ook het land/de cultuur waarin hij gehanteerd wordt van invloed. Rode draad is echter altijd dat het *co-creatie* is, dat het *'in het veld'* is, en dat het zowel aanpak als locatie omvat. Een belangrijke toevoeging is: het moet om complexe, multidisciplinaire problemen gaan.

Voor Living Labs in een campusomgeving hanteren we de volgende definitie: 'A Campus as Living Lab is the integrated organizational, technological, and socio-economic approach in which a university uses assets and facilities to investigate and test innovative technologies or services *by, with and for* their community...'<sup>1</sup>.

Daarbij valt dus op de aanpak, de integratie van organisatie, techniek en economie, en het gebruik van 'assets' en 'facilities'. Het moet om de community gaan waarbij de drie elementen allen gelden: *door, met en voor* de stakeholders.

---

<sup>1</sup> MIT/TUD workshop ISCN conference, Campus as Living Labs, Vancouver, June 2017

Het moet om de community gaan  
 waarbij de drie elementen allen gelden:  
*door, met en voor* de stakeholders.

#### LEARNING LAB FRAMEWORK

Het is niet bewezen dat in universiteitsomgevingen deze Living Lab-methoden beter, sneller, goedkoper, of bestendiger tot oplossingen leiden. Om dat bewijs te leveren als universiteit in je eentje is lastig, want een universiteit is maar één 'sample' en kan slechts een beperkte set experimenten doen. Tegen deze achtergrond zijn we twee jaar geleden begonnen om binnen het International Sustainable Campus Network (ISCN)<sup>2</sup> een wereldwijde kenniskring van practitioners en onderzoekers op te bouwen en gezamenlijke uitwisseling van ervaringen te professionaliseren. Een eerste inzicht werd gecreëerd met het begrip 'ShowHow', een samentrekking van *Show* en *KnowHow*: toon eigen innovaties op eigen terrein (Verhoef, 2017). Dat is opgevolgd met de benaming en testen van Campus as Living Lab. Vervolgens is middels marktconsultaties, combinatie en reductionisme van andere Living Lab-aanpakken een Framework voorgesteld (Verhoef et al, 2018).

Dit raamwerk is samengevat in figuur 1. Elk Living Lab moet natuurlijk een doel dienen. Vanuit verduurzaming zijn er vijf belangrijke waarden geïdentificeerd: het planningsproces ondersteunen, monitoring verbeteren, helpen bij een lerende organisatie, helpen bij kennisverspreiding en communicatie, en verbeteren van interactie met belanghebbenden. Een Living Lab kan goed omschreven worden met zeven aspecten: Algemeen, Scope, Deelnemers/co-creatoren, Organisatie, Uitkomsten, Impact, en Reflectie. Alle aspecten zijn belangrijk en het goed scheiden ervan nog meer. Zo is een uitkomst *binnen* het Living Lab, en een impact een effect van die uitkomst op de wereld *daarbuiten* of *daarna*.

Nu is het vrijwel onmogelijk om in de opzet of analyse van Living Labs de details van al deze aspecten in één keer te bevatten. Daarom werkt de Framework met drie iteratieslagen, waarin steeds dieper op de aspecten wordt ingegaan. Met andere woorden, door drie lagen (*algemeen, gedetailleerd, en Tools*) aan te brengen waarin steeds betere en diepere data worden vergaard. Cruciaal is om in elke laag kritisch te evalueren of het beoogde project wel een Living Lab-aanpak rechtvaardigt. Indien het probleem niet complex genoeg, niet multidisciplinair is en wanneer geen echte co-creatie met gebruikers wordt ingezet, is het beter om te kiezen voor programma- dan wel projectmanagement systemen.

<sup>2</sup>

<https://www.international-sustainable-campus-network.org>

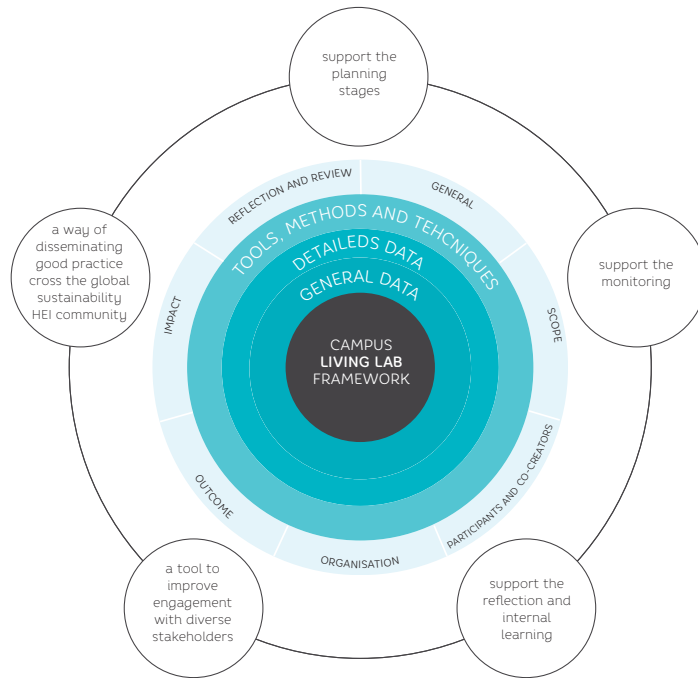


FIG. 1 Campus as Living Lab Framework (met toestemming Bossert/Verhoef). Vijf mogelijke waarden (buitenste cirkels), zeven categorieën (taartpunten), en drie lagen (blauwe concentrische cirkels).

### HUDIGE STATUS (IN A NUTSHELL)

Een aantal Living Labs in de universiteitswereld zijn al aanwezig. Om enkele te noemen: de FoodLab in ETH Zurich, de Smart Floors in de TU Delft, en de Solar Lab in MIT. Een vroege aanpak die ook een paradigmaverandering van den beginnen in zich droeg, was de Car as Power Plant (van Wijk en Verhoef, 2014): combineer wonen, mobiliteit en werken met een energiedrager en energiecentrale in de auto: de brandstofcel. Een heel speciaal voorbeeld is natuurlijk de Green Village, waarover elders in dit boek meer.

Natuurlijk staan universiteiten niet op zich, maar zijn ze altijd deel van en ingebed in een stad of metropool. Zo heeft UBC in Vancouver een nauwe samenwerking met de regio, en heeft Madrid een samenwerking met Politechnische Universiteit Madrid gestart om de Living Lab-methodiek te implementeren en de Campus als voorbeeldterrein te gaan gebruiken.

Een mooi voorbeeld van een portfolio aan en variaties in Living Lab-achtigen op een campusterrein in een universiteit is de TU Delft, Figuur 2. Wat blijkt is dat er gaandeweg een portfolio is gegroeid dat een groter deel van de circulaire economie omvat. Een deel hiervan is overigens gestart zonder dat de Living Lab-methodiek op voorhand beschikbaar was.



## CAMPUS AS LIVING LAB – RESEARCH THEMES

Innovation projects on themes: energy, water, smart offices, waste, food and dedicated innovation platforms

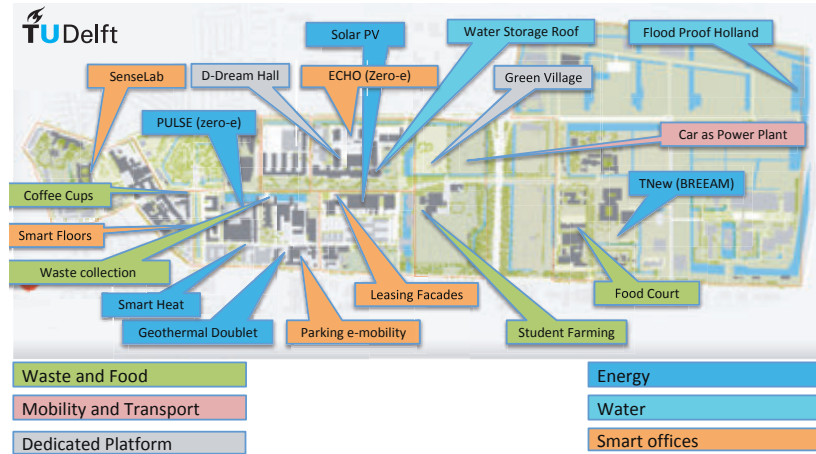


FIG. 2 TU Delft als Living Lab voor duurzaamheidsprojecten op het gebied van energie, water, smart buildings, afval, voedsel en de twee innovatieplatforms: The Green Village en D-DreamHall. [met toestemming, Verhoef/Hellinga].

### VERVOLG

Wat steeds duidelijker wordt dat bij de ontwikkeling (Research), live testing (Living Labs) en implementatie (Organisatie en Financiering) van circulariteit naast tools ook de vaardigheden om die tools te gebruiken van groot belang zijn. In de ontwikkelcyclus van het Framework voor universiteiten stond de rubricering en definiëring van de diverse aspecten van Living Lab voorop, en dat was al een behoorlijke interdisciplinaire uitdaging: De blik van een onderwijskundige is wezenlijk anders dan die van een psycholoog, een technoloog of een bedrijfskundige. Velen zien de Living Lab methode (of kapstok) als zeer waardevolle mobiliser van verduurzaming, pakken het pragmatisch op, lerend met vallen en opstaan. Een indicator van de populariteit van het concept 'Campus as Living Lab' is het vele gebruik in de communicatie rondom verduurzaming van universiteiten.<sup>3</sup>

De blik van een onderwijskundige is wezenlijk anders dan die van een psycholoog.

<sup>3</sup>

Google Search op 'Campus as Living Lab' levert 1,5 miljoen hits



Wat heeft dit voor relevantie voor Nederland Circulair? Het is te gemakkelijk om te zeggen 'als het op universiteiten niet lukt, dan lukt het nergens', maar een overtuigend argument om de campussen als Living Labs voor circulariteit te gaan inzetten, is de zeer stevige leerervaring voor zowel onderzoekers als studenten, in hun eigen 'backyard'. Er zijn ook zeker argumenten om het juist niet op campussen uit te proberen, want de vermenging van functies, 'petten' van onderzoeker, onderzochte, user, student etc. ligt op de loer. Toch is dat argument ook een van de belangrijkste om het juist wel te doen: immers, die 'mixed roles' is een toekomst waar eenieder in zal moeten kunnen opereren.

## Referenties

---

- EdStats, source: WorldBank / UNESCO Institute for Statistics, retrieved 19 march 2018
- Hassan, Z. *The Social Labs Revolution*, Berett-Koehler Publishers, 2014, ISBN 978-1-62656-073-4.
- Keyson D.V., Guerra-Santin, O. (Eds), *Living Labs, Design and Assessment of Sustainable Living*, Springer, 2017 ISBN 978-3-319-33526-1, ISBN 978-3-319-33527-8 [eBook]
- McCormick, K. and Hartmann, C., 2017, *The Emerging Landscape of Urban Living Labs; Characteristics, Practices and Examples*, GUST project report
- Steen, K.Y.G., Van Bueren, E.M., *Urban Living Labs: A Living Lab Way of Working*, AMS Research report, AMS Institute, June 2017
- Verhoef, L.A, Graamans, L., Gioutsos, D, van Wijk, A.J.M., Geraedts, J., and Hellinga, C. 2017, *ShowHow: A flexible, structured approach to commit university stakeholders to sustainable development*, Handbook of Theory and Practice of Sustainable Development in Higher Education (Volume 6), eds. Walter Leal Filho, 2017, Springer, pp 491-508
- Verhoef, L.A., Bossert, M., Newman, J. Ferraz, F., Robinson, Z.P., Agarwala, Y. Wolff III, P., Jiranek, P., Hellinga, C., *Towards a learning system for University Campuses as Living Labs for sustainability*, In: *Universities as Living Labs for Sustainable Development: Supporting the Implementation of the Sustainable Development Goals – Volume 2*. Springer, 2018 [in press]
- van Wijk, A. and Verhoef, L.A., *Our Car as Power Plant*, , IoS Press, 2014, isbn 978-1-61499-376-6 (print) and 978-1-61499-377-3 [online]



“The Green Village  
versnelt innovaties  
door een unieke rol  
te vervullen in de  
keten van idee  
naar grootschalige  
toepassing van  
innovaties.”

# THE GREEN VILLAGE

## PROEFLOCATIE VOOR DE DUURZAME MAATSCHAPPIJ

JARON WEISHUT

### OVER JARON WEISHUT

Jaron Weishut (1976) is managing director van The Green Village in Delft en onafhankelijk consultant bij Nexero. Als ingenieur (Industrieel Ontwerpen, TU Delft) en MBA (RSM Rotterdam) met ruime ervaring als strategieconsultant combineert hij technische kennis, creativiteit, sterke analytische en sociale vaardigheden om echt werkende oplossingen te creëren. Vooral als het gaat om strategische innovatie, portfoliomanagement, ondernemerschap, publiek-private samenwerking of valorisatie van wetenschappelijk onderzoek. Met het doel om duurzame innovatie aan te jagen legt hij daarbij steeds onverwachte verbanden – tussen disciplines, tussen ideeën en tussen mensen. En hij vertaalt daarbij graag het brede perspectief in concrete acties, zoals ook in dit boek.



# THE GREEN VILLAGE

## PROEFLOCATIE VOOR DE DUURZAME MAATSCHAPPIJ

JARON WEISHUT

Om in 2050 een volledige transitie naar een duurzame samenleving te bereiken, zullen we fundamentele veranderingen moeten aanbrengen in het efficiënte Nederlandse maatschappelijk systeem. Hoewel dit systeem ons veel voorspoed heeft gebracht, laat het zich niet eenvoudig aanpassen. Daardoor wordt het steeds meer een belemmering voor duurzame innovatie. Om toch innovaties te kunnen testen die nodig zijn voor een duurzame toekomst, is een veilige plek nodig. The Green Village biedt zo'n veilige plek.

### STRUCTUUR EN ORDENING ALS BASIS VOOR DE NEDERLANDSE WELVAART

Nederland is een klein, maar ontegenzeggelijk succesvol land. Op lijstjes van beste landen om te leven, wonen, werken of zaken in te doen staat Nederland steevast in de top-10. Nederland heeft een van de meest effectieve en efficiënte maatschappelijke systemen ter wereld. Dat past ook bij de planmatige aard van de Nederlanders. Nederlanders weten graag precies waar ze aan toe zijn en worden niet graag verrast met onaangekondigd bezoek. En ook de openbare ruimte is keurig verkaveld en onderhouden, zoals iedereen die Schiphol vanuit de lucht nadert, kan zien. Sinds de wederopbouw hebben de Nederlanders een goed geplande en gecontroleerde samenleving gecreëerd die als een geoliede machine draait. Of het nu gaat om de financiering van woningen en pensioenen, de inrichting van onze steden, van het onderwijs tot industriële productieketens, de zorg en de landbouw, het systeem werkt en het draagvlak ervoor is groot, dankzij de Nederlandse gewoonte van het *polderen*. Met talrijke wetten, regulering, normen, vergunningen, keurmerken en cao's verankeren we onze afspraken in de samenleving en reduceren we eventuele risico's.

ONS PERFECTE SYSTEEM ALS BELEMMERING VOOR INNOVATIE –  
OFWEL: DE REMMENDE VOORSPRONG

De wereld om ons heen verandert echter in rap tempo en vraagt aanpassingen op velerlei gebied. Niet alleen begint het besef door te dringen dat de aarde niet onbeperkt de wereldwijde groei van bevolking en welvaart kan dragen zonder dat het klimaat hier blijvend door verandert. Ook verdere verstedelijking en hogere levensverwachting leggen druk op de leefbaarheid, gezondheid en voedselvoorziening in steden.

Tegelijkertijd leven we in een wereld met ongekende snelheid en creativiteit en leidt technologie tot kwalitatief steeds betere producten. Door exponentiële groei van beschikbare data en automatisering ontstaan volledig nieuwe manieren om onze wereld te organiseren. We staan pas aan het begin van de mogelijkheden van blockchain, kunstmatige intelligentie en robotica. In technologie schuilen nog veel kansen.

De maatschappelijke uitdagingen en technologische mogelijkheden zijn legio en onbetwist. Toch worstelt Nederland er mee om innovatie concreet te maken. Het lijkt alsof ons maatschappelijk systeem niet in staat is om tot praktische oplossingen voor verduurzaming en innovatie te komen. Bovendien blijkt ons geordende en goed geoliede maatschappelijk systeem zich lastig aan te passen aan de veranderende maatschappelijke context.

Ons geordende en goed geoliede maatschappelijk  
systeem laat zich lastig aanpassen aan de  
veranderende maatschappelijke context.

De oorzaak hiervoor ligt juist in het Nederlandse maatschappelijk systeem. Terwijl het systeem decennialang onze welvaart en ons welzijn heeft doen groeien, zijn we in een tijd aangekomen waarin de voordelen van ons geordende en gereguleerde systeem een belemmering vormen voor vooruitgang en verduurzaming. We hebben voorspelbaarheid, structuur, zekerheid, betrouwbaarheid, efficiëntie, veiligheid en beheersbaarheid van risico's zo ver geïnstitutionaliseerd, dat ons systeem zich moeilijk raad weet met de uitdagingen waar onze samenleving in de 21<sup>ste</sup> eeuw voor staat. Alles is zo slim in hokjes gestopt, dat 'out-of-the-box'-oplossingen niet gezien of geaccepteerd worden, terwijl we die hard nodig hebben. Er is sprake van de wet van de remmende voorsprong.

De wijze waarop ontwikkelingslanden ons op allerlei gebieden vanuit een achterstand vooruitstreven ('leapfroggen') is hiervoor illustratief. Zo is bij afwezigheid van een betrouwbaar bankensysteem in veel landen een breed gebruikt systeem ontstaan voor betalen met mobiele telefoons – iets waar wij in Nederland pas net de eerste proeven mee doen. Ook in blockchaintechnologie voor energietransacties zullen ontwikkelingslanden zich sneller dan wij ontwikkelen, bij afwezigheid van een robuust energienet.



## VEILIG LEREN – HET SYSTEEM VERANDEREN MET BEHOUD VAN VERWORVENHEDEN

Aan ideeën voor een duurzame toekomst heeft Nederland geen gebrek, maar om deze tot wasdom te laten komen is het nodig om barrières die ons systeem opwerpt te verwijderen. Dit kunnen industriënormen zijn die slecht toepasbaar zijn voor biomaterialen, of de verdeling van verantwoordelijkheden tussen waterschappen en gemeenten in de klimaatadaptieve stad, of het zijn hypotheekcriteria die duurzame investeringen ontmoedigen. Deze regels en conventies binnen ons systeem hebben we niet voor niets, maar ze zijn onbedoeld barrières geworden voor de innovatie en creativiteit die we nu nodig hebben.

De uitdaging is ons maatschappelijk systeem te veranderen en flexibeler te maken zonder onze verworvenheden overboord te zetten. Verdienmodellen van bedrijven, werkgelegenheid, financiering van woningen, normen, aansprakelijkheden etc. willen en kunnen we niet allemaal ineens veranderen. Het maatschappelijk systeem is een tamelijk stabiel geheel waarop iedereen vertrouwt, maar het is complex. Daardoor kunnen kleine aanpassingen grote gevolgen hebben voor partijen. De zorgen van bedrijven, overheidsinstanties, toezichthouders, werknemers, huurders, woningeigenaren over veranderingen zijn reële zorgen. We moeten samen leren hoe duurzame innovatie in ons maatschappelijk systeem past.

## THE GREEN VILLAGE: LIVING LAB VOOR INNOVATIES DIE BIJDAGEN AAN EEN DUURZAME TOEKOMST

Vanwege de kwetsbare stabiliteit in ons hele maatschappelijke systeem, is het goed een aparte plek te hebben waar in vrijheid geleerd kan worden hoe dat systeem er in een duurzame toekomst uit moet zien. Dat betekent dat een realistische omgeving nodig is waar niet bij voorbaat alle bestaande systeemregels gelden, zodat creativiteit en ondernemerschap niet beknot worden, en waar, als aantrekkelijke oplossingen worden gevonden, de samenleving passende *nieuwe* systeemregels kan opstellen.

The Green Village is die omgeving; een levensechte proeftuin op de campus van de TU Delft. Op een terrein ter grootte van circa twee voetbalvelden staan woningen, wegen, een kantoor en er is een energie-infrastructuur. Er wonen en werken 'proefkonijnen' en het terrein is publiek toegankelijk.

Op The Green Village voeren bedrijven en kennisinstellingen tijdelijk eigen innovatieprojecten uit die bijdragen aan de transitie naar een duurzame woon- en werkomgeving. De projecten zijn zeer divers en hebben bijvoorbeeld betrekking op waterbergende bestrating, intelligente pay per use-wasmachines, buurtbatterijen, brandstofcelauto's die energie leveren aan het net, zelfrijdende auto's, circulair materiaalgebruik en gelijkspanning. De fysieke faciliteiten die The Green Village biedt, zijn zoveel mogelijk 'plug & play'-ingericht op het gemakkelijk kunnen plaatsen en verwijderen van opstellingen.



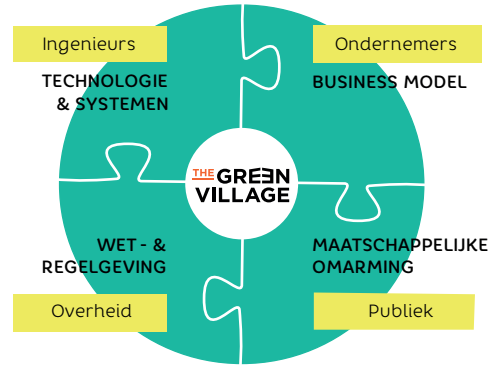
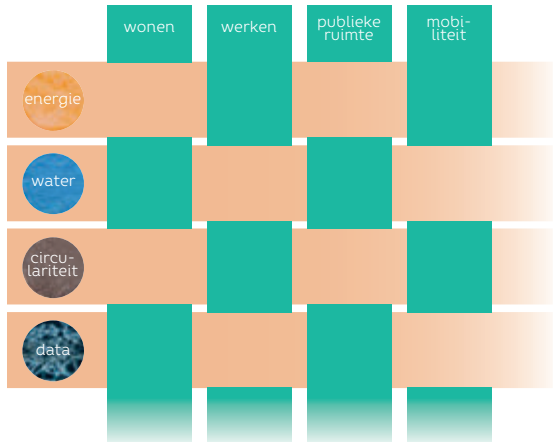


FIG. 1 Integraliteit op functies en thema's, en in het maatschappelijk systeem.

BRENG ALLES EN IEDEREEN BIJ ELKAAR, WANT HET NIEUWE SYSTEEM WORDT INTEGRAAL

The Green Village brengt met zijn fysieke omgeving niet alleen partijen bijeen die oplossingen hebben voor een duurzame toekomst, maar ook partijen die nodig zijn om deze oplossingen met hen mogelijk te maken en te versterken. Dit gebeurt vanuit zowel een functioneel, thematisch perspectief als vanuit het maatschappelijk systeem (zie figuur).

Figuur 1 illustreert hoe in de stedelijke omgeving verschillende functies en thema's steeds meer verweven raken. Zowel in het wonen en werken, als in de mobiliteit en op straat worden energie, water en klimaatadaptatie, circulariteit en data onlosmakelijk met elkaar verbonden. Dit leidt tot vragen als: Is een dak het beste te gebruiken voor energieopwekking of juist voor waterberging? Of kan dit gecombineerd worden? Hoe kan een slimme lantaarnpaal bijdragen aan de veiligheid op straat? En speelt deze paal ook een rol in het verkeer, bijvoorbeeld bij zelfrijdende auto's? Hoe ontstaat een circulaire economie voor elektrotechnische installaties? Deze vraagstukken en de mogelijke antwoorden daarop laten zich het beste onderzoeken in de praktijk en dat is precies wat op The Green Village gebeurt. Juist doordat projecten hier een diversiteit aan functies en thema's bestrijken, wordt de verwachte en onverwachte samenhang zichtbaar.

Daarbij vraagt de grootschalige toepassing van innovaties om een passend maatschappelijk systeem dat bestaat uit vier componenten. Ten eerste moeten de innovaties passen in het *technische systeem*. Als een buurtbatterij op zoet en zout water zich niet heeft bewezen in een elektriciteitsnet met zonnepanelen, zal de producent moeite hebben het te verkopen. Of als onzekerheid bestaat over de stabiliteit van een heipaal met een geïntegreerde warmtewisselaar, zullen bouwers dit niet durven toepassen. Ten tweede moeten er passende *businessmodellen* zijn. Hoe is circulair bouwen betaalbaar te krijgen? Als brandstofcelauto's lokaal elektriciteit opwekken, wie verdient daar dan aan?

*Maatschappelijke omarming* van de innovatie is het derde domein. Wat vinden we ervan als waterstof via het aardgasnet onze woningen in komt? Hoe ver gaan we met het delen van persoonlijke data met onze woning, bedrijven en overheden? En ten slotte moeten *regelgeving en normen* aansluiten. Woningcorporaties worden beperkt door de Woningwet, netbeheerders door de elektriciteitswet. Zonder deze beperkingen zouden zij samen in woonwijken tot veel efficiëntere energieoplossingen komen. En huidige normen en productaansprakelijkheden zijn niet vanzelfsprekend geschikt voor materialen uit de circulaire economie.

Op The Green Village zijn niet alleen de ingenieurs actief die technische oplossingen testen en demonstreren, maar ook de ondernemers, het publiek en overheden die samen met hen het daarbij passende maatschappelijk systeem vormgeven.

#### HOE HET SYSTEEM TE VERANDEREN: DE HINK-STAP-SPRONG

Het doel van The Green Village is ervoor te zorgen dat innovaties die passen bij een duurzame toekomst, zo snel mogelijk op grote schaal kunnen worden toegepast, zodat zij maximale impact hebben op duurzaamheid en economie. The Green Village versnelt innovaties door een unieke rol te vervullen in de keten van idee naar grootschalige toepassing van innovaties.

Figuur 2, op de volgende pagina, illustreert het concept van de 'hink-stap-sprong'. Bedrijven of kennisinstellingen hebben vaak grote moeite hun innovaties rechtstreeks vanuit het lab in de praktijk te demonstreren, of het nu gaat om een nieuw gebouw, product, energiesysteem of voertuig. Een dergelijke pilot vereist dat de technologie in de praktijk al betrouwbaar is en aansluit op bestaande systemen, dat er een sluitende businesscase is (al dan niet met subsidie), dat betrokkenen open staan voor de innovatie en dat deze past in de bestaande regelgeving (of dat er een uitzondering wordt gemaakt). Een succesvolle demonstratie vormt een inspirerende showcase, maar is helaas vaak geen garantie voor de sprong naar succesvolle opschaling daarna. Daarvoor zijn structurele oplossingen nodig: bewezen technologie in alle omstandigheden, een subsidievrij businessmodel, omarming door de samenleving en een passend kader vanuit wet- en regelgeving.

Een succesvolle demonstratie vormt een inspirerende showcase, maar is helaas vaak geen garantie voor de sprong naar succesvolle opschaling daarna.



FIG. 2 Hink-stap-sprong.

The Green Village vormt de plek waar partijen identificeren welke *structurele* oplossingen nodig zijn om innovaties op grote schaal te kunnen toepassen, de 'hink' in de 'hink-stap-sprong'. Hier maken ondernemers en onderzoekers hun innovaties concreet en zichtbaar voor de samenleving, terwijl zij nog werken aan de voorwaarden om deze innovaties op te schalen. Op The Green Village is de gemeenschap vergevingsgezind: technologisch hoeft de innovatie nog niet perfect te zijn, het uiteindelijke businessmodel kan nog onzeker zijn, de innovatie kan nog kampen met zorgen uit de samenleving over bijvoorbeeld veiligheid, privacy of betaalbaarheid en ten slotte hoeft de innovatie op The Green Village niet aan alle juridische kaders te voldoen. Zo hebben het Rijk en de gemeente Delft samengewerkt om ervoor te zorgen dat niet getoetst hoeft te worden op het Bouwbesluit. Op The Green Village zijn de barrières om innovaties in de praktijk te testen en te demonstreren dus minimaal.

Daarbij helpt The Green Village de randvoorwaarden voor opschaling te identificeren en te creëren. Hiervoor organiseert The Green Village workshops en bijeenkomsten, onder andere in het kader van de 'Green Deal Green Village', waarin rijk en lokale overheden met dit doel samenwerken met o.a. de NEN. Ook de openstelling voor het publiek en de publieke communicatie over innovaties hoort bij de rol van The Green Village om opschalingsbelemmeringen weg te nemen.

## CONCRETE ACTIES NEMEN: MAAK HET KLEIN EN RELEVANT VOOR DE INNOVATOREN

De klimaatdoelen zijn weliswaar gekoppeld aan het jaar 2050, voor de ondernemers, wetenschappers en andere creatievelingen die de benodigde innovaties moeten initiëren en implementeren zijn kortetermijnresultaten van belang. The Green Village vormt voor deze innovatoren een unieke locatie met unieke faciliteiten en randvoorwaarden, die ook op korte termijn waarde creëert op verschillende niveaus. Dat niet aan alle regels voldaan hoeft te worden, bespaart tijd en kosten, men kan aansluiten op de beschikbare fysieke en digitale infrastructuur zodat daarin niet extra geïnvesteerd hoeft te worden, het is mogelijk om in een vroeg stadium van ontwikkeling praktijkervaring op te doen, en de zichtbaarheid van de innovatie helpt om stakeholders te benaderen, van potentiële klanten tot beleidsmakers.

Een belangrijke waarde van The Green Village voor innovatieve partijen ligt in het feit dat ook andere partijen met eigen innovaties op dezelfde locatie actief zijn. Dit maakt het mogelijk om als innovator op een kleine, behapbare schaal en op eigen tempo aan de slag te gaan met onderzoeken, testen en demonstreren van de eigen ideeën, terwijl uitzicht is op de mogelijkheid onderdeel te worden van een grotere ontwikkeling, bijvoorbeeld op het gebied van gelijkspanning, waterstof, renovatie, klimaatadaptatie of circulaire materiaalstromen. Dit leidt in de praktijk tot geplande en onverwachte koppelingen van projecten en tot het gezamenlijk optrekken om de noodzaak en kansen van nieuwe systemen voor het voetlicht te brengen bij overheden, maatschappelijke organisaties en ondernemers die deze oplossingen op grote schaal mogelijk moeten helpen maken.

## TRANSITIE ALS LEERPROCES

Gedurende de afgelopen decennia heeft Nederland zich door ordening en structuur ontwikkeld tot een zeer welvarende en succesvolle samenleving. In de komende decennia zal onze samenleving hierop voortbouwen en tegelijkertijd zich meer open moeten stellen voor innovatie en het 'leren' van onze samenleving. Daarvoor is het van belang dat partijen met duurzame oplossingen kunnen samenwerken met de partijen die deze oplossingen in de praktijk mogelijk maken. Initiatieven als The Green Village spelen daarbij een essentiële rol. Als we door goede en plezierige samenwerking structuur en innovatie effectief weten te combineren, komt de transitie naar een duurzame samenleving in zicht.



“Producten worden  
steeds vaker  
zodanig ontworpen,  
dat ze snel en  
gemakkelijk kunnen  
worden gereviseerd.”

# AFVALVERWERKING

## IN DE TOEKOMST

JAN-HENK WELINK

TU DELFT

### OVER JAN-HENK WELINK

Jan-Henk Welink (1967) houdt zich bij de TU Delft bezig met projecten rond duurzaam grondstofbeheer. Hij werkte voor verschillende organisaties in overheid en bedrijfsleven op onderzoek, ontwikkeling, innovatie, en projectontwikkeling op de verwaarding van afval en biomassa. Sinds 2011 werkt hij aan het kennisplatform duurzaam grondstofbeheer, waar hij seminars, masterclasses, workshops en cursussen organiseert. Hij is (co-)auteur van twee boeken over energievorm biomassa en afval en recycling. Hij werkt mee aan dit boek om de lezer een beeld te geven over hoe de circulaire economie er uit kan zien, en zo meer houvast te geven in dit uitdagende vraagstuk.



Glas

waste no more

API



# AFVALVERWERKING

## IN DE TOEKOMST

JAN-HENK WELINK  
TU DELFT

### AFVALVERWERKING NU

In 2018 kijken we nog steeds naar afval volgens de voorkeursvolgorde gegeven in de Ladder van Lansink. Probeer eerst afval te vermijden (preventie), dan te hergebruiken, anders te recyclen, en als dat niet wil verbranden. Als allerlaatste optie kan het afval worden gestort. Daarbij worden hergebruik en recycling 'nuttige toepassing' genoemd, evenals afvalverbranding met een voldoende mate van energierugwinning. Afvalverwerking is de laatste decennia het oplossen van een probleem. Recycling en hergebruik van afval wordt voornamelijk gezien vanuit het perspectief van wat men er nog mee kan doen. De kwaliteit van gerecycled materiaal blijft een grote uitdaging. Bedrijven in de productieketen hebben geen zicht op het product als het is verkocht. De overheid heeft een regelgevende rol in afvalverwerking, voornamelijk om het milieu te beschermen.

De kwaliteit van gerecycled materiaal  
blijft een grote uitdaging.

'Afval bestaat niet' valt er tegenwoordig te lezen op vuilnisauto's. Echter als afval niet zou bestaan, zouden deze voertuigen niet naar de afvalverbranding rijden. In de toekomst wordt afval niet als probleem gezien, maar als een grondstof. Een bemoedigende kreet in 2018 is 'afval = grondstof'. In 2018 wordt over afval nagedacht als een probleem waar we nog een nuttige toepassing voor kunnen bedenken. "Wat kunnen we er nog mee?" is hier de gedachte. In de toekomst zal dat veranderen in "Wat willen we hebben?". Dit is een wezenlijk verschil. In de toekomst wordt namelijk actief gezocht naar secundaire grondstoffen of (half) producten om economische activiteiten op te laten draaien. Er worden eisen gesteld aan 'afval', de term 'productspecificaties' zal een grote rol spelen in wat we nu 'afvalverwerking' zouden noemen. Als iets niet aan de productspecificaties voldoet, dan is het daadwerkelijk afval. Vroeger werd afval terecht gezien als een milieuprobleem. In de toekomst gaat de economie een grote rol spelen. Echt afval wordt dan gezien als grondstofverspilling, naast dat het een milieuprobleem is. Deze economische druk wordt mede ingegeven door een snelle groei van consumptie en de daarbij behorende grondstofbehoefte, in opkomende economieën, zoals China en India.

In 2018 wordt over afval nagedacht als een probleem waar we nog een nuttige toepassing voor kunnen bedenken. "Wat kunnen we er nog mee?" is hier de gedachte. In de toekomst zal dat veranderen in "Wat willen we hebben?"

In de toekomst wordt de Ladder van Lansink, vanuit een andere perspectief beschouwd:

- **Marktkans:** Er komen afgedankte producten terug: kan er een markt worden veroverd, die intensiever of langer gebruik had gemaakt van die producten? Dit sluit aan op preventie.
- **Productvraag:** Wat voor nieuwe winstgevende activiteit willen we met het afgedankte product? Dus hoe moet die dan worden gemaakt? Dit sluit aan op hergebruik.
- **Materiaalvraag:** Wat voor materialen hebben we nodig voor onze processen? Hoe worden dan producten zo ontworpen dat we na gebruik de juiste materiaalspecificaties krijgen? Hiermee wordt hoogwaardige recycling georganiseerd.
- **Materiaalaanbod:** Wat kan ik nog met de materialen die worden aangeboden? Sommige materialen kunnen niet worden veranderd, en er bestaat geen proces voor die het kan verwerken. Wat kan er dan van worden gemaakt? Dit sluit aan op de trede recycling van de Ladder van Lansink.
- De inzameling van 'afval' wordt daardoor anders, en de productieketen gaat zich bemoeien met producten ook nadat die zijn verkocht.

## MARKTKANS

Als producten terugkomen in de 'afvalverwerking', dan kan met na gaan denken of het product intensiever of langer kon worden gebruikt. Momenteel worden er 'nieuwe business modellen' ontwikkeld, zoals het leasen van wasmachines en het huren van gereedschappen. Hierbij beweegt de markt zich ook van 'business-to-consumer' naar 'consumer-to-consumer' en zelfs 'consumer-to-business'. Betaal-per-keer-modellen komen meer in zwang, zoals het betalen per wasbeurt in plaats van het aanschaffen van een wasmachine. Dit model werd al gebruikt bij de introductie van kopieermachines in de jaren zeventig van de vorige eeuw: betalen per kopie, in plaats van de aanschaf van de hele machine.

Leasen, verhuren of betaal-per-keer-verdien modellen gaan in tegen de huidige businessmodellen om fabrieken zo veel mogelijk te laten maken, zodat er een zo hoog mogelijke omzet wordt gedraaid. Producten delen en producten langer mee laten gaan, wat lease- en huurmodellen uitlokken, gaat ten koste van de productie en daardoor van de omzet van de producten. Echter degene die het eerst een goede propositie neerlegt, bijvoorbeeld met een huur- of leasemodel, pakt een stuk marktaandeel ten koste van de concurrent. Zaken zijn zaken. Momenteel wordt er al volop geëxperimenteerd met leasejeans, kledingbibliotheken, verhuur van eigen privéauto, en het delen of verhuren van eigen gereedschappen. Hierbij is er in de markt een verschuiving van bezit van een product naar het gebruik van een product. De afvalstroom vermindert vanwege intensiever productgebruik, langere levensduur en door het retourneren van producten naar een centraal punt.

Er is in de markt een verschuiving van bezit van een product naar het gebruik van een product.

## PRODUCTVRAAG

Als producten worden afgedankt, worden ze steeds vaker teruggenomen om ze weer op de markt te brengen na revisie of na volledig opnieuw in elkaar gezet te zijn ('remanufacturing'). Dit houdt in dat producten steeds vaker zodanig worden ontworpen, dat ze snel en gemakkelijk kunnen worden gereviseerd. Snel en gemakkelijk is belangrijk om de arbeidstijd en dus de revisiekosten zo laag mogelijk te houden. Producten worden daarom ook veel meer modulair opgebouwd, waarbij onderdelen tussen verschillende soorten producten uitwisselbaar zijn. Dit geldt voor roerende goederen als laptops en mobiele telefoons, maar ook voor onroerend goed als woningen, kantoren en fabriekshallen. De uitwisselbaarheid van onderdelen laat verschillende marktsegmenten lijken op een doos Lego. Daarbij is het belangrijk om te weten welk 'blokje' wanneer beschikbaar komt. Betrouwbare informatievoorziening over die blokjes is daarbij belangrijk. Nieuwe concepten uit de informatica, zoals blockchain, kunnen daarbij een belangrijke rol spelen.

## MATERIAALVRAAG

In de toekomst zal men anders kijken naar wat we nu 'recyclebaar afval' noemen. Bij 'recyclebaar afval' wordt gekeken hoe men het zo hoogwaardig kan hergebruiken. Met name bij kunststoffen is dit een uitdaging. Er bestaan veel kunststoffen, en per kunststof weer verschillende kwaliteiten met verschillende stoffen, zoals kleurstoffen, brandvertragers en vulstoffen. Daarbij worden kunststoffen gemengd ingezet (compound) of ze worden in laminaten toegepast. Het mengsel aan kunststoffen kan dan alleen nog laagwaardig worden afgezet. In de toekomst zullen fabrikanten van bijvoorbeeld verpakkingsmiddelen de kunststoffen zodanig kiezen dat ze na gebruik hoogwaardig zijn in te zetten. Het zakelijk belang van de fabrikanten is om de prijs van kunststoffen laag te houden, doordat hoogwaardigere inzet van gerecycled kunststof de druk op de kunststoffenmarkt verlaagt. Bij hoogwaardig hergebruik is niet alleen materiaalrecycling belangrijk, maar ook het afbreken van de kunststof naar de oorspronkelijke grondstof. Nylon bijvoorbeeld kan al worden afgebroken tot de grondstof caprolactam. Voordeel hiervan is dat men dan gelijk hinderlijke kleurstoffen, vulstoffen en brandvertragers kwijt is en men weer een maagdelijk product heeft.

Bij hoogwaardig hergebruik is niet alleen materiaalrecycling belangrijk, maar ook het afbreken van de kunststof naar de oorspronkelijke grondstof.

Door materialen zo te kiezen dat in een behoefte na het gebruik kan worden voorzien, komen meer hoogwaardige gerecyclede materialen op de markt. Het ontwerp van de verpakking en de materiaalkeuze wordt dan aangepast. Nu al gaan levensmiddelenfabrikanten langs bij recyclingbedrijven om te leren hoe verpakkingen hoogwaardiger kunnen worden ingezet. Hier vindt dus een integratieslag plaats van de productieketen in het afdanken van een product.

## MATERIAALAANBOD

Bepaalde materialen kunnen in de afdankfase niet op een andere manier of in een andere vorm worden aangeleverd. Een voorbeeld is GFT, het is immers moeilijk om een bananenschil zo te herontwerpen dat het hoogwaardig is in te zetten. Bij deze groep materialen gaat de klassieke ontwikkeling voort, van het proberen om 'recyclebaar afval' zo hoog mogelijk te verwerken. Voor GFT betekent dit dat in de toekomst door fermentatie chemische producten worden gemaakt. Momenteel is dat alleen nog maar methaan door vergisting. In de toekomst is dat bijvoorbeeld melkzuur, een grondstof voor de kunststof polymelkzuur. Door inzet van organisch materiaal in producten die relatief lang meegaan, mede omdat polymelkzuur weer tot haar grondstof is af te breken, is er CO<sub>2</sub>-opslag gecreëerd.

## INZAMELING VAN 'AFVAL'

Inzameling van 'afval' zal in de toekomst gaan veranderen. 'Afvalinzameling' zal steeds meer overgaan in het acquireren en verzamelen van grondstoffen en (half-)producten. Voor herbruikbare producten (van mobiele telefoons tot kantoorgebouwen) zullen informatiesystemen aangeven waar een (half-) product zich bevindt en wanneer die weer vrij komt.

In het bedrijfsleven zullen afgedankte materialen de poort verlaten als grondstoffen. In bedrijven wordt het afdanken van materialen zo georganiseerd, dat het beter op specificatie voor een volgend gebruik geschikt is. Het komt dan in principe neer op een slimme verkoop van secundaire grondstoffen. Er zijn nu al organisaties die steeds meer bedrijven hierin helpen, zoals Milgro, Stichting Stimular en Rewaste.

Bij afval van consumenten zal afvalscheiding erg belangrijk blijven. Onderzoek wijst veelvuldig uit dat gemak van het inzamelen voor die consument belangrijk is. Consumenten vinden over het algemeen afvalscheiding belangrijk. Door het ze bij het scheiden gemakkelijk te maken, daalt de hoeveelheid restafval. Succesvolle inzamelsystemen zijn gericht op het verlenen van klantgerichte service aan de consument. Er worden goede resultaten behaald met omgekeerd inzamelen, waarbij recyclebaar afval bij het huis wordt opgehaald, terwijl men voor het wegbrengen van restafval verder moet lopen. Met servicegericht inzamelen wordt alles thuis gescheiden afgehaald. Ook hiermee zijn zeer goede resultaten bereikt. In 2016 waren er in Nederland al tien gemeentes die minder dan vijftig kilogram restafval hadden per persoon per jaar, waarvan twee rond de twintig kilogram per persoon per jaar zaten.

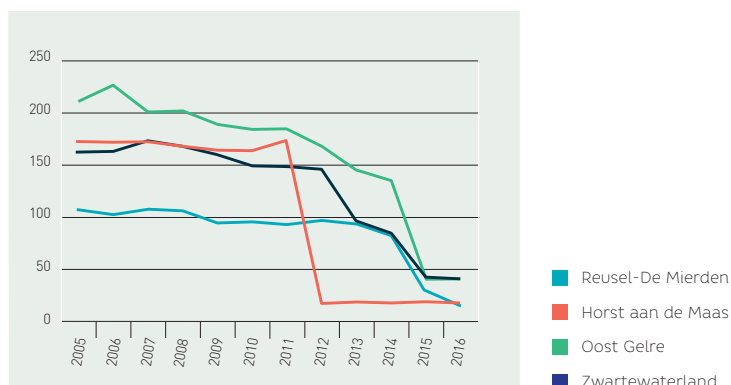


FIG. 1 Ontwikkeling van het aanbod van de hoeveelheid fijn huishoudelijk restafval door de jaren heen van de vier gemeentes met de minste hoeveelheid restafval in 2016 (in kilogram per persoon per jaar), bron webpagina 'Afvalcijfers gemeentelijk' van de website afvalcirculair.nl van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (<https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/monitoring-cijfers/afvalcijfers/afvalcijfers/>).

## INZAMELSTRUCTUUR

In de toekomst zal de afvalinzamelstructuur niet meer bestaan uit enkele grote spelers die grote delen van de 'afvalmarkt' in handen hebben. Dat is nu het geval, omdat de verwerkingsstructuur ook grootschalig is. Veel afval gaat naar verbrandingsinstallaties. In de toekomst worden afgedankte producten en materialen als zodanig ook weer ingezet. Hiervoor zijn de processen veel gespecialiseerder en minder grootschalig in tonnage. De financiële omzet van die processen, zoals bijvoorbeeld het reviseren van laptops of het recyclen van kunststoffen met een scherp gedefinieerd productspecificatie, is wel hoog.

De inzamelstructuur wordt ook sterk bepaald door de informatietechnologie van producenten die willen weten waar afgedankte materialen en producten vrij komen, om het weer in te kopen voor nieuw gebruik. De productieketen spreidt zich dan uit voorbij de verkoopfase. Zo houden producenten beter grip op hun grondstoffen en zijn ze minder gevoelig voor turbulente prijsfluctuaties van grondstofmarkten, met name buiten de EU. Omdat er veel meer producenten zijn van producten in de 'afvalfase' dan er nu afvalverwerkers zijn, zullen er ook meer spelers komen op de markt van secundaire grondstoffen die nu door afvalverwerkers wordt gedomineerd.

De inzamelstructuur wordt ook sterk bepaald door de informatietechnologie van producenten die willen weten waar afgedankte materialen en producten vrij komen, om het weer in te kopen voor nieuw gebruik.

In de toekomst zullen er nog wel materialen zijn die niet meer als grondstof zijn in te zetten. We zien nu al bij huishoudelijk afval een decimering van die hoeveelheid restafval. De benodigde capaciteit voor afvalverbranding zal ook tot een kwart afnemen of zelfs worden gededuceerd. Alhoewel de afvalverbrandingsinstallaties relatief goed gereinigde rookgassen hebben, zal het een goede zaak zijn dat door sluiting de totale vracht aan luchtverontreiniging zal afnemen, met name in de Randstad. De energie die deze centrales leveren zal in de toekomst niet meer relevant zijn door toename van aardwarmte, wind- en zonne-energie. Echter de verbrandingsinstallaties zullen ook financieel zijn afgeschreven. De vaste kosten zullen daarom sterk dalen waardoor het de prille ontwikkelingen in nuttig hergebruik van grondstoffen en (half)producten wegconcurrereert. Verantwoord grondstoffenbeheer in de toekomst is niet vanzelfsprekend.





“Waterstof is  
mogelijk, samen  
met elektriciteit,  
dé energiedrager  
van de toekomst”



# WATERSTOF

## DE SLEUTEL VOOR DE ENERGIETRANSITIE

PROF. DR. AD VAN WIJK

TU DELFT, HOGLERAAR FUTURE ENERGY SYSTEMS

IR. CHRIS HELLINGA

TU DELFT, SUSTAINABILITY PROGRAM MANAGER

### OVER PROF. DR. AD VAN WIJK

Ad van Wijk werkt als zelfstandig ondernemer aan duurzame energievraagstukken en is deeltijdhoogleraar 'Future Energy Systems' aan de TU Delft. Hij heeft ook een aanstelling bij het KWR Wateronderzoeksinstituut voor de ontwikkeling en implementatie van het onderzoeksprogramma Energie en Water. Ook is hij lid van de Noordelijke Innovation Board om de energietransitie in het Noorden van Nederland mee vorm te geven. In 1984 richtte van Wijk het bedrijf Ecofys op, dat uitgroeide tot Econcern. Van Wijk werd daarvoor in 2007 uitgeroepen tot Nederlandse ondernemer van het jaar, en in 2008 tot de Nederlandse Top Executive. Sinds zijn aanstelling in 2011 bij de TU Delft, richt van Wijk zich op de systeemvragen van de toekomstige energievoorziening, waarbij hij bijzondere aandacht heeft voor waterstof. Hij is de grondlegger van de Green Village bij de TU Delft, waar energie-innovaties door wetenschappers en ondernemers uitgetest worden onder praktijkomstandigheden. [www.thegreenvillage.org](http://www.thegreenvillage.org)

### OVER IR. CHRIS HELLINGA

Ir. Chris Hellinga (1956) is na een carrière als procestechnoloog, onderzoeker en zelfstandig ondernemer sinds 2006 'sustainability program manager' van de TU Delft. Vanuit die rol heeft hij onder meer een initiërende/katalyserende rol gespeeld bij de oprichting van het Nederlands Onderzoekplatform Duurzame Energievoorziening (NODE), Dutch Incert (elektrisch vervoer), Delft Solar City, de Green Village in Delft en het Delft Energy Initiative. Het boekje 'De energievoorziening van Nederland' is van zijn hand (2010), alsmede bijdrages aan de Zuid-Hollandse Roadmap Next Economy. Hij ziet waterstof in aanvulling op elektriciteit als dé hoeksteen van de energietransitie. Een thema dat niet mag ontbreken in een boek over circulariteit.





# WATERSTOF

## DE SLEUTEL VOOR DE ENERGIETRANSITIE

PROF. DR. AD VAN WIJK

TU DELFT, HOGLERAAR FUTURE ENERGY SYSTEMS

IR. CHRIS HELLINGA

TU DELFT, SUSTAINABILITY PROGRAM MANAGER

### INTRODUCTIE

In Jeremy Rifkin's 'The Hydrogen Economy' uit 2003 werd een lans gebroken voor waterstof als de centrale energiedrager in een duurzame samenleving. Waterstof (H) is het meest voorkomende element in ons heelal. Het waterstofmolecuul (H<sub>2</sub>) is eenvoudig te maken uit water met behulp van (duurzaam opgewekte) elektriciteit. Na een aanvankelijk breedgedragen enthousiasme voor deze boodschap is het nog niet tot een echte doorbraak gekomen, maar daar lijkt nu verandering in te gaan komen. Eén van de vele signalen is de oprichting van de Hydrogen Council, waarin meer dan twintig multinationals samenwerken (met een gezamenlijke omzet van circa 1.300 miljard €/jaar), die al ruim € 10 miljard in waterstofontwikkelingen hebben geïnvesteerd [1,2,3]. Ook in Nederland is vanuit de Topsector Energie/TKI Groen Gas in toenemende mate aandacht voor waterstof. In de publicatie Contouren van een Routekaart Waterstof (maart 2018) staat als eerste sleutelboodschap: De klimaatdoelen voor 2050 realiseren kan met waterstof [4].

Diverse ontwikkelingen versterken het beeld dat waterstof weleens in grote hoeveelheden in onze maatschappij beschikbaar kan gaan komen, wat grote consequenties zou gaan hebben voor sectoren als het vervoer, de industrie, de havens en de bebouwde omgeving. Waterstof is mogelijk, samen met elektriciteit, dé energiedrager van de toekomst, goed te transporteren en zeer grootschalig ondergronds op te slaan. Waterstof (of daarvan afgeleide energiedragers en grondstoffen) wordt dan een verbindende factor in de uitdagingen waar al deze sectoren voor staan en kan een handvat bieden om meer structuur te krijgen in het aanjagen van de grootschalige ontwikkelingen naar een duurzame energievoorziening.

### DE WATERSTOFKRINGLOOP

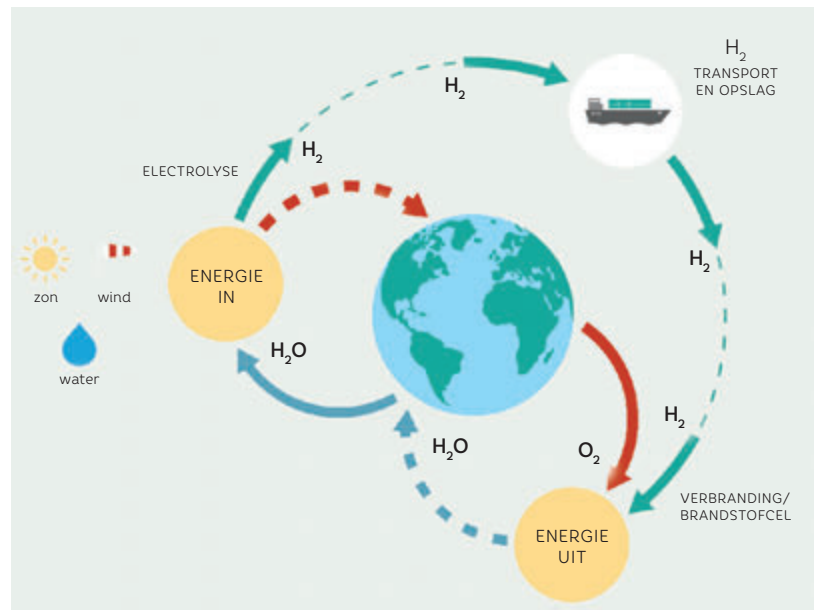


FIG. 1 De globale waterstofkringloop. Bron: van Wijk et. al. [5].

Figuur 1 schetst de globale waterstofkringloop. Water [H<sub>2</sub>O] wordt met elektriciteit omgezet in waterstof [H<sub>2</sub>] en zuurstof [O<sub>2</sub>]. Elektrolyse is op dit moment de leidende grootschalige technologie, waarmee 70-80% van de elektrische energie in de waterstof terecht komt. In de toekomst vindt de bulk van de waterstofproductie typisch plaats in gebieden met veel zon of veel wind, en wordt het (eventueel na omzetting naar bijvoorbeeld ammoniak) na koeling of compressie in tankers naar de gebieden met de energievraag vervoerd. Daar wordt het door verbranding of met brandstofcellen in bruikbare energie (stoom, warmte en/of elektriciteit) omgezet, als grondstof gebruikt of tot brandstoffen verwerkt (niet getoond). In de 'keten' (elektriciteit geeft waterstof, waar weer elektriciteit uit wordt gemaakt) gaat typisch zo'n

60-70% van de oorspronkelijke duurzame energie verloren (als we de warmte die vrijkomt bij de omzettingsprocessen niet nuttig gebruiken). Omdat de elektriciteitsproductiekosten in zon- of windrijke gebieden aanzienlijk lager kunnen liggen dan in de grote afzetgebieden in gematigde klimaatzones, hoeft dit niet te betekenen dat de resulterende elektriciteitsprijs veel hoger ligt dan bij zonne-elektriciteit van het eigen dak, of van een windturbine in de buurt, zie ook figuur 8.

Waterstof is geen broeikasgas, dus onvermijdelijke verliezen in zulke ketens leiden niet tot een versterking van het broeikasgaseffect. (Ontsnapte waterstof wordt in de atmosfeer weer water). Schadelijke effecten voor het milieu zitten uitsluitend in het eventueel niet duurzame materialengebruik voor opwekking, conversie, opslag en transport.

#### WATERSTOFGAS VERSUS AARDGAS

Waterstofgas kent een aantal belangrijke verschillen met aardgas, die technisch en economisch gezien evenwel geen onoverkomelijke problemen lijken te geven voor de grootschalige introductie.

Waterstof ( $H_2$ ) is het kleinste molecuul op aarde en 'wil overal doorheen'. Pijpleidingen en opslagtanks moeten uit materialen bestaan die weinig of geen lekkage geven. Praktisch goed beschikbare en reeds toegepaste materialen als koolstofijzer of HDPE (High Density Polyethyleen) voldoen daar overigens aan. Deze materialen zijn dus geschikt voor leidingconstructies om in plaats van aardgas, waterstofgas te vervoeren. Een private 110-bar transportleiding die waterstof vervoert van Rotterdam, via Antwerpen naar Noord-Frankrijk, functioneert al tientallen jaren zonder problemen. Het bestaande Nederlandse aardgas hogedruk gasnet kan met geringe kosten, snel en eenvoudig worden aangepast voor waterstof <sup>[6]</sup>. Het zijn vooral de compressoren die moeten worden aangepast. Kosten voor deze ombouw worden geschat op minder dan 10% van een nieuw aan te leggen pijpleidingeninfrastructuur <sup>[7]</sup>.

Het bestaande Nederlandse aardgas hogedruk gasnet kan met geringe kosten, snel en eenvoudig worden aangepast voor waterstof.

Daarnaast is de energie-inhoud van waterstof per eenheid volume relatief klein. In vergelijking met laagcalorisch aardgas uit Slochteren, heeft waterstof bij dezelfde druk driemaal minder energie per volume-eenheid. Waterstofauto's vragen daarom tanks onder hoge druk om het volume van die tanks acceptabel te houden. 700 bar is daarbij nu de standaard geworden. Deze tanks bevatten dan zo'n 5 tot 6 kg waterstof, waarmee een brandstofcel waterstofauto (FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle) 500-600 km kan rijden. Een actieradius vergelijkbaar

met die van benzine- of dieselauto's. Voor transport door pijpleidingen moeten stroomsnelheden van waterstof dus driemaal zo groot zijn als die van aardgas, om dezelfde hoeveelheid energie per tijdseenheid te transporteren bij dezelfde druk. Maar door de lagere dichtheid van waterstofgas kan dit bij vrijwel dezelfde drukverschillen over de pijpleidingen als die we nu gewend zijn [6]. Met andere woorden, de energietransportcapaciteit van het bestaande gasleidingennet is voor waterstof bijna even groot als voor aardgas.

Waterstof heeft een imagoprobleem bij het grote publiek – het wordt vaak als gevaarlijk gezien. Waterstof/luchtmengsels kunnen inderdaad over een groter concentratiebereik ontbranden/exploderen dan methaan/luchtmengsels. Maar, waterstof is veel lichter dan aardgas/methaan en stijgt daardoor zeer snel op bij een lekkage. KIWA-Gastec heeft dit aangetoond in het HyHouse-project met praktijkproeven. De conclusie was dat bij lekkage in huis de kans dat een explosief lucht/waterstofmengsel ontstaat kleiner is dan wanneer aardgas ontsnapt [8]. We moeten ook niet vergeten dat we vóór de omschakeling naar het Groningse aardgas in de jaren '60 van de vorige eeuw waterstof in onze huizen hadden. Stadsgas bestond voor ruim 50% uit waterstof! Bovendien heeft waterstof als belangrijk voordeel dat het bij verbranding geen koolmonoxide kan vormen. De meeste aardgasdoden in Nederland vallen door koolmonoxidevergiftiging. De Onderzoeksraad voor de Veiligheid vermoedt dat het aantal doden als gevolg van koolmonoxidevergiftiging 3-5 maal zo groot is als de gerapporteerde 5-10 doden per jaar, met daarbij honderden gewonden [9].

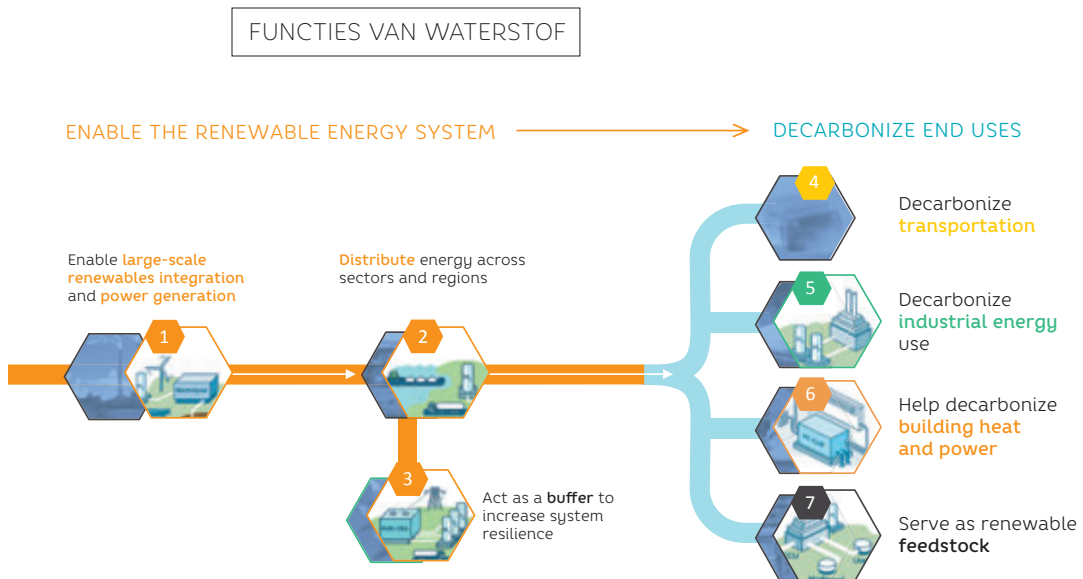


FIG. 2 Waterstof kan 7 belangrijke rollen spelen in een duurzaam energiesysteem. Bron: Hydrogen Council [3].



Figuur 2 schetst zeven functies die waterstof kan gaan vervullen in aanvulling op duurzaam opgewekte elektriciteit, met vooral wind- en zonne-energie [13].

- 1 Er gaat een onbalans ontstaan tussen aanbod en afname van elektriciteit. Wind en zon zijn immers niet op afroep beschikbaar. Bovendien gaat nieuwe, economisch aantrekkelijke energieproductie ontstaan in wind- en zonrijke gebieden, ver van de locaties met de grootschalige energievraag. Waterstof kan de verbinding verzorgen in plaats en tijd tussen duurzame energieopwekking en de vraag naar elektriciteit, maar ook voorzien in een niet-elektrische energie- en/of grondstoffenvraag.
- 2 Hiervoor is het nodig dat productie- en afnamegebieden (nieuwe) verbindingen krijgen om verschillen in vraag en aanbod zo goed mogelijk op te kunnen vangen. Waterstof (of een daarvan afgeleide chemische stof) is daarbij een energiedrager die over lange afstanden kosteneffectief en flexibel getransporteerd kan worden. We zullen ook gaan zien dat nu nog gescheiden domeinen als de transportsector (olieproducten) en de bebouwde omgeving (electriciteit en gas), naar elkaar toe gaan groeien voor hun energieafhankelijkheid. Auto's worden voor de deur opgeladen met elektriciteit, of leveren elektriciteit aan huizen, als ze op waterstof rijden [12]. De elektriciteit/waterstof combinatie is erg krachtig, omdat door de 'hoge energiekwaliteit' daarvan alle energievragen (van vervoer tot licht, communicatiemiddelen en warmte) gedekt kunnen worden. (Met warmte van een lage temperatuur kun je bijvoorbeeld geen lampen laten branden.)
- 3 Om piek- en dalmomenten in vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, zijn nieuwe, betaalbare vormen van energieopslag nodig – één van de grootste uitdagingen van de energietransitie. Voor kortstondige fluctuaties (denk aan dag/nacht verschillen) zijn opslagvormen als batterijen geëigend, maar voor opslag over een langere tijdsperiode (denk aan seizoenfluctuaties) in grote hoeveelheden, is waterstof waarschijnlijk de meest interessante kandidaat. Opslag in zoutkoepels of mogelijk in lege gasvelden is goed mogelijk op zeer grote schaal.
- 4 Waterstof kan voorzien in energiefuncties, die met elektriciteit niet (goed) kunnen worden afgedekt. Het is bijvoorbeeld onwaarschijnlijk dat batterijen zullen worden ingezet voor het zware, langeafstandstransport over de weg, door de lucht en over water. Dat zou te grote/zware en te dure batterijopslagcapaciteit vragen. Waterstof (of een andere brandstof die met behulp van waterstof gemaakt wordt) is hier een betere kandidaat.
- 5 Bij de industriële energievoorziening gaat het veelal om het bereiken van hoge procestemperaturen, waarbij een verbrandingsproces soms essentieel is. Gasturbines kunnen bijvoorbeeld ook op waterstof draaien, waarmee waterstof een belangrijke rol kan gaan vervullen in de efficiënte (WKK) productie van hogetemperatuursteam of -warmte [18].
- 6 Ook voor de verwarming van de bebouwde omgeving is waterstofaanbod een optie, zeker voor gebieden en/of gebouwen die zich slecht lenen voor duurzame alternatieven als restwarmtegebruik, aardwarmte en/of warmtepompen. Juist

voor ruimteverwarming is in onze klimaatzone immers een belangrijke rol weggelegd voor energieopslag: in de winter wordt veel energie gebruikt voor verwarming en in de zomer nauwelijks. De integrale vraag naar elektriciteit en aardgas is in Nederland in de koudste maanden tot ruim tweemaal zo groot als in de warmste maanden (figuur 3). Er moet dus in een duurzame samenleving veel energie worden opgeslagen in de zomer voor gebruik in de winter, om de productiecapaciteit van wind- en zonne-energie goed over het jaar te verdelen. Dat kan uitstekend in de vorm van waterstof.

- 7 Vanuit de petrochemie en de kunstmestindustrie is er al een grote bestaande vraag naar waterstof als grond-/hulpstof. Vergroening van dat waterstofaanbod (dat nu nog uit fossiele brandstoffen gemaakt wordt) kan een aanzienlijke CO<sub>2</sub>-emissiereductie geven. Veel grondstoffen voor de chemie vragen evenwel ook de aanwezigheid van een C-atoom. Denk aan methanol of etheen voor kunststofproductie. Biomassa kan (bijvoorbeeld via vergassing) als leverancier van het C-atoom gaan dienen, en een circulaire grondstoffenkringloop kan een bijdrage leveren. Directe CO<sub>2</sub>-winning uit de atmosfeer, waarin CO<sub>2</sub> – voor de levering van het C-atoom – sterk verdund aanwezig is, is vooralsnog erg kostbaar. Overigens is deze C-leverende rol van biomassa voor Industriële grondstoffen dus uitermate belangrijk, en daarbij gaat het wereldwijd om grote hoeveelheden. Biomassa is ook nodig voor de nog fors groeiende wereldwijde voedselvoorziening en voor duurzame bouwmaterialen, waarmee het (vooralsnog) verstandig is niet te royaal in te zetten op het gebruik van biomassa voor energiefuncties waarbij de aanwezigheid van het C-atoom geen voorwaarde is. Denk bijvoorbeeld aan de productie van methaan (CH<sub>4</sub>) uit waterstof en biomassa voor het verwarmen van huizen of het produceren van hogetemperatuursteam. Waterstof kan daar ook direct voor worden ingezet.

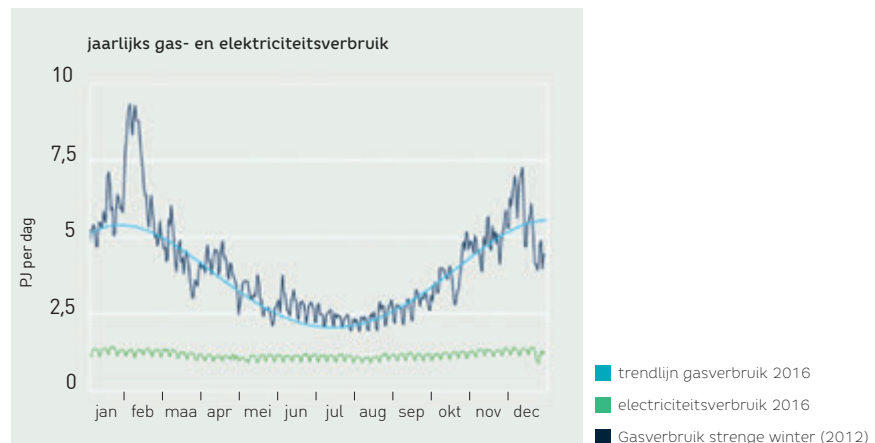


FIG. 3 Elektriciteitsverbruik en gasverbruik in Nederland. Bron: Entrance, 2017 [19].

## GROOTSCHALIGE WATERSTOFOPSLAG – EEN VEELBELOVEND ALTERNATIEF

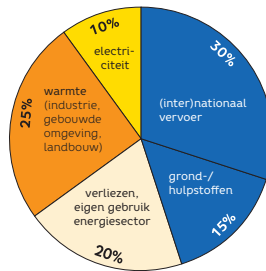
Een recente Duitse studie gaat ervan uit dat in 2050 de duurzame zon- en windenergie 20% overproductie geeft die als waterstof kan worden opgeslagen, waarvoor een derde van de nu in gebruik zijnde gasvelden in Duitsland volstaat [21]. Vanuit die voorraden kunnen dan de momenten van een elektriciteitstekort van wind- of zonne-energie worden gedekt.

Maar ook in andere Europese landen zijn lege zoutkoepels en gasvelden op veel plaatsen aanwezig [14,15]. In een zoutkoepel kan typisch zo'n 6.000 ton waterstof worden opgeslagen [16], omgerekend 235 miljoen kWh aan energie. Dat is vergelijkbaar met 17 miljoen Tesla Power Walls, met 14 kWh aan capaciteit ieder. Een zoutkoepel blijft over na zoutwinning en is relatief eenvoudig te voorzien van een installatie die er waterstofgas onder druk inpompt en met de juiste zuiverheid weer terug levert. In vergelijking met elektriciteitsopslag zijn de kosten laag – de investeringskosten variëren volgens een recente Engelse studie [17] nogal, afhankelijk van lokale (ondergrondse) omstandigheden, maar ligt typisch in de buurt van de 1 €/kWh opslagcapaciteit. Bij de Tesla Power Wall is dat momenteel ongeveer 400 €/kWh. De Hydrogen Council geeft een prijsindicatie van 0,05-0,15 \$/kWh opgeslagen waterstof in zoutkoepels. Van de nu bekende grootschalige alternatieven, is alleen opgepompte waterkracht goedkoper, maar de beschikbare capaciteit daarvan is klein, minder dan 1% van de wereldwijde energievraag [3].

### DE NEDERLANDSE BEHOEFTE AAN BRAND-, GROND- EN HULPSTOFFEN

Wat we ons niet altijd realiseren is dat de vraag naar brandstoffen voor het zware, langeafstandstransport over de weg, over het water en door de lucht, in combinatie met de industriële behoefte aan grondstoffen (plastic, kunstmest) en hulpstoffen (staalindustrie) zeer groot is in de Nederlandse economie, en dat die dat naar alle waarschijnlijkheid ook zal blijven.

In figuur 4 zien we de bestemming van de bijna 4.000 PJ/jaar aan primaire energie die Nederland momenteel gebruikt. We rekenen daarbij ook de brandstoffen voor de internationale lucht- en zeevaart mee (686 PJ [13]). Na aftrek van 20% aan verliesposten zien we in het blauwe segment (1.690 PJ) de brandstoffen voor het vervoer (1.121 PJ) en de grond- en hulpstoffen voor de industrie (niet-energetisch gebruik) (569 PJ). Links staat de warmtevraag uit de bebouwde omgeving, de glastuinbouw en de industrie van ongeveer 1.000 PJ [20]. En we zien dat slechts 10% van de integrale energievraag in de vorm van elektriciteit bij de eindgebruiker terechtkomt.



Totaal gebruik (2016): 3845 PJ

FIG. 4 Nederlandse energievraag in 5 domeinen. Bron: CBS [13].

Het blauwe segment ('moleculen') is dus vele malen groter dan het gele segment ('elektronen'). Als al het lichte wegtransport (personenauto's en licht vrachttransport) volledig batterij-elektrisch zou worden, is daar zo'n 100 PJ aan elektriciteit voor nodig (een kwart van de huidige elektriciteitsvraag), en daalt de brandstovenvraag met ongeveer 300 PJ (elektrische motoren zijn veel efficiënter dan verbrandingsmotoren). Het aandeel van de brand- en grondstovenvraag blijft dan dus nog vele malen groter dan die van de elektriciteitsvraag. Natuurlijk moet je naar meer ontwikkelingen kijken om tot betere 'voorspellingen' te komen, zoals naar energiebesparing en het sluiten van de grondstoffenkringlopen.

We zien dat slechts 10% van de integrale energievraag in de vorm van elektriciteit bij de eindgebruiker terechtkomt.

Maar het is verstandig er rekening mee te houden dat we ook halverwege deze eeuw nog in een forse vraag naar brand- en grondstoffen moeten voorzien. *Een vraag die mogelijk driemaal zo groot is als de directe vraag naar elektriciteit.* En bij de productie van die brand- en grondstoffen gaat waterstof zonder enige twijfel een belangrijke rol spelen, ook als grondstof voor andere chemische verbindingen. En voor de productie van die waterstof is dus veel meer elektriciteit nodig dan de hoeveelheid die we nu als eindgebruikers nodig hebben.

Wind van de Noordzee zal een belangrijke bijdrage moeten gaan leveren aan de energievoorziening van de tien landen die om/nabij de Noordzee liggen, en die vooralsnog de gezamenlijke ambitie hebben om 180.000 tot 250.000 MW aan windturbinevermogen geïnstalleerd te hebben in 2050 [21]. Omgerekend 18.000-25.000 grote, moderne turbines van 10 MW, die jaarlijks 3.000-4.000 PJ aan elektriciteit kunnen gaan produceren. Dit is dus de grootte-orde van de integrale Nederlandse energievraag alleen! Overigens is die ambitie mede ingegeven door de financiële prognoses voor benodigde investeringen van enkele jaren geleden, c.q. de daarbij behorende subsidiestromen. Ruimtelijk kan er meer op de Noordzee – die 25.000 windturbines vragen ongeveer 5% van het zee-oppervlak. Nu moderne

windparken geen subsidiebehoefte meer hebben, is het waarschijnlijk dat de ambitie in de komende jaren verder wordt opgeschroefd.

Maar zelfs met zo'n hogere ambitie voor offshore-wind, zullen we ook in de toekomst grote hoeveelheden energie moeten importeren voor Noord-West Europa. Dit kan uitstekend in de vorm van waterstof of ammoniak dat uit duurzame elektriciteit is geproduceerd en per schip naar ons land zal worden vervoerd. Import van zulke duurzame energiedragers hoort dus een plaats te hebben in onze strategieontwikkeling voor een duurzame energievoorziening.

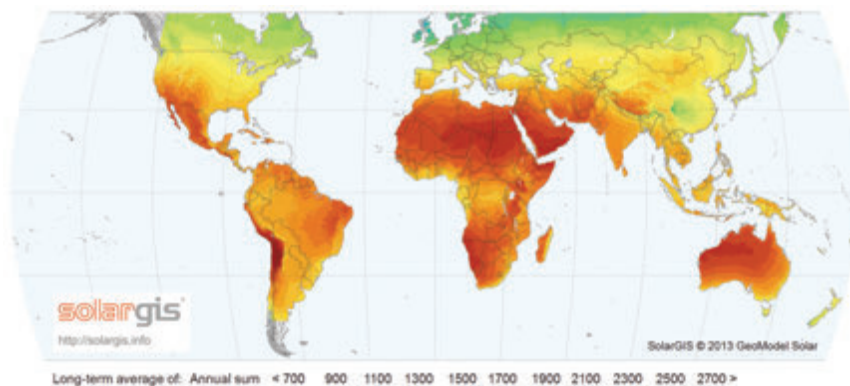


FIG. 5 Wereldwijde zoninstraling. Bron: SolarGis.

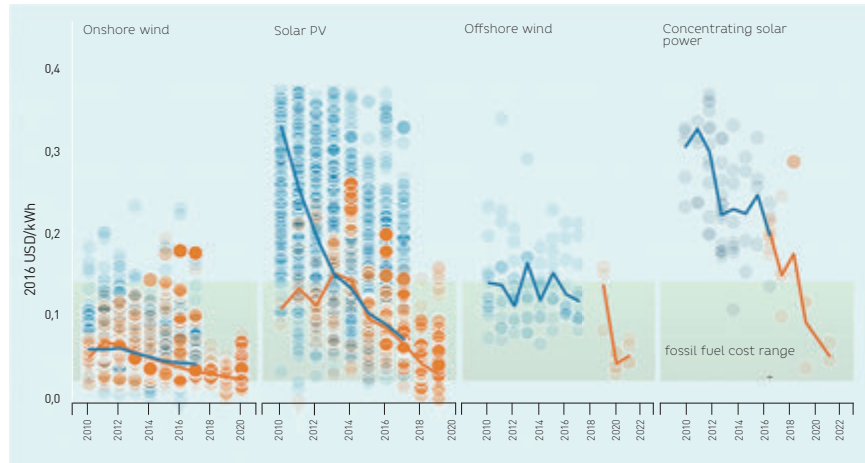
### DUURZAME ELEKTRICITEIT IS/WORDT ZEER GOEDKOOP!

Dankzij technische verbeteringen en opschaling zijn de prijzen van wind- en zonne-elektriciteit in de afgelopen tien jaar scherp gedaald. Zo heeft MASDAR/EDF eind 2017 een tenderbod uitgebracht om in Saudi-Arabië een 300 MW zon-PV-installatie te bouwen die elektriciteit moet gaan leveren voor net onder de 1,8 \$ct (1,5 €ct) per kWh [22]. Een 2-3 maal lagere prijs dan elektriciteit opgewekt met gas of kolen. Ook in Zuid-Europa wordt het nu extra aantrekkelijk zonneparken te bouwen. In april 2018 heeft Statkraft aangekondigd een zonnepark van 170 MWp in Spanje, nabij Sevilla, te gaan realiseren. Dat is één van de eerste zonneparken in Europa, die zonder subsidie worden aangelegd. [23].

De prominente financiële dienstverlener Bloomberg verwacht dat tot 2040 de zon-PV-prijzen met zo'n 66% verder zullen dalen [24], waarmee dus wel eens een prijs van onder de 1 \$ct/kWh bereikt kan gaan worden.

Voor zon-PV is het belangrijk dat in gunstige productiegebieden in de wereldwijde 'solar belt' (figuur 5) de zonstraling 2-3 maal zo groot is als in Nederland (met 1.000 kWh/m<sup>2</sup>.jaar). Dat – met een kostenvoordeel bij zeer grote installaties – leidt tot een kWh-prijs die typisch 5 tot 9 maal zo laag is als Nederlandse elektriciteitsproductie met zonnecellen op het dak [5], zie ook figuur 8.

De prijzen voor wind op zee zijn ook snel gedaald. Momenteel zijn in Nederland, Duitsland en Denemarken commerciële partijen al bereid offshore-windparken te ontwikkelen zonder subsidies. Zo heeft Vattenfall in maart 2018 aangekondigd dat het een 700 MW offshore-windpark voor de Hollandse kust gaat bouwen zonder subsidie, dat in 2022 operationeel moet zijn [25]. Voor wind op land worden in Texas en andere gebieden in de Mid-West in de Verenigde Staten al prijzen gerealiseerd van 2-3 \$ct/kWh [29]. Bloomberg New Energy Finance verwacht voor wind op land nog een daling met 47% tot 2040 en voor offshore-wind een daling van 71% [24].



Source: IRENA Renewable Cost Database and Auctions Database.

● Auction database ● LCOE database

FIG. 6 Integrale kosten (Levelized Cost of Electricity [LCOE]) voor solar PV, concentrating solar power, on-shore en off-shore wind. Historische ontwikkeling en toekomstverwachting [26].

De ontwikkelingen van de elektriciteitsproductiekosten worden bijgehouden door IRENA, de International Renewable Energy Association, zie figuur 6. Hieruit blijkt dat de LCOE (Levelized Cost Of Energy – alle noodzakelijke kosten gedeeld door de energieproductie over de afschrijvingstermijn) voor zon en wind de laatste jaren sterk is gedaald, tot een niveau dat vergelijkbaar of zelfs lager is dan fossiele elektriciteitsproductie [26]. Duurzame energie is al zo aantrekkelijk geworden dat 2/3 van de wereldwijde investeringen in 2016 voor elektriciteitsopwekking besteed werd aan hernieuwbare bronnen (met name zon en wind) [27].

+OOK DE KOSTEN VAN ELEKTROLYSERS EN BRANDSTOFCELLEN  
(CONVERSIESYSTEMEN) DALEN SCHERP

Wanneer (duurzaam geproduceerde) elektriciteit in een zogenaamde elektrolyser door water wordt geleid, ontstaat waterstof (en zuurstof). Er zijn twee belangrijke type elektrolyzers, de PEM (Proton Exchange Membrane) en de alkaline elektrolyser. Elektrolyzers bestaan uit 'gestapelde' kleine elektrolysecellen, wat de systemen eenvoudig opschaalbaar maakt en wat tot goedkope massaproductie van de functionele elementen gaat leiden. Waar voor PEM-systemen de CAPEX<sup>1</sup> in 2013 nog rond de € 2.000/kW lag [30], is dat in april 2018 in grootschalige projectaanbiedingen (de 100 MW+ range), al tussen de 400-450 €/kW [28]. Voor alkaline electrolyzers geldt hetzelfde. De CAPEX lag in 2013 rond de € 1.400/kW en bij grootschalige projectaanbiedingen in april 2018 tussen de 300-350 €/kW [28]. De rendementen van beide typen electrolyzers liggen daarbij tussen de 70-80%. De verwachtingen zijn dat voor beide elektrolyzersystemen de CAPEX op GigaWatt-schaal in de toekomst naar 250 €/kW gaat zakken bij een rendement van zo'n 80-85% [31].

Brandstofcellen (fuel cells) doen technisch gesproken het omgekeerde van elektrolyzers: vanuit waterstof en zuurstof wordt weer elektriciteit gemaakt, waarbij momenteel een piek-omzettingsrendement van 60% gehaald wordt en het Amerikaanse Department of Energy voor de langere termijn uitgaat van 70% [33]. Ook brandstofcellen zijn opgebouwd uit kleine functionele cellen. Met name het verbeteren van de membranen die deel uitmaken van deze systemen (langere levensduur, lagere productieprijs) heeft in de afgelopen jaren geleid tot een scherpe kostendaling van zowel PEM-elektrolyzers als PEM-brandstofcellen. Brandstofcellen zijn uiteraard een cruciaal onderdeel van waterstofauto's, maar kunnen bijvoorbeeld ook in de bebouwde omgeving worden ingezet voor gelijktijdige warmte- en elektriciteitsproductie.

Bij brandstofcellen lag de prijs in 2006 nog op 124 \$/kW, inmiddels is de prijs gezakt tot rond de 53 \$/kW, indien 500.000 brandstofcellen per jaar fabrieksmatig zouden worden geproduceerd. Het Amerikaanse Department Of Energy verwacht in 2020 een prijs van 40 \$/kW en op de langere termijn zelfs 30 \$/kW [35]. Naast technische verbeteringen, zal met name het opschalen van de productievolumes – net als bij zon-PV-systemen die ook uit kleine modulaire eenheden bestaan – tot zulke prijsdalingen leiden.

Het Amerikaanse Department Of Energy  
verwacht een prijs voor brandstofcellen van  
40 \$/kW en op de langere termijn zelfs 30 \$/kW.

---

<sup>1</sup>

CAPital EXpenditures – de investeringskosten.



ENERGIETRANSPORT OVER LANGERE AFSTANDEN:  
GOEDKOPER MET MOLECULEN DAN MET ELEKTRONEN

Vanuit het beeld dat in interessante wind- en zonne-energieproductiegebieden de elektriciteitsprijzen en omzettingskosten erg laag worden, en dat we in Noord-West Europa grote hoeveelheden brandstoffen zullen moeten importeren, is het van belang dat energietransport over grote afstanden (honderden tot duizenden kilometers) in de vorm van chemische energiedragers (moleculen) goedkoper is dan met elektriciteitskabels (elektronen) [20]. Vloeibare waterstof of uit waterstof geproduceerde ammoniak zijn dan kansrijke opties.

Voor transport vanaf (verder weg gelegen delen van) de Noordzee geldt ook dat transport per pijpleiding van een gas (aardgas of waterstof) goedkoper is dan elektriciteit. Een simpele vergelijking tussen de offshore BritNed-kabel en de offshore-gaspijplijn BBL die beide Nederland en Engeland verbinden, laat dat zien [16].

	BRITNED-KABEL	BBL-GASPIJPLIJN
<b>Capaciteit</b>	1 GW	15 GW
<b>Lengte</b>	276 km	225 km
<b>Constructiekosten</b>	500 miljoen Euro	500 miljoen Euro
<b>Transportvolume</b>	8 TWh/jaar	120 TWh/jaar

Bij vergelijkbare investeringskosten, kan met de gaspijplijn 10-20 keer meer energie worden getransporteerd dan met de elektriciteitskabel. Als er ver op de Noordzee offshore-windturbines worden gebouwd, kan het goedkoper zijn om de elektriciteit te converteren naar waterstof en een bestaande aardgaspijpleiding, die al in de Noordzee ligt, om te bouwen naar waterstof en zo de offshore-windenergie op de plek te brengen waar die gebruikt wordt. Het aanpassen van een aardgaspijpleiding om deze geschikt te maken voor waterstof bedraagt slechts 5-10% van de kosten om een nieuwe pijplijn aan te leggen [7]. Vertaald naar een ombouw van de BBL-gaspijplijn zou het om een investering gaan van 25-50 miljoen Euro voor een energietransportcapaciteit van 15 GW. Het transport van een zekere hoeveelheid energie met waterstof via een omgebouwde aardgaspijpleiding is daarmee 100-200 maal goedkoper dan elektriciteitstransport via een nieuw te trekken elektriciteitskabel. Uiteraard moeten ook de kosten van waterstofproductie op zee in plaats van op land in de afweging meegenomen worden. En naast de selectie van de beste transportvorm, moet uiteraard naar de totale kostenopbouw van de waterstofprijs gekeken worden: de elektriciteitsproductie, de omzetting (met energieverliezen) in de elektrolyser (op zee of aan land), de compressie, de mogelijke opslag en het transport. Maar de boodschap is hier, dat wanneer de productie van offshore-windelectriciteit goedkoper wordt en verder weg op zee gaat plaatsvinden, de waterstofroute interessanter wordt – waarbij het verschil in transportkosten dan bovendien sterker doortelt.

Het transport van een zekere hoeveelheid energie met waterstof via een omgebouwde aardgaspijpleiding is 100-200 maal goedkoper dan elektriciteitstransport via een nieuw te trekken elektriciteitskabel.

Voor de ruimtelijke planning van energieproductie op de Noordzee is het daarom belangrijk rekening te houden met de ligging van de bestaande gasleidingen (figuur 7).

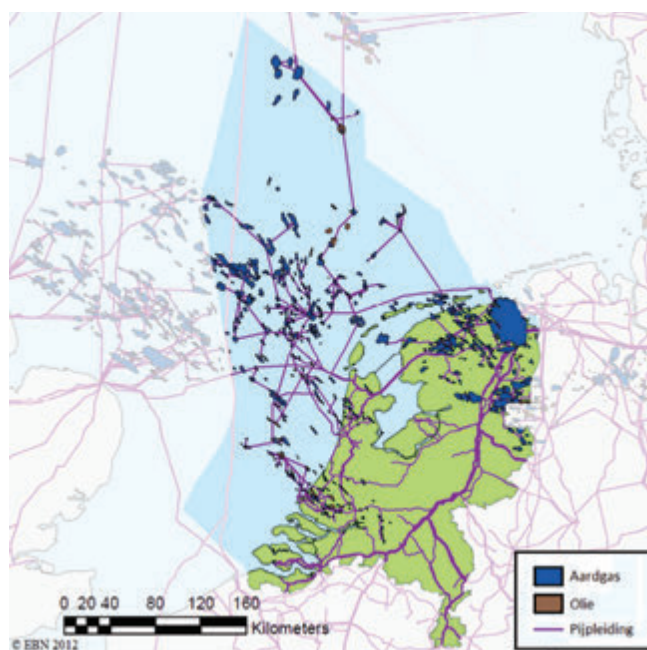


FIG. 7 Aardgaspijpleidingen op het Nederlandse deel van de Noordzee. Bron: EBN, 2012 [35].

#### DE PRIJS VAN WATERSTOF UIT DE WOESTIJN

Rekenend met 1 €/kWh voor zonne-elektriciteit in de 'solar belt' en een elektrolyserprijs van 350 €/kW kan waterstof – voor compressie/koeling en transport – op termijn voor een prijs van minder dan 1 €/kg geproduceerd worden. Van Wijk et al. [51] rekenen voor dat wanneer vanuit die waterstof in Nederland weer elektriciteit gemaakt wordt (met een brandstofcel) de elektriciteitsprijs vergelijkbaar is met die van een eigen zonnepaneel op het dak. Daarbij wordt uiteraard rekening gehouden met de energieverliezen in de keten, het vloeibaar maken van waterstof voor transport en de transportkosten zelf (figuur 8).

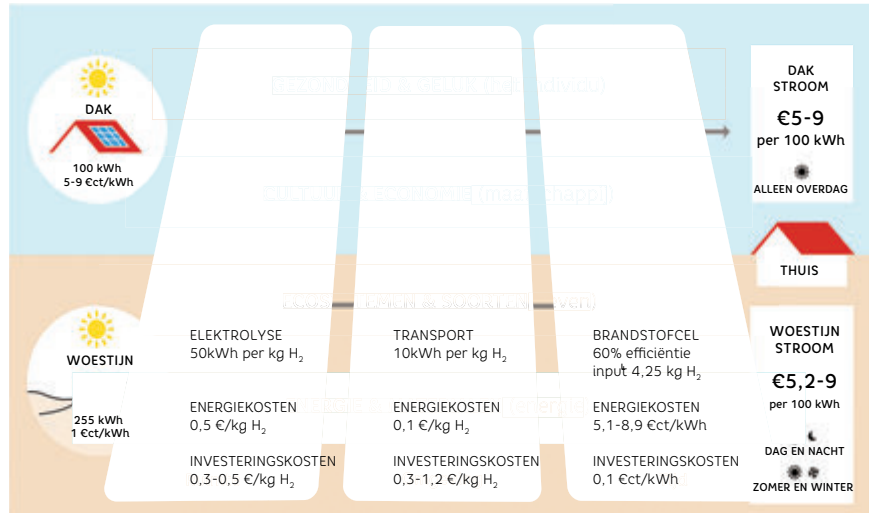


FIG. 8 Prijsvergelijking van in Nederland met zon-PV opgewekte elektriciteit en elektriciteit uit waterstof geproduceerd in de "solar belt". Bron: van Wijk et al., 2017 [4].

Een belangrijk voordeel van elektriciteit uit waterstof is dat deze altijd beschikbaar is – dag en nacht en in ieder seizoen.

Waterstof uit de grote productiegebieden, of waterstof die in tijden van overschotten aan wind- of zonne-energie (lage elektriciteitsprijzen) dichterbij geproduceerd wordt, is daarom zeker ook aantrekkelijk om op grote schaal energie te bufferen voor de momenten dat wind- en zonne-energie onvoldoende voorhanden zijn.

#### WATERSTROFTRANSPORT IN NEDERLAND

DNV-GL heeft samen met Gasunie Transport Services onderzocht in hoeverre de bestaande hogedrukgasinfrastructuur in Nederland ingezet zou kunnen worden voor waterstoftransport. Uiteraard zijn er aandachtspunten, maar op hoofdlijnen is de conclusie dat dit goed mogelijk is [6]. Waterstof (afkomstig van offshore-windparken, of van import met schepen uit andere productiegebieden) kan dus in beginsel in het Noorden van Nederland ingevoerd worden in een omgebouwd aardgasleidingennet voor transport door Nederland. Aanvoer en/of productie in Rotterdam kan de huidige 'grijze' waterstofproductie aldaar uit aardgas van 8-10 miljard m<sup>3</sup> per jaar vervangen en zulke 'industriële waterstof' kan ingevoerd worden in het bestaande waterstofpijpleidingsstelsel naar Antwerpen en Noord-Frankrijk. Ook kan gedacht worden aan omzetting in het Haven Industrieel Complex naar producten als ethyleen of methanol voor transport (met pijpleidingen) richting het Ruhrgebied enzovoort, of het inrichten van centrale back-upfaciliteiten voor elektriciteitsproductie met (ingevoerde/opgeslagen) waterstof.

Met de sterke wens om de Groningse gasvelden zo snel mogelijk buiten gebruik te stellen, is in Nederland de vraag urgent geworden hoe we de bebouwde omgeving 'van aardgas los' maken. Voor velen is daarbij het beeld dat warmtepompen in onze toekomstige warmtevraag gaan voorzien, dan wel dat warmtenetwerken restwarmte (vanuit vuilverbranding of van de industrie) of geothermische warmte distribueren. De laatste opties vragen uiteraard de aanwezigheid van warmtebronnen op niet te grote afstand van de vraagzijde, en de beschikbaarheid/aanleg van warmtenetwerken. Gasleidingen zijn dan niet meer nodig. Zwaar geïsoleerde nieuwbouwwoningen kunnen al prima met warmtepompen worden uitgerust. Maar een belangrijk deel van de bebouwde omgeving in 2050 staat er nu al – vaak wordt gerekend met 80%. Als we bestaande woningen en andere gebouwen van een warmtepomp willen voorzien, moeten we (zwaar) gaan isoleren, anders wordt de elektriciteitsrekening te hoog. Op dit moment is in het Stroomversnellingsprogramma het streefbedrag € 60.000 om een rijtjeshuis om te bouwen naar een 'Nul-Op-de-Meterwoning' (zonnepanelen leveren dan jaarrond de benodigde elektriciteit), al lagen in recente pilots de prijzen nog € 20.000 hoger [36]. Volgens Urgenda kunnen deze kosten naar zo'n € 35.000 zakken [37], maar het blijft een groot bedrag bij een jaarlijkse energierekening voor een gemiddeld gezin van rond de € 2.000. Hoe gaan we dit soort investeringen financieren, met een opgave van 1.000 woningen per werkdag als we vandaag starten, tot 2050?

Met de sterke wens om de Groningse gasvelden zo snel mogelijk buiten gebruik te stellen, is in Nederland de vraag urgent geworden hoe we de bebouwde omgeving 'van-aardgas-los' maken.

Daarbij zal de grootschalige introductie van warmtepompen om een verzwaring van het elektriciteitsnet vragen. Met name de ochtendvraag naar elektriciteit (voor douchewater) zal zeer groot worden (als de zon nog nauwelijks schijnt). Verder is voor de verwarming van de gebouwen in de winter veel energie nodig, zie figuur 3, waar zonnepanelen op het dak nauwelijks aan bij kunnen dragen. Dit vraagt dus om (seizoens)opslag van veel energie om voldoende winterse leveringszekerheid te bieden. Praktisch gesproken zal ook hier veel waterstof voor nodig zijn, die deels uit de overproductie van zonne-energie in de zomermaanden gemaakt zou kunnen worden. Vanuit een beeld dat waterstof in grote hoeveelheden beschikbaar zal komen voor een duurzame energievoorziening, is een interessante vraag in hoeverre we ook de bebouwde omgeving van een duurzaam gas kunnen gaan voorzien, en we wellicht wat voorzichtig moeten zijn met het ontmantelen van onze gasinfrastructuur. Bij verduurzaming van het gasaanbod is het van belang dat op de kortere termijn bestaande apparatuur daarmee kan werken (CV-installaties en gaskookplaten/-fornuizen). Op de langere termijn kunnen andere conversiesystemen hun intrede gaan doen, zoals in huis geplaatste brandstofcellen, die simultaan warmte en elektriciteit produceren, of hybride warmtepompen, die normaliter draaien op elektriciteit en (bijvoorbeeld) waterstof vragen voor de piekmomenten.

Logisch is dan bij dat gasaanbod aan duurzaam geproduceerd methaan ( $\text{CH}_4$ ) te denken – het hoofdbestanddeel van aardgas. Dat zou immers de kleinste consequenties hebben voor de aanpassing van infrastructuren en apparatuur achter de voordeur. Methaan is te maken uit waterstof, onder toevoeging van het C-atoom, maar – als bovenstaand al aangegeven – een belangrijk tegenargument is dat we niet te royaal om moeten springen met de toekomstige inzet van koolstof voor energievoorzieningen, waarbij dat atoom niet echt nodig is. Daarbij speelt dat eventuele methaanverliezen in de keten een broeikasgaseffect hebben. Zie ook voetnoot 1. Hoewel deze optie – al of niet in een overgangssituatie – niet uitgesloten moet worden, is het interessant na te gaan in hoeverre het mogelijk is met waterstof alleen in de warmtevraag van onze gebouwen te voorzien.

### Het H21-project in Leeds

In Leeds draait in dat verband het interessante H21-project: men wil de hele stad (600.000 inwoners) in 2026 omgezet hebben op waterstof. Een belangrijke drijfveer is dat een omschakeling naar waterstof slechts kleine aanpassingen ‘achter de voordeur’ vraagt – de branders van het kooktoestel en de verwarmingsketel moeten vervangen worden – eenzelfde soort omschakeling als die we in Nederland kennen uit de jaren ‘60 van de vorige eeuw, toen we zijn omgeschakeld van stadsgas naar aardgas.

De hoofdconclusies uit de studie naar de overschakeling van aardgas naar waterstof in Leeds, waren de volgende [38]:

- Het gasnetwerk heeft de juiste capaciteit voor een conversie naar 100% waterstof.
- Het gasnetwerk kan stap voor stap worden omgebouwd naar waterstof, met minimale impact voor bewoners.
- De gemiddelde kosten voor aanpassingen achter de voordeur (arbeid en materialen) worden geraamd op € 3.500 per woning.
- De totale omschakeling naar waterstof heeft een minimale impact op de gasrekening voor bewoners.
- Er is maar zeer beperkt nieuwe infrastructuur nodig, in vergelijking met de alternatieven.
- De bestaande warmtevraag kan worden gedekt door waterstof geproduceerd uit aardgas via stoommethaanomvorming, waarbij de  $\text{CO}_2$  wordt opgeslagen in lege gasvelden op de Noordzee.
- Seizoensopslag kan worden gemanaged via waterstofopslag in de daar aanwezige ondergrondse zoutkoepels.
- Alle benodigde technologie bestaat al en is bewezen en beproefd.

Het verdient zeker aanbeveling om voor Nederland ook te onderzoeken welke rol waterstof kan spelen in de overgang naar een duurzame energievoorziening voor de bebouwde omgeving. Niet alleen in de stad (zeker voor de oude binnensteden), maar ook voor het platteland en kleinere dorpen lijkt waterstof een aantrekkelijk en een relatief snel te realiseren alternatief voor en/of aanvulling op andere transitiemaatregelen.

## WATERSTOF VOOR HET LICHTE WEGVERVOER?

Het is niet onwaarschijnlijk dat waterstofauto's een belangrijke rol zullen gaan krijgen bij de verduurzaming van de vervoerssector – al loopt de ontwikkeling daarvan nog achter bij die van elektrisch vervoer. Vooraanstaande autoproducenten uit de VS, Europa en Azië hebben zich verenigd in de eerdergenoemde Hydrogen Council, om deze ontwikkelingen mee aan te jagen. Japan ziet zichzelf als het land dat als eerste een waterstofeconomie zal ontwikkelen, en heeft onder meer de ambitie om in 2030 800.000 FCEV's (Fuel Cell Electric Vehicles) op de weg te hebben [39]. Het Amerikaanse Department Of Energy heeft als prognose dat in 2040 FCEV's een lagere kilometerprijs zullen hebben dan BEV's (Battery Electric Vehicles) [40] en voor de consument zijn daarbij korte tanktijden en grote actieradii aantrekkelijk. Ook vragen FCEV's minder materiaalgebruik dan BEV's (vanwege de veel kleinere batterijpakketten). Kiyotaka Ise, hoofd advanced R&D van Toyota, stelt in de pers dat brandstofcelauto's als de 'ultieme eco-car' gezien moeten worden [41].

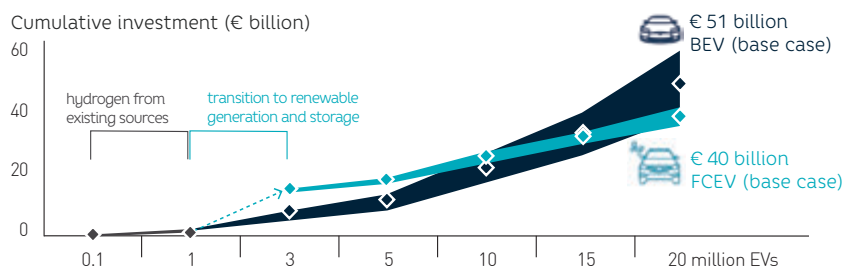


FIG. 9 Kostenprognose van een waterstof vs. elektrische vul-/laadinfrastructuur in Duitsland, als functie van de omvang van het te bedienen wagenpark [42].

De potentiële doorbraak van FCEV's moet dus serieus genomen worden, wat uiteraard grote consequenties heeft voor het denken over de stedelijke inrichting met meer of minder elektrische laadpunten. Het onderzoeksinstituut Jülich heeft voor Duitsland becijferd dat bij een omvang van 20 miljoen auto's, de uitrol van een waterstofinfrastructuur goedkoper is dan een nationale dekking met elektrische laadpunten, zie figuur 9 [42]. Een belangrijk aspect daarbij is dat één waterstofvulpunt veel meer auto's per dag kan bedienen dan één elektrisch laadpunt. Of zulke conclusies ook getrokken mogen worden voor Nederland, met een kleiner wagenpark (ca. 7 miljoen personenauto's), is een interessante vraag. Maar ook hier geldt dat we voorzichtig moeten zijn met gangbare beelden. "Elektriciteit is overal, voor waterstof moet nog een complete infrastructuur worden uitgerold". Het is waar, maar dat impliceert niet dat de elektrische optie op termijn de beste, goedkoopste is.

## DE AUTO ALS ELEKTRICITEITSCENTRALE

Overigens heeft de eventuele komst van (veel) waterstofvoertuigen veel meer consequenties dan alleen de vraag hoe er voldoende elektrische laadpunten gerealiseerd kunnen worden – in het geval batterij-elektrische voertuigen toch dominant zouden worden. Als we rekenen met 7 miljoen BEV's, die ieder jaarlijks 15.000 km afleggen en 1 kWh aan elektriciteit voor 5 km rijafstand nodig hebben, is daarvoor een kleine 100 PJ/jaar aan elektriciteit nodig, die – gezien de lange laadtijden – hoofdzakelijk in de bebouwde omgeving aan de voertuigen geleverd zal gaan worden. Dat is de helft van de hoeveelheid elektriciteit die nu naar de bebouwde omgeving gaat. 's Nachts opladen zal meer regel dan uitzondering worden en dan schijnt de zon niet, dus die elektriciteit moet buiten de steden worden opgewekt en met elektriciteitsleidingen naar de stad stromen. En merk op dat bij te weinig windenergieaanbod 's nachts opgeslagen energie omgezet moet worden in elektriciteit om in de vraag te voorzien. Als die energieopslag met waterstof plaatsvindt, worden auto's indirect dus toch 'met waterstof opgeladen'.

Bij waterstofaangedrevenvoertuigen kan de waterstof op traditionele wijze bij tankstations worden ingenomen – en auto's vervoeren dan energie in de vorm van waterstof van buiten naar binnen de stad. In tijden van elektriciteitsschaarste kunnen die auto's dan zelfs elektriciteit aan de gebouwen gaan leveren. Bij de TU Delft wordt dit gedemonstreerd met een Hyundai waterstofauto. De brandstofcel van de geparkeerde auto levert via een kabel elektriciteit aan een lokaal netwerk. Eén enkele auto kan op die manier tientallen huizen enkele uren van elektriciteit voorzien [12]. Parkeergarages kunnen een serieuze hoeveelheid back-upvermogen leveren voor elektriciteitsleveranciers, die dan niet in eigen assets voor elektrisch back-upvermogen hoeven te investeren. Ze betalen een vergoeding aan de autobezitter voor iedere geleverde kWh.

In tijden van elektriciteitsschaarste kunnen  
die auto's dan zelfs elektriciteit aan  
de gebouwen gaan leveren.

Het is interessant om ons te realiseren dat wanneer de verkoop van waterstofauto's goed van de grond is gekomen, daar snel veel (back-up) elektriciteitsproductievermogen mee kan worden gerealiseerd. In 2017 werden in Nederland een kleine 420.000 nieuwe auto's verkocht [43]. Indien al deze auto's FCEV's zijn, met een 100 kW brandstofcel aan boord, dan hebben die auto's tezamen zo'n 42.000 MW aan elektriciteitsproductievermogen. Dat is ongeveer tweemaal het huidige totaal opgestelde elektriciteitsproductievermogen in Nederland [31,12].



## CONCLUSIE

Het denken in termen van de 'combo' waterstof/elektriciteit geeft structuur en samenhang bij het zoeken naar oplossingsrichtingen voor de nog grote vragen rond de energietransitie. Bijpassende beelden voor de transitie van de vervoerssector, de bebouwde omgeving, de industrie en energieopslag beginnen hun ingang te vinden, maar vergen nog de nodige aandacht. Het is vooral de kunst vanuit een integraal kader naar de oplossingsrichtingen te kijken – en 'no regret' (infrastructurele) investeringen te identificeren die al op korte termijn genomen zullen moeten worden.

Als er bijvoorbeeld vertrouwen komt in het ombouwen van de aardgasinfrastructuur naar waterstof, met bijbehorende opslag in onder meer zoutkoepels, heeft dat uiteraard vergaande consequenties voor vragen rond de back-up van elektriciteitsvoorziening, de ombouw van de bebouwde omgeving en de vervoerssector.

Het is vooral de kunst vanuit een integraal kader naar de oplossingsrichtingen te kijken – en 'no regret' (infrastructurele) investeringen te identificeren die al op korte termijn genomen zullen moeten worden.

De internationale context (goedkope energieproductie in wind- en zonnrijke gebieden, gevolgd door energietransport in de vorm van waterstof over zee) met haar economische consequenties voor havenactiviteiten, werkgelegenheid enzovoort, dient daarbij een belangrijke rol te hebben – ook al staat dat soms haaks op het 'decentrale energiedenken'. De enorme omvang van onze noordwest Europese energiebehoefte zal om importen blijven vragen – en de vorm waarin dat 'over ons heen zal komen', zal verstrekkende gevolgen hebben voor de inrichting van een duurzame energievoorziening en economie.

## Referenties

- [1] Hydrogen Council. How hydrogen empowers the energy transition, Jan 2017.  
<http://hydrogeneurope.eu/wp-content/uploads/2017/01/20170109-HYDROGEN-COUNCIL-Vision-document-FINAL-HR.pdf>
- [2] Sunita Satyapal. Hydrogen and Fuel Cells: Progress and Opportunities Ontario, Hydrail Symposium, Canada – November 16, 2017.  
[https://energy.gov/sites/prod/files/2017/12/t46/fcto\\_h2\\_fc\\_progress\\_opps\\_satyapal\\_hydrail\\_sym\\_nov17.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/12/t46/fcto_h2_fc_progress_opps_satyapal_hydrail_sym_nov17.pdf)
- [3] Hydrogen Council, Hydrogen Scaling Up, a sustainable pathway for the global energy transition, November 2017. [http://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-Scaling-up-Hydrogen-Council\\_2017.compressed.pdf](http://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-Scaling-up-Hydrogen-Council_2017.compressed.pdf)
- [4] Jörg Gígler, Marcel Weeda. Contouren van een Routekaart Waterstof, Topsector Energie, TKI Nieuw Gas, Maart 2018.
- [5] Ad van Wijk, Els van der Roest, Jos Boere. Solar power to the people. Allied Waters, Nov. 2017.  
<https://www.kwrwater.nl/wp-content/uploads/2017/11/Solar-Power-to-the-People-NL.pdf>
- [6] DNV-GL. Verkenning waterstofinfrastructuur. Report nr. OGNL.151886, rev. 2, nov. 2017.  
[https://topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/DNVGL%20rapport%20verkenning%20waterstofinfrastructuur\\_rev2.pdf](https://topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/DNVGL%20rapport%20verkenning%20waterstofinfrastructuur_rev2.pdf)
- [7] Northern Netherlands Innovation Board, principle author Ad van Wijk The Green Hydrogen Economy in the Northern Netherlands, 2017.  
[http://verslag.noordelijkeininnovationboard.nl/uploads/bestanden/dbf7757e-cabc-5dd6-9e97-16165b653dad/3008272975/NIB-Hydrogen-Full\\_report.pdf](http://verslag.noordelijkeininnovationboard.nl/uploads/bestanden/dbf7757e-cabc-5dd6-9e97-16165b653dad/3008272975/NIB-Hydrogen-Full_report.pdf)
- [8] Mark Crowther, Georgina Orr, James Thomas, Guy Stephens, Iain Summerfield . Energy Storage Component Research & Feasibility, Utility Scheme HyHouse, Safety Issues Surrounding Hydrogen as an Energy Storage Vector, KIWA, 2015.
- [9] Onderzoeksraad voor de Veiligheid. Koolmonoxide – onderschat en onbegrepen gevaar. Nov. 2015.  
<https://www.onderzoeksraad.nl/nl/onderzoek/2040/koolmonoxide-onderschat-en-onbegrepen-gevaar>
- [10] IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- [11] Kater Larsen, Michael Delgado and Peter Marsters. Untapped potential : Reducing Global Methan Emissions from Oil and Natural Gas systems, Rhodium Group, April 2015, 27 pp.  
<https://rhg.com/research/untapped-potential-reducing-global-methane-emissions-from-oil-and-natural-gas-systems/>
- [12] Ad van Wijk en Leendert Verhoef. Our Car as Powerplant. IOS press, 2014, 108 pp.  
<http://www.profadvanwijk.com/wp-content/uploads/2014/02/our-car-as-power-plant-ad-van-wijk.pdf>
- [13] CBS, Statline, 23 maart 2018.  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83140NED/table?ts=1523353931286>
- [14] A. Gillhaus. Natural gas storage in salt caverns – Present status, developments and future trends in Europe, 2007.  
[http://www.innovativeenergy.com.au/saltcavern/Europe salt caverns.pdf](http://www.innovativeenergy.com.au/saltcavern/Europe%20salt%20caverns.pdf)
- [15] Hyunder. Assessment of the potential, the actors and relevant business cases for large scale and long term storage of renewable electricity by hydrogen underground storage in Europe. June 2014.  
[http://hyunder.eu/wp-content/uploads/2016/01/D8.1\\_HyUnder-Executive-Summary.pdf](http://hyunder.eu/wp-content/uploads/2016/01/D8.1_HyUnder-Executive-Summary.pdf)
- [16] Ulco Vermeulen, member Executive Board Gasunie, Turning a hydrogen economy into reality, presentation at 28<sup>th</sup> meeting Steering committee IPHE, the Hague, 21 November 2017.
- [17] Jamie Speirs, Paul Balcombe, Erin Johnson, Jeanne Martin, Nigel Brandon and Adam Hawkes. A Greener gas grid – what are the options. Sustainable Gas Institute, Imperial College London, July 2017.  
<http://www.sustainablegasinstitute.org/wp-content/uploads/2017/06/SGI-A-greener-gas-grid-what-are-the-options-WP3.pdf?noredirect=1>
- [18] <https://www.deingenieur.nl/artikel/nu-on-gaat-waterstof-in-gascentrale-onderzoeken>
- [19] <http://energiein nederland.nl/bronnen>
- [20] Marijke Menkveld, Robin Matton, Reinoud Seegers, Jurrien Vroom en Anne Miek Kremer. Monitoring Warmte 2015. ECN, CBS, April 2017.  
<https://www.cbs.nl/nl-nl/publicatie/2017/15/monitoring-warmte-2015>
- [21] World Energy Council, The Netherlands. Bringing North Sea Energy Ashore Efficiently. 2017.  
[https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2018/01/WEC-brochure\\_Online-offshore.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2018/01/WEC-brochure_Online-offshore.pdf)
- [22] <https://www.reuters.com/article/saudi-solar-bids/uaes-masdar-edf-energies-lead-bidding-for-saudi-solar-plant-idUSL8N1ME37X>
- [23] <https://www.statkraft.com/media/press-releases/2018/first-spanish-subsidy-free-solar-park/>
- [24] Bloomberg New Energy Finance. Global wind and solar costs to fall even faster, while coal fades even in China and India, June 15, 2017.  
<https://about.bnef.com/blog/global-wind-solar-costs-fall-even-faster-coal-fades-even-china-india/>
- [25] <https://www.deingenieur.nl/artikel/vattenfall-bouwt-windpark-zonder-subsidie>
- [26] <http://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017>

- [27] Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. Global trends in renewable energy investment 2017– Key Findings. 2017. [http://fs-uneep-centre.org/sites/default/files/attachments/gtr\\_2017\\_-\\_key\\_findings.pdf](http://fs-uneep-centre.org/sites/default/files/attachments/gtr_2017_-_key_findings.pdf)
- [28] [http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/P2H\\_Full\\_Study\\_FCHJU.pdf](http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/P2H_Full_Study_FCHJU.pdf) en persoonlijke communicatie met Bart Biebuyck, directeur FCHJU, 3 april 2018
- [29] Ryan Wiser, Mark Bollinger. US Department of Energy, 2016 Wind Technologies Market Report, Aug. 2017. [https://emp.lbl.gov/sites/default/files/2016\\_wind\\_technologies\\_market\\_report\\_final\\_optimized.pdf](https://emp.lbl.gov/sites/default/files/2016_wind_technologies_market_report_final_optimized.pdf)
- [30] [http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/study%20electrolyser\\_0-Logos\\_0\\_0.pdf](http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/study%20electrolyser_0-Logos_0_0.pdf)
- [31] V. Oldenbroek, L.A. Verhoef, A.J.M. van Wijk, Fuel cell electric vehicle as power plant: fully renewable integrated transport and energy system design and analysis for smart city areas, *Int. J. Hydrogen Energy*, pp. 1-31, 2017.
- [32] <https://www.nrel.gov/news/press/2017/nrel-report-utility-scale-solar-pv-system-cost-fell-last-year.html>
- [33] <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/doe-technical-targets-fuel-cell-systems-and-stacks-transportation-application>
- [34] Adria Wilson, Jason Marcinkoski, and Dimitrios Papageorgopoulos. Fuel Cell System Cost – 2016, DOE Hydrogen and Fuel Cells Program Record # 16020, Nov 2016. [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16020\\_fuel\\_cell\\_system\\_cost\\_2016.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16020_fuel_cell_system_cost_2016.pdf)
- [35] <http://aardgas-in-nederland.nl/nederland-aardgasland/nederlands-aardgas/>
- [36] Rigo. Monitoring Energiesprong – kosten van verduurzaming woningen. 12 sept. 2017. <https://www.rigo.nl/wp-content/uploads/2017/11/kosten-verduurzaming.pdf>
- [37] Marjan Minnesma. Nederland 100% op duurzame energie in 2030, het kan als je het wilt, Urgenda, Amsterdam, Juni 2017. <http://www.urgenda.nl/visie/rapport-2030/>
- [38] Northern Gas Networks et al. H21 Leeds City Gate, July 2016. <https://www.northerngasnetworks.co.uk/wp-content/uploads/2017/04/H21-Report-Interactive-PDF-July-2016.compressed.pdf>
- [39] <http://hydrogen-navi.jp/en/significance/index.html>
- [40] Tien Nguyen and Jake Ward. Life-Cycle Costs of Mid-Size Light-Duty Vehicles. US Department of Energy, record nr. 16009, May 27 , 2016. [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16009\\_life-cycle\\_costs\\_midsize\\_ldv.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/16009_life-cycle_costs_midsize_ldv.pdf)
- [41] <https://www.topgear.com/car-news/tokyo-motor-show/toyota-hydrogen-fuel-cells-are-ultimate-eco-car>
- [42] Martin Robinius, Jochen Linßen, et al. Comparative Analysis of Infrastructures: Hydrogen Fueling and Electric Charging of Vehicles. *Energie & Umwelt /Energy & Environment Band/Volume 408*, ISBN 978-3-95806-295-5. 2018. [http://h2-mobility.de/wp-content/uploads/2018/01/Energie-und-Umwelt\\_408\\_Robinius-final.pdf](http://h2-mobility.de/wp-content/uploads/2018/01/Energie-und-Umwelt_408_Robinius-final.pdf)
- [43] <https://www.autoweek.nl/verkoopcijfers/2017/>

“Om materialen identiteit te geven of om in de woorden van Lucebert te spreken, ze aanraakbaar te maken, hebben we data nodig.”

# DATA ALS SUCCESSFACITOR

## VOOR CIRCULARITEIT

KEES WISSE & JAAP DIJKGRAAF

### OVER DR. IR. C.J. WISSE (KEES) - DWA

Energie, installaties en duurzaamheid binnen de gebouwde omgeving vormen het werkgebied van dr. ir. Kees Wisse. Hij helpt het vakgebied graag een stap verder door de ontwikkeling van nieuwe technieken en de ontwikkeling van toekomstvisies. Binnen de context van een adviesbureau als DWA betekent dat: de wereld van morgen vertalen naar datgene wat nu al mogelijk is. Momenteel betreft dat het toepasbaar maken van 'machine learning' voor de installatiesector. In de bijdrage voor dit boek legt hij samen met Jaap Dijkgraaf de verbinding tussen data en circulariteit.

### OVER ING J.C. DIJKGRAAF (JAAP) - DWA

Sinds 1996 is Ing. Jaap Dijkgraaf verbonden aan DWA, waarvan de laatste tien jaar als partner/algemeen directeur. Zijn persoonlijke missie is 'het vergroten van de veerkracht en efficiëntie van onze leefomgeving', oftewel 'op weg naar een eco-sociaal bewustzijn'. Momenteel houdt hij zich, naast talent- en organisatieontwikkeling, intensief bezig met gezonde gebouwen en digitalisering van het gebouwontwerp, waarbij moderne simulatietools en machine learning worden ingezet. Omdat IT en IOT veel kunnen betekenen in het verduurzamen van onze gebouwde omgeving, zoeken Kees Wisse en Jaap Dijkgraaf in hun bijdrage naar de verbinding tussen data en circulariteit.





# DATA ALS SUCCESSFACOR

## VOOR CIRCULARITEIT

KEES WISSE & JAAP DIJKGRAAF

*Alles van waarde is weerloos  
en wordt van aanraakbaarheid rijk*

*Lucebert*

Data en circulariteit lijkt in eerste instantie een onverwachte combinatie. Wat hebben die twee onderwerpen met elkaar te maken, afgezien van het feit dat ze momenteel allebei warme belangstelling genieten, zelfs een beetje een hype zijn? Als je even verder denkt, dan blijken ze echter heel veel met elkaar te maken te hebben. Zelfs zoveel dat we durven zeggen: gebruik van data is een sleutelfactor voor het daadwerkelijk handen en voeten geven aan circulariteit. We maken dit duidelijk aan de hand van een aantal voorbeelden. Deze voorbeelden zijn op te vatten als de uitkomst van denkoefeningen bij NL Circulair in 2050. De 'data-bril' helpt daarbij om het vraagstuk van circulariteit op een nieuwe manier te doordenken en de toch wel zeer ingrijpende consequenties op een verrassende manier op het spoor te komen. De uitkomst van deze denkoefeningen is niet zozeer als 'toekomstprofetie' bedoeld, veel meer als agenda om aan te werken. We zijn daarbij niet volledig, maar sluiten aan bij ons dagelijkse werkveld bij DWA: de gebouwde omgeving met een sterke focus op het datagedreven ontwerpen van duurzame gebouwen.





FIG. 1 Verkoop van materialen bij renovatie Stadhuistoren Eindhoven.

#### CIRCULARITEIT EN MATERIALEN: HET DIGITALE GEBOUW ALS GOUDMIJN

Het belang van data bij circulariteit van materialen blijkt al als je de recente ontwikkelingen in de gaten houdt. Bijvoorbeeld de oprichting van Madaster, dat een platform wil zijn dat fungeert als een publieke, online bibliotheek van materialen in de gebouwde omgeving. Zoals oprichter Thomas Rau het verwoordt: afval is materiaal zonder identiteit<sup>1</sup>. Om materialen identiteit te geven of om in de woorden van Lucebert te spreken, ze aanraakbaar te maken, hebben we data nodig. Om dingen aan te kunnen raken, moeten ze gekend worden, we moeten er weer 'weet van hebben'. In een circulair kader krijgt er opeens heel veel waarde in een gebouw: deuren, vloertegels, radiatoren, elektraverdelers en nog veel meer. Data is de (nog ontbrekende) rode draad in de ervaringsverhalen van nu over circulariteit. Voor één van onze projecten, de renovatie van de Stadhuistoren in Eindhoven, is een marktplaats ingericht waarop allerlei materialen te koop zijn gezet (zie Figuur 1 Verkoop van materialen bij renovatie Stadhuistoren Eindhoven.).

Dat is een mooi begin, een eerste oefening. Maar wat zou het mooi zijn als je in één digitaal model alle componenten al beschikbaar zou hebben, waarbij het slechts één klik zou betekenen om de circulaire waarde ervan te bepalen en ze vervolgens te kunnen verhandelen met direct inzicht in de specificaties. Eigenlijk betekent dit het volgende voor onze agenda: alle gebouwen worden in de toekomst

<sup>1</sup>  
<https://www.madaster.com/nl>

standaard opgeleverd, inclusief een digitaal gebouwmodel waarin de waarde van alle componenten wordt vastgelegd, zodanig dat het 'circulair verhandelbaar is'. Er wordt veel gesproken over Building Information Models (BIM) tijdens de ontwerpfase, maar circulair exploiteren is de ultieme toekomst van BIM tijdens de lifecycle van duurzame gebouwen. Zonder data mining geen urban mining!

#### GEBRUIK IN PLAATS VAN BEZIT

Gebruik in plaats van bezit is ook een concept dat vaak voorkomt in gedachtegoed met betrekking tot circulariteit van materialen. Een van de zinnen uit de inleiding van dit boek luidt bijvoorbeeld: "De investeringen die gedaan worden om materialen beter te kunnen recyclen, zullen worden beschermd door andere businessmodellen waarin eigendom van deze materialen behouden blijft bij diegene die ze weer nodig heeft om er nieuwe producten van te kunnen maken". Maar als ingenieurs denken we natuurlijk ook heel praktisch: hoe onthoud je eigenlijk waar alles blijft? En van wie is alles en hoe betaal je daarvoor? Hoe leg je dat allemaal vast? Impliciet zeg je eigenlijk: data is een cruciale succesfactor, de 'enabler' in een concept waar gebruik centraal staat in plaats van bezit.

Data is een cruciale succesfactor, de  
'enabler' in een concept waar gebruik  
centraal staat in plaats van bezit.

Om bij het installatievak te blijven: pay per use is een concept dat nu al voor liften in opkomst is, light as a service wordt ook steeds meer gangbaar. Maar het is natuurlijk ook denkbaar voor andere subsystemen, zoals luchtbehandelingskasten, warmtepompen en PV-systemen. Als illustratie voor de noodzaak van het gebruik van data daarbij, doen we daarom de volgende denkoefening met de lift. De lift blijft eigendom van de leverancier – of een gedelegeerde partij – en dat wordt eenduidig in een dataplatform vastgelegd, ook als de leverancier wordt overgenomen of failliet gaat. De gebruiker betaalt enkel voor het gebruik. De lift staat continu in verbinding met een dataplatform, wordt steeds slimmer, zodanig dat het gebruik éénduidig verrekend kan worden, duidelijk is wanneer er onderhoud nodig is en wanneer het einde van de levenscyclus in beeld komt. Aan het einde van de contractperiode is op basis van data duidelijk of er sprake is van een bruikbare 'occasion' of dat dit exemplaar rijp is voor de grondstoffenhandel.

Een ander belangrijk punt bij de overgang van eigendom naar gebruik is het volgende: hoe zorg je ervoor dat er verantwoord wordt omgegaan met in dit geval letterlijk 'anderemans spullen'? Ook hier komt het gebruik van data weer om de hoek kijken. Uit de monitoringsdata blijkt of de lift niet overbelast wordt, tijdig onderhouden wordt en of het energiegebruik in de loop van de tijd niet overmatig wordt. De restwaarde aan het einde van de contractperiode wordt mede bepaald door de prestatie- en gebruikshistorie.

Als we het concept van bezit naar gebruik in uiterste consequentie doordenken, kunnen we de ideaalsituatie van een circulair gebouw zelfs ook zo voorstellen: als we over eigendom spreken, gaat dat enkel nog over het digitale gebouw. Alle fysieke componenten zijn eigendom van leveranciers of andere circulaire partijen met wie je contracten hebt afgesloten, leveranciers zijn mogelijk mede-eigenaar van het digitale model via hun eigen digitale productmodellen. Bij zo'n gezamenlijk eigendom is het dan natuurlijk wel van belang dat data éénduidig en verifieerbaar wordt vastgelegd. Toepassing van blockchaintechnologie ligt daarbij voor de hand, dit om de betrouwbaarheid van de data-infrastructuur veilig te stellen<sup>2</sup>. Wellicht ontstaat hier een nieuwe functie in de circulaire blockchain: de digitale notaris, of zelfs een 'circularis'. Deze persoon – of dit systeem – kan de waarde van componenten bepalen en garanderen op basis van het digitale model.

### GEBOUWEN ALS SMART AGENTS

Bij het thema circulariteit en energie spelen ook vraagstukken waarbij data een belangrijke rol in kan nemen. De toenemende populariteit van zon-PV in de gebouwde omgeving in combinatie met 'van-gas-los' richting all electric, zorgt voor een stevige belasting van het elektriciteitsnet. Om de netbelasting binnen de perken te houden en leveringszekerheid te kunnen garanderen, wordt vaak gesproken over smart grids. Eigenlijk is dat éézijdig, het zijn ook de afnemers, de aangesloten gebouwen die als smart agents zouden moeten optreden. De smart agents moeten iets nuttigs te vertellen hebben en op de juiste manier communiceren over vraag en aanbod et cetera. Compatibiliteit van data en energie is van groot belang. Om gebouwen voorspelbaar en beïnvloedbaar te laten worden, heb je data nodig in combinatie met kunstmatige intelligentie. Op dit moment zie je al de eerste pilots met data, algoritmes, elektrische auto's en blockchain ontstaan om ervoor te zorgen dat de netfrequentie op peil blijft<sup>3</sup>. Om werkelijk impact te maken, is het belangrijk dat de hele gebouwde omgeving hier een slag in maakt. Een 'Paris proof'-gebouw levert straks niet alleen een relevante hoeveelheid energie, maar ook een relevante kwaliteit van de energie.

In het ideaalplaatje van smart thermal grids  
voorspellen gebouwen hoeveel ze consumeren  
of produceren en met welke kwaliteit.

<sup>2</sup> Blockchain, how it works: <https://youtu.be/ID9KAnkZUjU>

<sup>3</sup> <https://www.tennet.eu/nl/nieuws/nieuws/tennet-opent-de-balanceringsmarkt-voor-batterijen-via-blockchain/>

Voor smart thermal grids geldt eigenlijk hetzelfde: het vraagt om smart agents. Warmtenetten zullen in stedelijke circulaire energiesystemen naar alle waarschijnlijkheid een belangrijke rol gaan spelen. De huidige gebouwen zijn echter niet bepaald smart te noemen, veel warmtenetten kampen daarom met veel aansluitingen die een lage kwaliteit terug aan het net geven. De gebouwen zijn niet compatibel met het distributienet. Opwekkingsinstallaties fungeren daarom niet goed, distributieverliezen zijn onnodig hoog en het uiteindelijke resultaat is dat businesscases verstoord worden. In het ideaalplaatje van smart thermal grids voorspellen gebouwen hoeveel ze consumeren of produceren en met welke kwaliteit, zodanig dat er gehandeld kan worden in warmte en koude. Smart agents zijn ook belangrijk voor gebruik van warmte en koude uit de bodem. Warmte- en koudeopslag in de bodem blijft naar verwachting een belangrijk concept in de toekomstige circulaire energievoorziening, maar het wordt wel druk in de ondergrond. Effectieve en slimme benutting van ondergrondse energieopslag is daarom belangrijk. Smart agents in collectieve systemen zorgen ervoor dat het ondergrondse ruimtebeslag wordt geminimaliseerd.

#### DATA VOOR EVIDENCE BASED DESIGN

We zijn deze bijdrage gestart met data voor hergebruik (re-use), we zijn ingegaan op data in de gebruiksfase (use), maar hoe zit het eigenlijk met de realisatiefase (make)? Ook daar speelt data een belangrijke rol. Het begint al bij het ontwerp, bij programma's van eisen. Uit data blijkt dat de gemiddelde bezettingsgraad van gewone kantoren rond de 45% ligt, die van flexkantoren rond de 59%<sup>4</sup>. Streefcijfers liggen vaak rond de 70% en die worden vertaald naar eisen voor het ontwerpen van gebouwen en installaties. In combinatie met conventionele ontwerpnormen leidt dat tot installaties die teveel aan capaciteit hebben.

De eerste stap in het circulaire gebruik van materialen is simpelweg: dingen niet te groot maken.

In de praktijk is een factor twee geen uitzondering. Gebouwen hebben meestal niet zo'n mooie versnellingsbak als een auto, dus teveel capaciteit zie je ook terug in een gebrek aan regelbaarheid. Met name voor duurzame opwekking leidt dat tot onvoldoende rendement. Bij aansluiting op warmtenetten leidt het tot de eerder genoemde slechte kwaliteit van teruglevering van de restwarmte aan het net. Evidence based design, waar we leren van data van soortgelijke gebouwen, gaat leiden tot accurate dimensionering. De eerste stap in het circulaire gebruik van materialen is simpelweg: dingen niet te groot maken.

---

<sup>4</sup>

<https://www.cfpb.nl/kennis/publicaties/het-gebruik-gemetten-bezettingsgraden-in-kantorenland/>



FIG. 2 Bij gezamenlijk eigendom is het van belang dat data over gebruik éénduidig en verifieerbaar worden vastgelegd.

#### DATA VOOR ZELFINSTRUCTIE

Het verduurzamen van de gebouwde omgeving is, naast een technologisch vraagstuk, ook een omvangrijk opschalingsvraagstuk. Tekort aan 'handjes' gaat hierbij zeker een knelpunt vormen. De rekensom van nog 8.000 dagen tot 2050 met 8 miljoen aan te pakken woningen is illustratief om het knelpunt duidelijk te maken<sup>5</sup>. Het resulterende aantal van 1.000 woningen per dag is indrukwekkend. En dan hebben we het nog niet eens over al die bedrijventerreinen met kantoren en bedrijfspanden in het lagere marktsegment, al die kaaspakhuizen op ons bedrijventerrein hier in Bodegraven. Voeg daarbij het percentage dat steeds de ronde blijft doen in de markt: 70% van de opgeleverde installaties functioneert niet goed<sup>6</sup>. Dat is geen rooskleurig toekomstbeeld voor al die datagedreven smart agents.

<sup>5</sup>  
Zie bijvoorbeeld Cobouw 26 januari

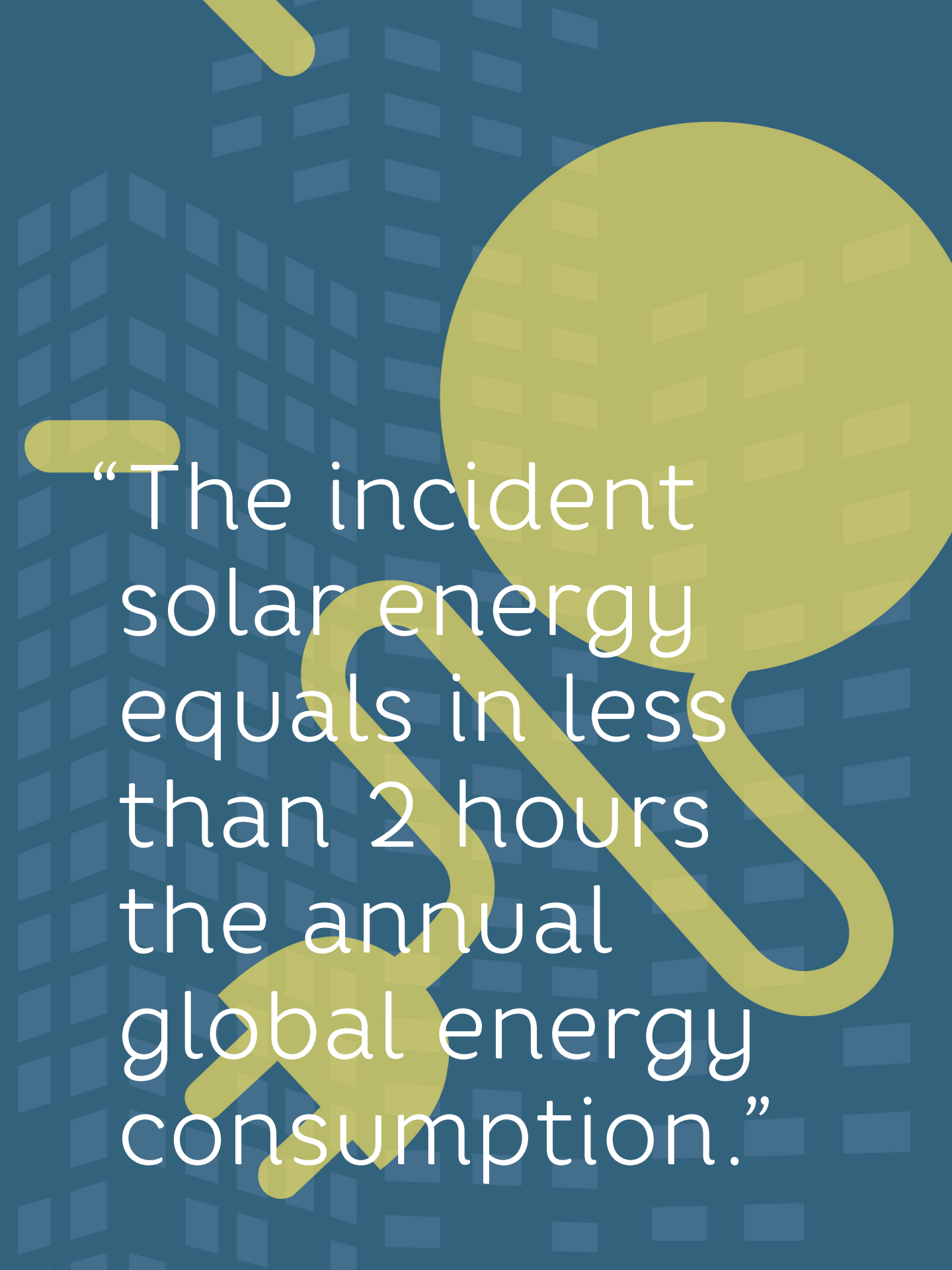
<sup>6</sup>  
Het percentage wordt vaak gebaseerd op een onderzoek uit 2005 [TNO].

Eigenlijk levert het doordenken van 'making' van al die circulaire gebouwen de meest knagende vragen op. Het is belangrijk die onder ogen te zien. Tegelijkertijd is doemdenken natuurlijk de meest makkelijke keuze. We denken liever in oplossingen en omdat de knelpunten op dit vlak aanzienlijk zijn, beperken we ons tot onze eigen datagerelateerde invloedssfeer. Denk bijvoorbeeld aan één van de basale problemen van die 70% van de installaties die het niet goed doen: het inregelen van de installaties. Dat is heel veel vervelend handwerk, maar inmiddels zijn er slimme schakelkleppen die het handmatige inregelen overbodig maken. Ook andere knelpunten van die 70%, zoals de omgekeerd gemonteerde kleppen, daar zien we perspectief voor augmented reality. Je ziet wat je moet doen, je krijgt direct feedback wanneer je het fout doet. Lukt het niet om genoeg mensen op te leiden? Dan gaan we ze helpen met digitale middelen voor zelfinstructie. Je hoeft het allemaal niet te begrijpen, doe simpel wat op je scherm staat. En als we het goed kunnen standaardiseren, kan ook een robot veel werk doen.

We denken liever in oplossingen en omdat de knelpunten op dit vlak aanzienlijk zijn, beperken we ons tot onze eigen datagerelateerde invloedssfeer.

#### CONCLUDEREND

De vraag naar Nederland Circulair in 2050 is een behoorlijk 'disruptive' vraagstuk. Niet alleen technologisch gezien, maar werkelijk alle bijbehorende processen vragen om een compleet andere benadering. Het digitale gebouwmodel als enig eigendom van een vastgoedpartij, het zal je maar gebeuren als er in 2018 nog heel veel stenen op je financiële balans staan. Maar gelukkig zijn er nog andere 'disruptive' ontwikkelingen, zoals big data, kunstmatige intelligentie en blockchain. In het gebruik daarvan ligt één van de sleutels voor Nederland Circulair in 2050.



“The incident solar energy equals in less than 2 hours the annual global energy consumption.”





SOLAR

ENERGY

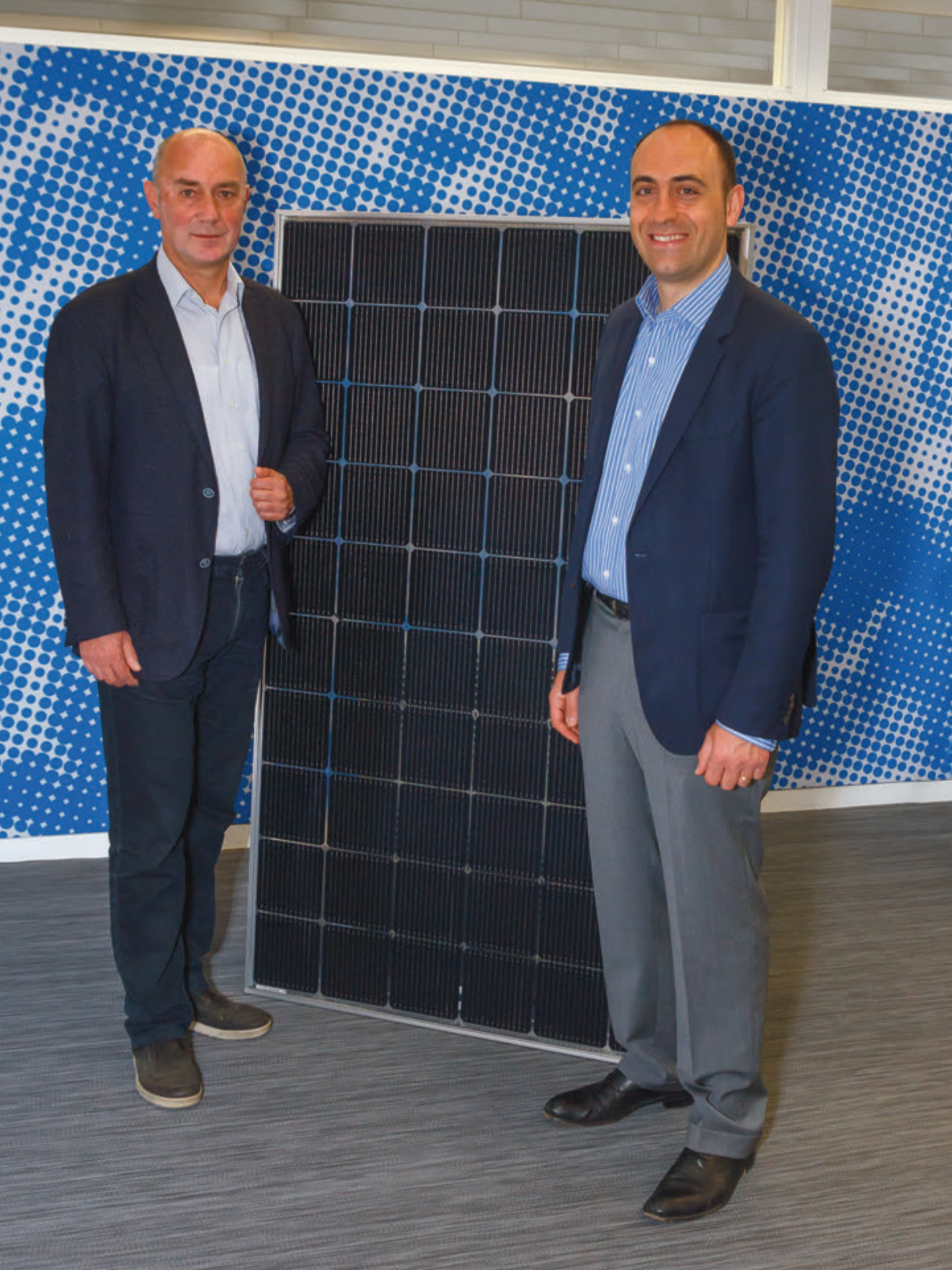
MIRO ZEMAN & OLINDO ISABELLA

ABOUT MIRO ZEMAN

Miro Zeman is a full professor at the Delft University of Technology (TU Delft) and active in the field of solar energy and future electrical energy system. He leads the Photovoltaic Materials and Devices group and is the head of the Electrical Sustainable Energy department at the faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science of TU Delft. Miro Zeman is a strong promotor of energy transition towards sustainable energy and a widespread utilization of solar energy.

ABOUT OLINDO ISABELLA

Olindo Isabella received the Ph.D. degree cum laude from the Delft University of Technology (TUDelft), Delft, the Netherlands, in 2013. He carried out one-year research at the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba, Japan. He is currently Associate Professor in the Photovoltaic Materials and Devices group of TU Delft. He supervises activities on high-efficiency solar cells based on crystalline silicon and on the advanced opto-electrical modelling of photovoltaic cells, modules and systems. As principal investigator of Solar Urban programme at TU Delft, he is concerned about circular and efficient materials and components for utilization of solar energy everywhere.



SOLAR

ENERGY

MIRO ZEMAN & OLINDO ISABELLA

#### INTRODUCTION

The sun is the largest primary energy source that we have available on the earth for generating usable energy. The sun emits electromagnetic radiation, which is the carrier of solar energy. Solar energy is a renewable energy and, from the time perspective of human mankind, it is an inexhaustible energy source. Here is an example to illustrate the enormous amount of energy that the earth receives from the sun. At present, the global energy consumption is about 550 Exa Joules (1 EJ =  $10^{18}$  J) which corresponds to 150 Peta Watt hours (1 PWh =  $10^{15}$  Wh). According to the NASA measurements, an average power flux of solar radiation that incidents on the total Earth's surface is  $163 \text{ W/m}^2$  [1]. The surface of the Earth receives a total incident solar power of 84 PW. This means that in less than 2 hours the incident solar energy equals the annual global energy consumption. At present, fossil fuels such as petroleum, natural gas and coal are mostly used as primary energy sources to fulfil our demand for usable energy. Since these primary sources get depleted, they do not facilitate circular economy. Circular economy can hugely benefit from the utilization of solar energy due its renewable character.

Providing the megacities with energy, water and food is among the world top ten challenges over the next fifteen years.

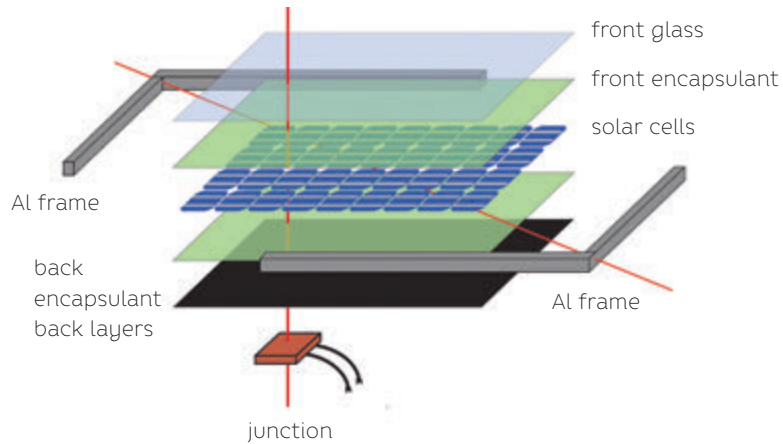


FIG. 1 Schematic view of a typical solar module with used materials.

### PHOTOVOLTAIC TECHNOLOGY

Electricity is an elegant form of usable energy that is being increasingly used. At present, electricity can be easily generated from solar energy. The conversion of solar energy (electromagnetic radiation) into electricity takes place in a device that is called a solar cell. Often the term photovoltaic cell (also called PV cell) is used. The technology for converting the energy of sunlight directly into electricity is therefore called a photovoltaic or PV technology. More than 90% of solar cells that are commercially available is based on silicon material. Metals such as silver or aluminium are used as electrodes. The trend in the photovoltaic industry is to continuously increase the conversion efficiency and reduce the production costs in order to further decrease the price of a generated kWh of electricity. A typical size of crystalline silicon (c-Si) solar cell is  $12.7 \times 12.7 \text{ cm}^2$  (5 inch) or  $15.2 \times 15.2 \text{ cm}^2$  (6 inch). The highest conversion efficiency of a c-Si solar cell is almost 27%, the best c-Si solar cells in large-scale production are reaching efficiencies around 25% [2,3]. It means that on a sunny day, when the incident solar radiation on the Earth's surface is approximately  $1000 \text{ W/m}^2$ , these commercial solar cells deliver 4.0 Watt peak ( $W_p$ ) and  $5.8 W_p$  for 5 inch and 6 inch solar cells, respectively. Crystalline silicon solar cells with the highest conversion efficiency in the Netherlands of more than 23% are produced at Delft University of Technology [4].

E-refinery, focuses on long-term storage of the excess solar electricity in the form of energy of chemical bonds.



Individual solar cells do not deliver enough electrical power for most practical applications; therefore 60 or 72 solar cells are usually connected together and encapsulated in a solar module. In this way, the cells are protected from the gradual degradation due to the environment influence and the producers guarantee the performance of modules up to 30 years. In addition to silicon and metal electrodes, glass plates, polymer foils and metal frames are major additional materials that are used in modules (see Figure 1).

#### ADVANTAGES AND STATUS OF PV TECHNOLOGY

PV technology has a number of advantages in comparison to other technologies that generate electricity. One of them is *modularity*. Large solar power plants up to 1 GW<sub>p</sub> installed power have been built using millions of solar modules [5]. These plants can be compared to central conventional coal or nuclear power plants which have a capacity of 0.5 GW to 1.0 GW. On the other hand, by connecting several tens of the same modules, small PV systems with an installed capacity between 1 and 10 kW<sub>p</sub> can be put together and placed on roofs or façades of residential houses and commercial buildings. Owners of these small PV systems not only consume electricity but also generate electricity and supply it to the grid. They are called *prosumers*. These small-scale PV systems are decentralized electricity generators distributed in urban areas. These decentralized PV generators have enormous consequences for the future electricity grids and their control by introducing bi-directional electricity flow in the grid. PV systems can be decentralized electricity generators not only in populated urban areas. They can easily provide electricity in areas where no electricity grid is available. In this way, PV technology can give access to electricity to 1.2 billion people who do not have it today.

Abu Dhabi's Masdar and Électricité de France SA companies made a joint bid to provide solar electricity for as little as 1.79 \$cents per kilowatt hour.

PV technology is continuously gaining advantage in *price* of electricity that it delivers. Under favourable financing of the installation of PV power plants, this technology delivers the cheapest electricity in places with high level of solar irradiance. For example, in an energy auction in 2017, Saudi Arabia received the world's cheapest offer for supplying electricity through building a solar power plant. Abu Dhabi's Masdar and Électricité de France SA companies made a joint bid to provide solar electricity for as little as 1.79 \$cents per kilowatt hour [6]. No other technology can deliver electricity so cheaply. A PV system in the Netherlands, where an average annual irradiance is 2.5 times less than in Saudi Arabia and around 100 W/m<sup>2</sup>, can deliver 1 kWh of electricity for less than 10 €cents [7]. The reason for this enormous drop in price of solar electricity is the decreasing price of solar modules and inverters, which is due to the enormous

increase in the production of solar cells and modules in China and their improved conversion efficiency.

The *growth* in solar energy sector and in PV technology sector in particular is remarkable. The annual production of PV modules was close to 100 GW<sub>p</sub> in 2017 [8] that results in an expected cumulative installed power of PV systems of 400 GW<sub>p</sub> at the end of 2017. This installed power-generating capacity delivers the similar amount of electricity in one year as 120 Dutch Borselle nuclear power plants with an installed capacity of 0.5 GW. The PV systems today provide about 2% of the total electricity consumption in the world which is 24 to 25 PWh [9]. In the Netherlands, a PV power capacity of 853 MW<sub>p</sub> was installed in 2017, bringing the cumulative installed PV power to 2.9 GW<sub>p</sub> [10].

Conversion *efficiency* is an important indicator of the development level of the PV technology. In the area of crystalline silicon solar cell technology, the world record efficiency is 26.7% demonstrated by Kaneka company on an area of ~79 cm<sup>2</sup> [11]. Several companies and research groups produce solar cells with efficiencies above 25%. Another important solar cell technology is based on Gallium Arsenide (GaAs) materials that are used as absorber materials in so-called tandem solar cells. Three to five solar cells that are called junctions are stacked on top of each other to form a tandem solar cell. The record efficiency of the five-junction III-V solar cell under standard "1-sun" illumination conditions is 38.8% [12] and, under concentrated light of "500 suns", this type of solar cells can reach efficiency as high as 46% [13]. To put these efficiency numbers into perspective, today the most common way to generate electricity starts with burning fossil fuels. Released thermal energy is further converted by heat engines into mechanical energy and the mechanical energy is then converted by electromechanical generators into electricity. A typical overall efficiency of this process is between 30 to 40 %, best thermal power plants can achieve efficiencies around 50%. PV technology, which is a young technology with respect to technologies using electro-mechanical generators, is approaching their conversion efficiencies. However, there is a lot of research effort to improve the conversion efficiency of solar cells. The research is carried out in three main areas; better utilization of energy of incident illumination, light management and collection of photo-generated charge carriers not allowing their recombination.

#### PV TECHNOLOGY APPLICATIONS

As human population clusters in megacities, providing the megacities with energy, water and food is among the world top ten challenges over the next fifteen years [14]. The share of electricity in the total final energy consumption will grow in the future and this trend is particularly valid for cities. It is expected that the future electricity infrastructure in cities will be based on four pillars: (i) urban integrated photovoltaics (UIPV), (ii) energy storage, (iii) intelligent power control and (iv) market management. These four pillars are intimately intertwined, allowing instantaneous bi-directional power flows to be consumed on site, stored, shared at urban level or even used as commodity exchange [15].

UIPV systems play a crucial role in providing sustainable electrical energy. These systems will be more efficient, cheaper, more aesthetically appealing and omnipresent in our cities. Utilization of solar electricity will be carried out in two areas. The first area is the traditional use of electricity in households, buildings and agricultural structures to power appliances and electric machines. The second area is the conversion of solar electricity into energy of chemical bonds by driving the synthesis of so-called solar fuels.

In order to facilitate the first area, the development of multi-functional building elements with integrated PV modules has to be combined with local electrical storage. In the near future, PV modules with architectural properties such as customized shape, colour, transparency and bendability will have thermal functions in addition to electricity generation. These modules have to be resilient against dynamic shading and able to transfer the heat for cooling the modules. This is the way to large-scale integration of PV technology in the urban environment. In order to extract maximal power from the modules during dynamic shading, smart cell-level power management based on electronics have to be integrated into the modules. At the same time front-side infra-red reflectors and/or rear-side heat transfer have to be applied to keep modules' temperature as low as possible. These innovations will be integrated in advanced PV modules that will find application also in Domotics and e-mobility.

Module manufacturers have developed end-of-life schemes aimed to recycle at least part of the materials.

The second area, also called e-refinery, focuses on long-term storage of the excess solar electricity in the form of energy of chemical bonds. This conversion involves two steps. In the first step, the electrolysis of water delivers molecular hydrogen ( $H_2$ ) and oxygen ( $O_2$ ). The second step includes reaction of carbon-dioxide ( $CO_2$ ) emitted in the atmosphere with  $H_2$  to synthesize methane. In this way, a circular synthetic gas is generated that can be transported using traditional maritime and terrestrial means of gas transport. It is worth noting that the energy needed for both abovementioned steps can be supplied fully by PV systems. When this electron to molecules conversion takes place in locations with polluted water, generated  $O_2$  can be effectively used for cleaning water treating organic pollutants in waste/unclean waters [16].





FIG. 2 Large-scale PV system installed in Bologna, Italy. [By courtesy of Pietro Altermatt, Trina Solar].

#### ENERGY PAY-BACK TIME OF PV TECHNOLOGY

It is important to mention that solar modules generate more energy during their operation than the amount of energy needed for their production. The *energy pay-back time* (EPBT) indicates the amount of time a PV system needs to run to generate as much energy it was spent to produce it. The EPBT depends on the geographical location (i.e. amount of annual irradiation) and on the installed PV cell technology [17]. Taking into account materials feedstock (and cutting of c-Si wafers for PV modules), laminates, frames, mounting, cabling and inverter, the EPBT is 3.3 years or less for PV systems in the North of Europe and 1.8 or less for PV systems in the South of Europe. In particular, a PV system in Sicily based on multi-Si modules has an EPBT of around one year. Assuming 30 years lifespan, this kind of system can produce thirty times the energy needed to produce it. For c-Si PV technology, as the most energy intensive production step is the c-Si ingot pulling, the main driver to bring the EPBT down is the ratio between c-Si material usage and power output. A today's value of 6 g/Wp witnesses the usage of thinner wafers alongside an increased efficiency with respect to a value roughly three times higher from 10-12 years ago [15].

Although there is a significant capacity of PV generators installed over the world, the recycling of solar modules is still not an urgent issue. However, this is going to change soon, since some of modules put in operation are reaching their lifetime and the deployment of solar modules in large solar power plants, as shown in figure 2, is rapidly increasing. Depending on different PV cell technologies, module manufacturers have developed end-of-life schemes aimed to recycle at least part of the materials originally used. In case of c-Si PV technology, recovery rates of at least 80% have been already achieved for glass, silicon, aluminium, front/rear encapsulants and silver [18]. Among thin-film PV cell technologies, PV modules based on Cadmium Telluride (CdTe) semiconductor absorber can be recycled nearly up to 90% of their initial mass [19]. Albeit recycling is possible, industrial optimization is still needed, for example in the pyrolysis technique to remove polymers in PV modules [20], wet-chemical treatments to separate metals from other materials and transport [21]. Improving conversion efficiency is therefore regarded as the key to reduce materials consumption for PV cell manufacturing as well as their impact on the environment [22].

## References

- [1] <http://ceres.larc.nasa.gov> [accessed 17 March 2018].
- [2] <https://www.pv-tech.org/news/sunpower-hits-average-cell-conversion-efficiencies-of-25-at-fab-4> [accessed 17 March 2018].
- [3] <http://www.trinasolar.com/us/resources/newsroom/trina-solar-announces-new-efficiency-record-2504-large-area-ibc-mono-crystalline> [accessed 17 March 2018].
- [4] G. Yang, et al., *Solar Energy Materials & Solar Cells*, submitted [2018].
- [5] <http://www.pvresources.com/en/top50pv.php> [accessed 17 March 2018].
- [6] <https://www.pv-tech.org/news/technical-bids-for-300mw-of-solar-in-saudi-arabia-already-breach-2-cents> [accessed 17 March 2018].
- [7] [www.tudelift.nl/pvp2](http://www.tudelift.nl/pvp2) [accessed 17 March 2018].
- [8] <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108105/kjna28817enn.pdf> [accessed 17 March 2018], <https://www.pv-tech.org/news/global-solar-market-hit-98.9-gw-in-2017-solarpower-europe> [accessed 20 March 2018].
- [9] <https://yearbook.enerdata.net/electricity/world-electricity-production-statistics.html> [accessed 20 March 2018].
- [10] [http://www.solarsolutions.nl/files/NST\\_2018\\_\[DEF\]\\_LR\\_3.1.1.pdf](http://www.solarsolutions.nl/files/NST_2018_[DEF]_LR_3.1.1.pdf) [accessed 20 March 2018].
- [11] K. Yoshikawa, et al., *Nature Energy* 2, 17032 [2017].
- [12] P.T. Chiu, et al., *Proceedings of the 40th IEEE Photovoltaic Specialist Conference, Denver*, 11 - 13 [2014].
- [13] <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/press-releases/2014/new-world-record-for-solar-cell-efficiency-at-46-percent.html> [accessed 17 March 2018].
- [14] <http://www.un.org/sustainabledevelopment/> [accessed 17 March 2018].
- [15] *Electrotechnische Vereniging, Maxwell Future 21.1, 6-9* [2017] (<https://etv.tudelift.nl/file/299?view>, accessed 17 March 2018).
- [16] P. Perez-Rodriguez, et al., *Advanced Sustainable Systems* 1, 1700010 [2017].
- [17] <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/photovoltaics-report.html> [accessed 17 March 2018].
- [18] H. Bejjia, et al., *Solar Energy* 143, 132-141 [2017].
- [19] J. Tao and S. Yu, *Solar Energy Materials & Solar Cells* 141, 108-124 [2015].
- [20] P. Dias, et al., *Waste Management* 60, 716-722 [2017].
- [21] C. E. L. Latunussa, et al., *Solar Energy & Solar Cells* 156, 101-111 [2016].
- [22] J. Hong, et al., *Solar Energy* 133, 283-293 [2016].





The TU Delft logo features a stylized flame icon above the text "TU Delft".

TU Delft

The TVVL logo consists of a stylized house icon above the text "TVVL".

TVVL

The VAN DORP logo features a stylized yellow and red shape above the text "VAN DORP".

VAN DORP

*Inspired+++  
ambitiens*

ISBN 9789463660549

