

## Visie en roadmap Eindhoven energieneutraal 2045 : onderzoeksrapportage energie in de gebouwde omgeving

**Citation for published version (APA):**

Ouden, den, P. H., & Gal, R. A. J. (2014). *Visie en roadmap Eindhoven energieneutraal 2045 : onderzoeksrapportage energie in de gebouwde omgeving*. Technische Universiteit Eindhoven.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/2014

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.



/solution partner of the Intelligent Lighting Institute at TU/e

# Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045

Onderzoeksrapportage energie in de gebouwde omgeving - april 2014

dr.ir. Elke den Ouden & dr.ir. Ruud Gal

**TU/e** Technische Universiteit  
Eindhoven  
University of Technology

**Intelligent Lighting  
Institute**

Deze publicatie over de Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal is tot stand gekomen onder leiding van Elke den Ouden en Ruud Gal van LightHouse, solution partner of the Intelligent Lighting Institute at the TU/e, in opdracht van van de Gemeente Eindhoven. Aan het project hebben vele experts en lokale betrokkenen bijgedragen.

Het doel van deze publicatie is een beschrijving te geven van het gewenste toekomstscenario om energieneutraal te worden in de gebouwde omgeving, alsmede de mogelijke wegen om het toekomstscenario daadwerkelijk te realiseren. Deze beschrijving zal worden gebruikt om verdere stappen vorm te geven.

Van deze uitgave is ook een gedrukte versie beschikbaar (ISBN 978-90-386-3611-5), deze is te bestellen via Blurb: <http://nl.blurb.com/b/5238459-visie-en-roadmap-eindhoven-energieneutraal-2045>

## Colofon

Dit is een uitgave van LightHouse / solution partner of the Intelligent Lighting Institute at TU/e

Dit project is uitgevoerd in opdracht van de Gemeente Eindhoven. Deze publicatie is de eindrapportage van het project.

### Auteurs

dr.ir. Elke den Ouden & dr.ir. Ruud Gal

### Opdrachtgevers

Gemeente Eindhoven

Mary Ann Schreurs - wethouder Innovatie, Cultuur en Openbare Ruimte

Jeroen Lebon en Alfredo Verboom - Sector Openbare Ruimte, Verkeer en Milieu

Stichting Woonbedrijf SWS.Hhvl

Marc Eggermont - Directeur

Rob Bogaarts - Districtsmanager

e-ISBN: 978-90-386-3612-2

Opgenomen in de catalogus van de bibliotheek van de Technische Universiteit Eindhoven

Eindhoven, april 2014

Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend.



*solution partner of the Intelligent Lighting Institute at TU/e*

# Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045

Onderzoeksrapportage energie in de gebouwde omgeving

dr.ir. Elke den Ouden & dr.ir. Ruud Gal

**TU** / **e** Technische Universiteit  
Eindhoven  
University of Technology

**Intelligent Lighting  
Institute**

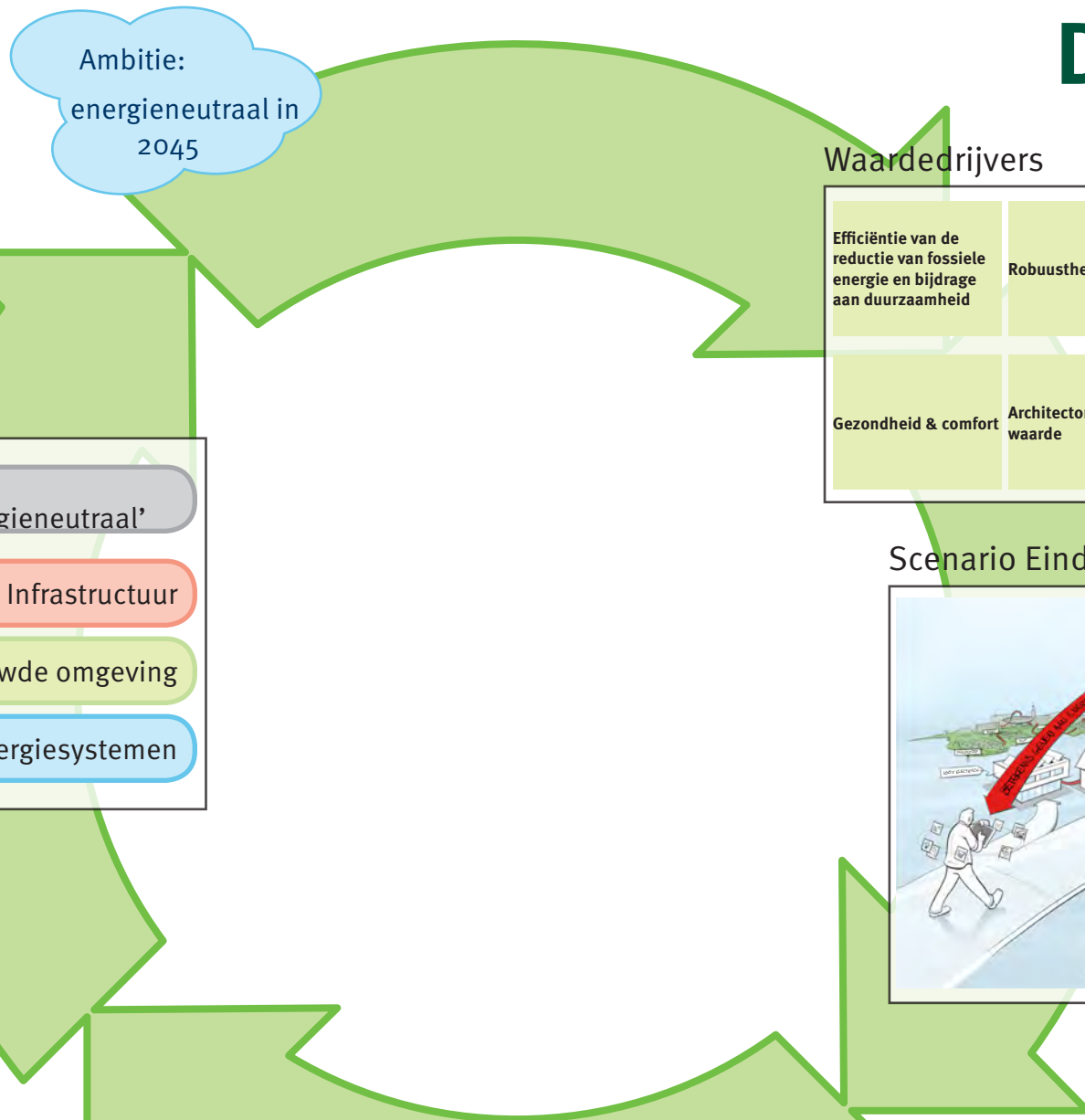


# Inhoudsopgave

<b>Introductie</b>	<b>5</b>	<b>Bijlagen</b>	<b>55</b>
Doelstelling	5	<b>Bijlage A: Waardedrijvers</b>	<b>57</b>
Aanpak	5	Waardedrijvers	58
<b>Ambitie</b>	<b>7</b>	Waardeladder	58
<b>De huidige situatie rondom energie in Eindhoven</b>	<b>8</b>	De duurzaamheidsbewuste gebruikers	59
<b>Trends, kansen en knelpunten</b>	<b>13</b>	De kostenbewuste gebruikers	59
<b>Visie</b>	<b>17</b>	De evolutie van waardedrijvers	60
Samen op weg naar Eindhoven Energieneutraal in 2045	17	De ontwikkeling van de waardedrijvers voor energie	60
Visualisatie gewenst scenario	19	Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid	61
<b>Transitie naar energieneutraal</b>	<b>21</b>	Robuustheid	61
Waardedrijvers van energiesystemen	21	Economische waarde	62
Een energietransitiemodel voor Eindhoven	27	Sociale waarde	63
Relatie tussen de waardedrijvers en het energietransitiemodel	27	Gezondheid & comfort	63
Systeemtransitie van grijs naar groen	29	Architectonische waarde	64
<b>Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045</b>	<b>31</b>	Autonomie	64
Duurzaam gedrag	34	Economisch potentieel	65
Duurzame technologie	36	<b>Bijlage B: Scenario's voor de roadmap</b>	<b>67</b>
Duurzame organisatie	38	Scenario 1: van een vage notie naar duurzaam gedrag	68
<b>Platform Eindhoven Energieneutraal</b>	<b>41</b>	Scenario 2: kleine, lokale systemen	68
Werkgroep Energietransitie	43	Scenario 3: 'The All-Electric House'	70
Werkgroep Energiesystemen	45	Scenario 4: Eindhoven warmtenet	70
Werkgroep Energie Infrastructuur	47	<b>Bijlage C: Technologische opties</b>	<b>73</b>
<b>Dankwoord</b>	<b>51</b>	Laag exergetische technologische oplossingen	75
<b>Referenties</b>	<b>53</b>	Score op de waardedrijvers	75
		Hoog exergetische technologische oplossingen	76
		<b>About LightHouse &amp; the TU/e Intelligent Lighting Institute</b>	<b>81</b>

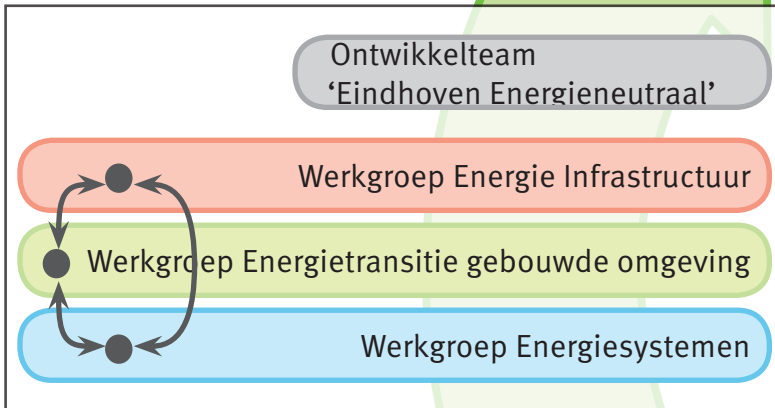
# Nu

# De toekomst



Ambitie:  
energieneutraal in  
2045

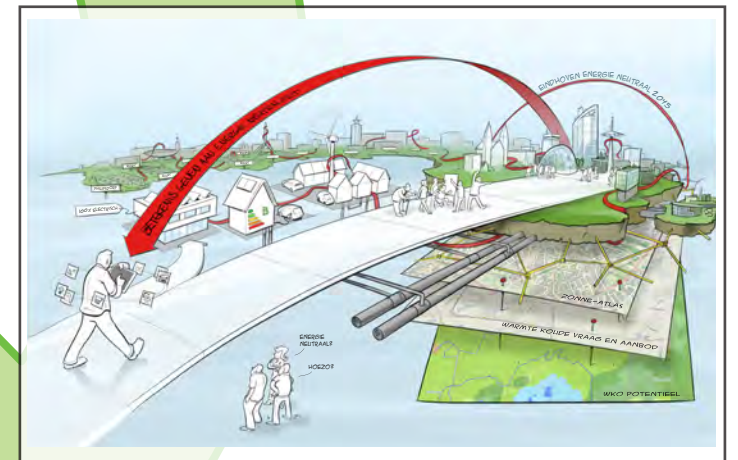
## Innovatieprogramma



## Waardedrijvers

Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid	Robuustheid	Economische waarde	Sociale waarde
Gezondheid & comfort	Architectonische waarde	Autonomie	Economisch potentieel

## Scenario Eindhoven Energieneutraal 2045



# Het plan

# De weg

## Roadmap



# Introductie

## Doelstelling

### Ambitie Eindhoven

Eindhoven heeft zich als doel gesteld om in 2045 'energieneutraal' te zijn. Hiertoe zijn een aantal hoofdthema's genoemd in de documentatie die is samengesteld ter gelegenheid van de conferentie in Februari 2013 [Eindhoven, 2013].

Om deze doelstelling ook daadwerkelijk te realiseren zal samenwerking nodig zijn tussen overheid, ondernemers, onderzoeksinstituten en de burgers van Eindhoven. Hierin zullen in gezamenlijkheid korte termijn activiteiten moeten worden gedefinieerd met een lange termijn perspectief. Om dit mogelijk te maken is er behoefte aan een gedeelde visie en roadmap die Eindhoven in staat stelt om het doel te bereiken.

LightHouse heeft ervaring met het maken van dergelijke roadmaps voor de stedelijke verlichting en de toekomst van educatie. Omdat er tussen deze roadmaps ook verbanden te leggen zijn is LightHouse gevraagd een voorstel te maken voor een aanpak om tot een visie en roadmap voor Eindhoven Energieneutraal in 2045.

## Aanpak

Om de visie en roadmap te formuleren is het project in een aantal fasen ingedeeld:



Analyse van de huidige situatie, de uitgangspunten en het ambitieniveau op de kortere en langere termijn in relatie tot Eindhoven energieneutraal 2045. Definiëren van de scope zowel qua inhoud als qua betrokken partijen.

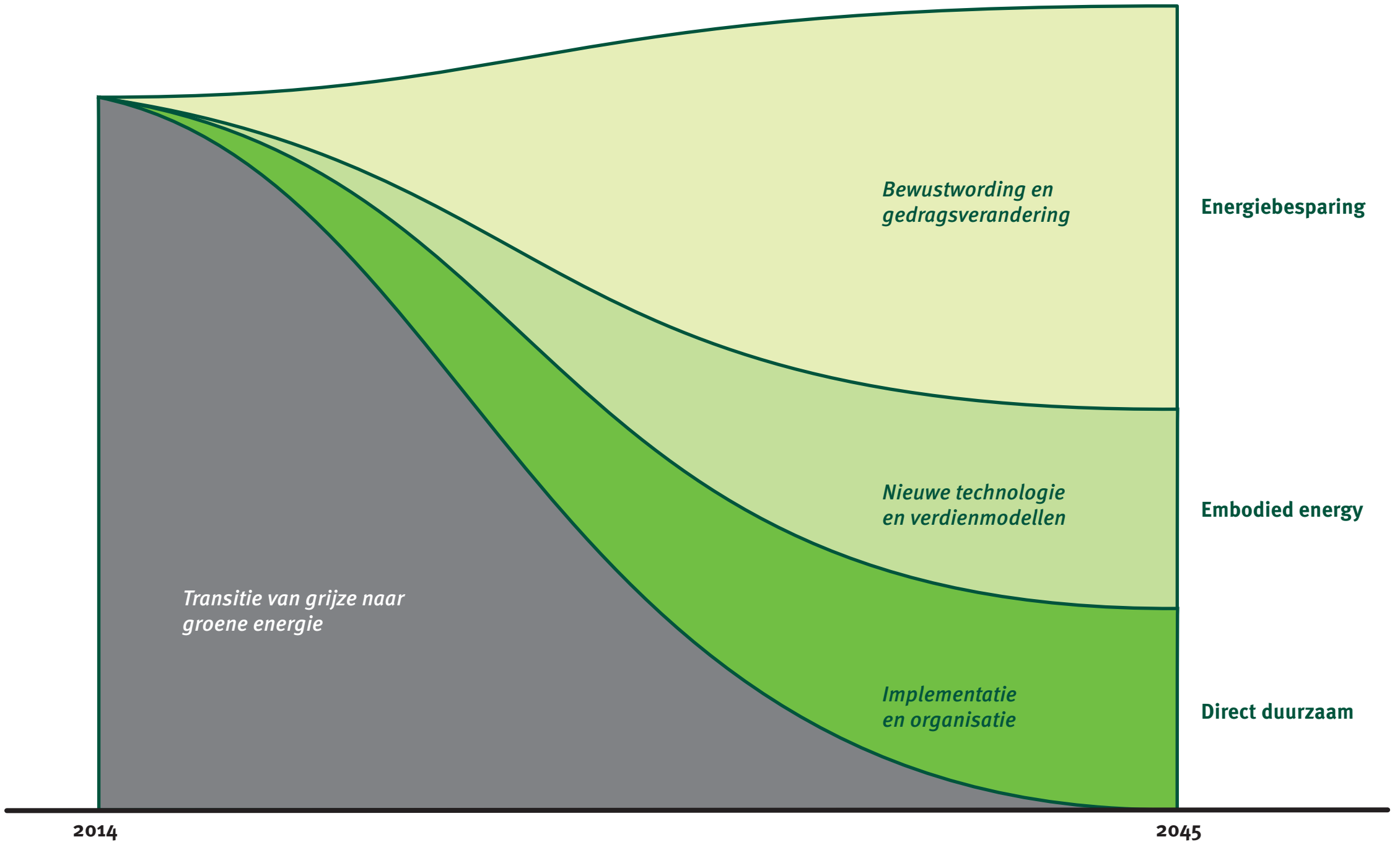
Inventarisatie van de belangrijkste waardedrijvers voor de ontwikkelingen in de toekomst op het gebied van energie en vertaald naar een toekomst scenario voor de stad Eindhoven. In de visie is nadrukkelijk aandacht voor de sociale aspecten van innovatie om tot een effectieve en efficiënte implementatie te komen.

In een roadmap onderzoek wordt vervolgens gekeken naar welke ontwikkelingen mogelijk en nodig zijn. Ook de sociale en maatschappelijke implementatie zal hierin worden betrokken. In deze stap zal ook een inventarisatie worden gemaakt van de reeds lopende initiatieven.

Een roadmap is de basis voor een programma van projecten en activiteiten. Hier ligt een grote behoefte om de reeds beschikbare technologie om te zetten naar een degelijke implementatie met maximaal effect op de energieneutraliteit tegen de investeringen in geld, tijd, creativiteit en management aandacht.



## Uitdagingen



# Ambitie

## Uitgangspunt

Eindhoven heeft haar ambitie om energieneutraal te worden in 2045 uitvoerig verkend en beschreven in de publicatie 'Eindhoven Energieneutraal' [Eindhoven, 2013].

“De gemeente stelt zich zelf als doel om energieneutraal te zijn in de periode tussen 2035 en 2045. Met energieneutraal bedoelt de gemeente dat de energievraag zoveel mogelijk beperkt moet worden en dat de overige energievraag duurzaam opgewekt moet worden binnen de grenzen van de gemeente. De gemeente stelt zichzelf als doel om de ambitie exclusief mobiliteit vóór 2035 te bereiken en de ambitie inclusief mobiliteit voor 2045”.

## Uitdagingen

De realisatie van de ambitie energieneutraal is alleen mogelijk als verschillende partijen hun steentje bijdragen. De energie die in Eindhoven gebruikt wordt dient verschillende doelen, onder andere: comfortabel wonen en werken, industriële bedrijvigheid en mobiliteit.

De uitdagingen om volledig energieneutraal te worden liggen op verschillende vlakken (zie de figuur op pagina 6):

- **Energiebesparing**

Duurzame energie is schaars, en zal dat naar verwachting ook voorlopig nog zo blijven en daarmee is energiebesparing een belangrijke factor. Om deze besparing te realiseren is allereerst bewustwording bij gebruikers (burgers, bedrijven en organisaties) nodig, gevolgd door daadwerkelijke gedragsverandering. Op dit moment is niet iedereen er van overtuigd dat bewustwording van de burgers effectief en efficiënt kan worden bereikt.

- **Embodied energie**

Een significant deel van de energie die in Eindhoven wordt gebruikt is nodig om producten te produceren in de maakindustrie. Deze producten, met een hoge embodied energie, worden niet alleen in Eindhoven verkocht en gebruikt, maar ook naar buiten de stads-/regiogrenzen 'geëxporteerd'. Daarnaast worden er ook goederen die elders geproduceerd zijn 'geïmporteerd'. Uiteindelijk zouden al deze goederen duurzaam geproduceerd moeten worden om de doelstelling van energieneutraal volledig te realiseren. Hiervoor is echter regulering (bij voorkeur op Europees niveau) nodig en dit valt buiten de scope van deze opdracht. Daarnaast is de beslissing om hun producten duurzaam te produceren en te verkopen aan de Eindhovense en regionale industrie. Wel kan de gemeente een stimulerende rol spelen. Nieuwe technologie (duurzame materialen) en nieuwe verdienmodellen (bijv. met circulaire modellen) kunnen wel bijdragen aan de stimulering van duurzame productiemethoden.

- **Direct duurzaam**

Het gebruik van energie direct uit duurzame bronnen is de derde factor van belang. Hiertoe is het belangrijk dat duurzame energie ruim voorhanden is. Dit is met name een organisatorische uitdaging, om te zorgen dat duurzame energie waar mogelijk en economisch rendabel wordt opgewekt en opgeslagen indien nodig. Vaak zal dit de grenzen van een organisatie overstijgen en is samenwerking nodig. Bijvoorbeeld om de accu's van elektrische voertuigen te benutten voor (tijdelijke) opslag van overtollige duurzame energie van zon en/of wind.

De transitie van 'grijze' naar 'groene' energie vraagt om een zorgvuldig proces. Grijze energie zal nog enige tijd nodig zijn als 'back-up' om schaarste en fluctuaties in het aanbod van duurzame energie op te vangen. Ondertussen is de uitdaging om de verdienmodellen zodanig in te richten dat de transitie naar duurzaam aantrekkelijk is voor de belangrijkste stakeholders.

Naast de bovenstaande uitdagingen die meer of minder breed kunnen worden opgepakt is het de vraag wat de scope van de visie en roadmap moet zijn. Is het streven om energieneutraal te worden een vraag die zich beperkt tot het gebied binnen de gemeentelijke grenzen, of ook daarbuiten: bijvoorbeeld de Brainport regio. De uitdaging hier ligt in het balanceren van onafhankelijkheid en autarkie aan de ene kant en de kansen die liggen in samenwerking met andere gebieden aan de andere kant.

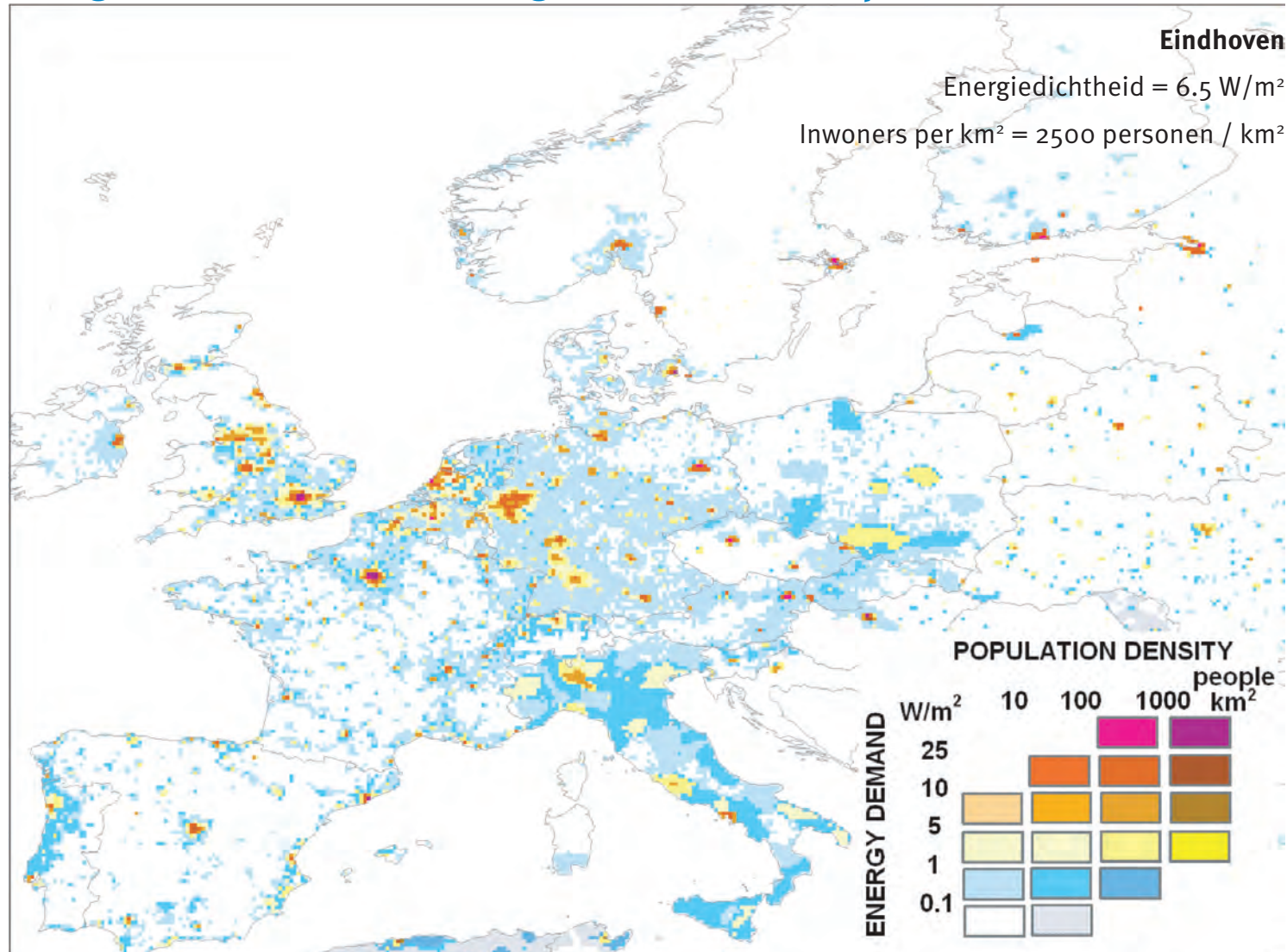
## Scope van de visie en roadmap

In een workshop met de verantwoordelijke wethouders van de gemeente Eindhoven is de scope voor de visie en roadmap afgestemd. Hierin zijn de volgende elementen bepaald:

- Het absolute getal van energiegebruik op zichzelf is niet zo relevant, zolang het maar duurzame energie is.
- De ontwikkelde visie moet groot genoeg zijn om samenwerking met anderen in de metropool te ondersteunen en verbindingen mogelijk te maken. De stadsgrenzen zijn in die zin niet hard.
- De focus ligt in deze opdracht op energieneutraliteit in de gebouwde omgeving. Later kunnen ook roadmaps worden uitgewerkt voor mobiliteit en industriële activiteiten, maar dat valt nu buiten de scope. Het is echter wel belangrijk om relevante interfaces met deze gebieden te beschouwen (bijv. de opslag van energie in elektrische voertuigen).
- Het doel van de roadmap is geen blauwdruk voor de keuzes in de komende jaren, maar dient om een kader te schetsen dat met voortschrijdend inzicht kan worden gebruikt om beslissingen te kunnen nemen in het kader van The Natural Step.
- Het streven is naar een exporteerbaar concept voor Eindhoven. De infrastructuur moet lokaal en op het gebied afgestemd worden, waarbij gebruik wordt gemaakt van flexibele netwerken en circulaire modellen.

# De huidige situatie rondom energie in Eindhoven

## Energiedichtheid van de vraag versus inwoners per km<sup>2</sup>



Bron: International Institute for Applied Systems Analysis, Global Energy Assessment

In 2011 heeft de gemeente Eindhoven een opdracht gegeven aan KenW2iB om de energiesituatie in Eindhoven in kaart te brengen en een eerste verkenning te doen richting Eindhoven in 2045 [Eindhoven Energieneutraal, 2011]. Het rapport beschrijft een conservatieve schatting met betrekking tot energieneutraliteit.

De aan Eindhoven direct toegevoerde energie in de vorm van gas, elektriciteit, brandstof, steenkool en olie werd bepaald op ruim 18 PJ. Eén Joule (J) is de

energie, die vrijkomt als een appel van één meter hoogte op de grond valt. 18 PJ = 18 miljard maal miljoen joule, dat zijn ruim 5 jaarlijkse Nederlandse appeloogsten (ongeveer 260 ton appels per oogst), die 1 meter naar beneden vallen.

Ongeveer 25% wordt door huishoudens gebruikt, ongeveer 42 % door bedrijven (excl. DAF en VDL), organisaties en instellingen en ongeveer 20% aan brandstof.

Eindhoven kent maar weinig energie-intensieve industrie, te weten DAF en VDL, geschat op een 3 % van het energiegebruik.

Ook qua energiedichtheid van de vraag is Eindhoven gemiddeld met ongeveer 6.5 W/m<sup>2</sup>, zoals zichtbaar op de linker pagina. Dit heeft consequenties voor de exporteerbaarheid van oplossingen, die in Eindhoven met Eindhoven als proeftuin ontwikkeld kunnen worden.

In het rapport Eindhoven Energieneutraal is op jaarbasis het gemiddelde gasverbruik ongeveer 1577 m<sup>3</sup> en gemiddelde elektriciteitsverbruik ongeveer 3460 kWh per huishouden. Ongeveer 75% van het energiegebruik is gas, waarvan 75% gebruikt wordt voor verwarming en 25 % voor tapwater. Het gasverbruik om te koken is zeer gering. De 25 % van het totale energiegebruik wordt dus elektrisch opgenomen. Ruwweg kan het elektrische energiegebruik in 6 ongeveer even grote categorieën opsplitsen (wassen & drogen, koelen en vriezen, TV/audio/video/PC, verlichting, ventilatie/koken/overig keukenapparatuur).

Overzicht van lokale mogelijkheden voor verschillende duurzame energie technologieën met name in het directe energiegebruik.

### Windenergie

Door de ligging van Eindhoven Airport aan de noordwestzijde van de stad, is het potentieel van windenergie beperkt. Er ligt echter nog wel wat innovatiepotentieel in kleine gebouw gebonden windturbines.

### Zonne-energie

Het opwekkingspotentieel voor zonne-energie (PV-systemen en zonnecollectoren) zou op termijn ongeveer 10% van de energiebehoefte kunnen afdekken. De aanname hier is dat 20 % van de daken geschikt zijn en hiervoor worden ongezekt.

## Bio-massa energie

Op dit moment zijn er een aantal biomassa-energie centrales aanwezig in Eindhoven. De brandstof is snoeihout en bio-olie. De huidige capaciteit dekt ongeveer 1 % van de energiebehoefte van Eindhoven af. De mogelijkheden van vergisting waren in 2011 nog niet verkend.

## Geothermie

Eindhoven heeft een wat ongunstige ligging om grootschalig gebruik te maken van geothermie. Op dit moment wordt verwacht dat ongeveer 5% van de energiebehoefte kan worden afgedekt. Toch moet niet uitgesloten worden dat in de toekomst, dit getal hoger kan komen te liggen.

## Warmte-koude opslag

Op dit moment heeft Eindhoven al een 30-tal WKO installaties. Indien WKO alleen haalbaar blijkt te zijn bij nieuwbouw en grote renovaties, zal het potentieel beperkt zijn (2-3%). Dit is zozeer een technische uitdaging, maar vooral een sociale uitdaging: hoe voldoende lokale kritische massa te creëren dat een WKO installatie haalbaar wordt. Daarnaast is echter technisch de "klassieke" WKO installatie niet zonder zorgen. Er zijn echter ontwikkelingen gaande om deze problemen te omzeilen.

## Restwarmte

Eindhoven heeft niet veel energie-intensieve industrie, dus ook hier is de potentie van het gebruik van restwarmte voor het verwarmen van huishoudens beperkt. De schatting is 6 % van het huidige energiegebruik.

Het totale opwekkingspotentieel is geschat op 21 % van het huidige energiegebruik. De aannames, die hieraan ten grondslag liggen zijn:

- Er wordt geredeneerd vanuit de mogelijkheden van de huidige technologie (geen innovatie)
- Windenergie kan niet grootschalig worden benut door de aanwezigheid van Eindhoven Airport
- Alleen biomassa zoals ze beschikbaar komt in Eindhoven wordt als brandstof gezien
- Zonne-energie wordt alleen toegepast op 20% van de daken
- Geothermie is maar beperkt mogelijk door de bodemomstandigheden
- Restwarmte is beperkt door de geringe hoeveelheid energie-intensieve industrie
- WKO installaties zijn alleen geschikt voor grote renovaties en nieuwbouw

## Energiebesparing

De schatting is dat ongeveer 33 % bespaart kan worden hetzij door gedrag en door technische maatregelen aan de huizen (zoals isolatie), installaties en huishoudelijke apparaten, industrie en mobiliteit. 60 % komt voor rekening van de huishoudens, 25 % voor de industrie en 15 % voor mobiliteit.

## Energiebalans

Ten opzichte van het huidige energiegebruik, is een besparing van grijze energiegebruik te verwachten van ongeveer 54 %. In 2040 is de schatting gemaakt dat als er geen maatregelen op gebied van duurzaamheid worden ondernomen, het gebruik gegroeid zal zijn naar ruim 20 PJ per jaar. Verder is geschat dat Eindhoven op basis van verwachte technologische ontwikkelingen nog een additionele 3 PJ aan reductie van grijze energiegebruik mag verwachten. Hieruit kan worden afgeleid dat er nog een restvraag is van ongeveer 8 PJ aan grijze energie in 2040.

## The Natural Step

Bij de gemeentelijke instanties en woningcorporaties leeft de filosofie van "The Natural Step". The Natural Step is een not-for-profit organisatie die zich inzet voor training, advies en onderzoek in duurzame ontwikkeling. Sinds 1989 heeft "The Natural Step" gewerkt met duizenden bedrijven, gemeenten, academische instellingen en not-for-profit organisaties die hebben bewezen dat het strategisch bewegen naar duurzaamheid leidt tot nieuwe kansen, lagere kosten, en een drastisch verminderde ecologische en sociale voetafdruk.

## De vier Systemcondities

In een duurzame samenleving is de natuur niet onderworpen aan systematisch toenemende...:

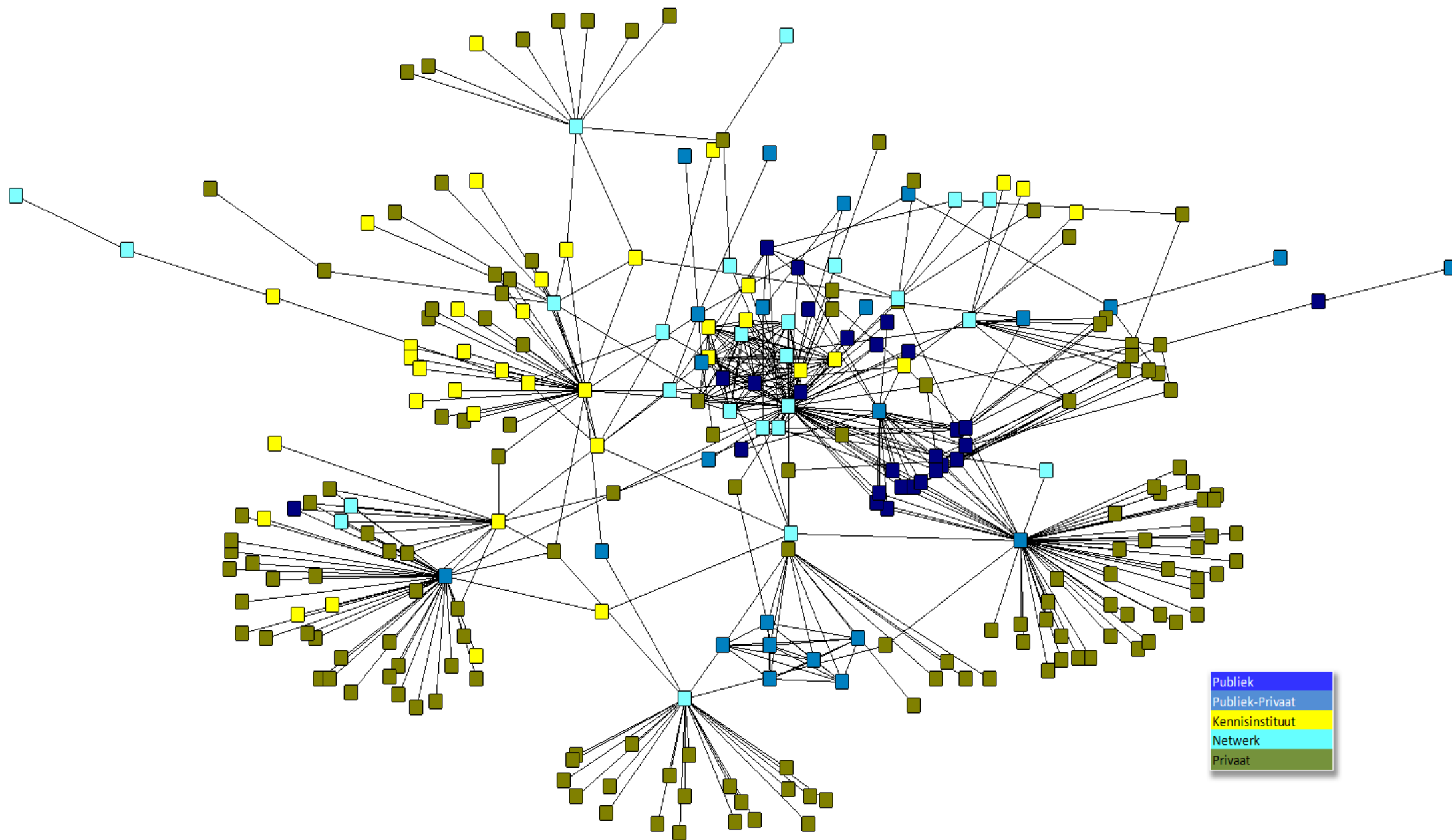
1. ...concentraties van elementen die aan de aardkorst onttrokken zijn
2. ...concentraties van stoffen die door de maatschappij geproduceerd zijn
3. ...degradatie door fysiek ingrijpen en in die samenleving
4. ...zijn mensen niet onderhevig aan voorwaarden die hen systematisch verhinderen in hun basisbehoeften te voorzien.

## Duurzaamheidsprincipes

Om een duurzame samenleving te creëren, zullen we ..

1. ...onze bijdrage aan de geleidelijke opbouw van stoffen uit onze aardkorst elimineren
2. ...onze bijdrage aan de geleidelijke opbouw van stoffen en verbindingen, gevormd door de samenleving elimineren

**Open netwerk van organisaties (zowel publiek, semi-publiek, kennisinstututen, netwerk-organisaties en ondernemingen) betrokken bij duurzame energie in Eindhoven (zowel innovatie als implementatie)**



3. ...onze bijdrage elimineren aan de progressieve fysieke aantasting en vernietiging van natuur en natuurlijke processen, en..

4. ...onze bijdrage elimineren aan de voorwaarden die het vermogen van mensen ondermijnen in hun fundamentele menselijke behoeften te voorzien

De gemeente en de woningcorporaties en tal van bedrijven in regio Eindhoven zijn opgeleid in het denken in de benadering van de “The Natural Step”.

## Woningcorporaties in Eindhoven

De woningcorporaties hebben “The Natural Step” gebruikt om een visie te formuleren met betrekking tot duurzaamheid:

**Duurzame Energie** –In de regio Brainport wordt alle energie die nodig is duurzaam, en waar mogelijk, lokaal opgewekt. De opbrengsten van overproductie dragen bij aan de duurzame ontwikkeling van wonen in de regio.

**Verantwoord vervoer** –Vervoer in de regio is onafhankelijk geworden van fossiele brandstoffen. Het aantal vervoersbewegingen is teruggebracht door de introductie van het nieuwe werken en het aantal voertuigen is afgenomen door gedeeld gebruik en alternatieve vervoersvormen.

**Collectief bewustzijn** –Alle betrokkenen nemen samen de verantwoordelijkheid voor de leefomgeving en zijn trots op wat we realiseren. We delen onze kennis en vieren onze successen samen.

**‘Living in a Lab’** –We staan bekend om onze innovatieve oplossingen die we samen met alle betrokkenen ontwikkelen en hebben ontwikkeld en passen ze toe om op een flexibele manier te voorzien in de behoeften van onze inwoners en toekomstige generaties.

**Gesloten kringlopen** –Al onze materialen en gebouwen komen uit- en/of keren terug in gezonde gesloten kringlopen. Ons afval dient als bouwsteen voor een volgend leven.

**Lang Leven** –Onze gebouwen en haar bewoners genieten van een lang leven door het realiseren van een gezonde leefomgeving en aantrekkelijk flexibel wonen.

**We kijken verder** –We zijn begaan met de omstandigheden achter de producten en diensten die we leveren, daardoor dragen positief bij aan de leefomstandigheden elders en komen we op voor de rechten van hen die geen stem hebben.

**Natuurlijke stad** –We houden ecosystemen in stand en daar waar we kunnen brengen we systemen weer in balans. We helpen anderen met het maken van verantwoorde keuzes en maken van koppelen natuur aan bebouwing.

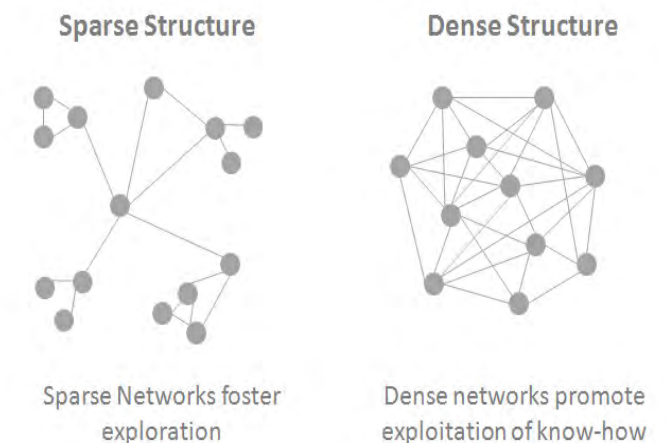
**Lasten worden lusten** –Het is ons gelukt om de woonkosten te verlagen en op die manier ruimte te scheppen voor invulling van (levens)behoeften.”

## Het innovatienetwerk regio Eindhoven op gebied van energieneutraliteit

Regio Eindhoven staat bekend om zijn innovatiekracht met betrekking tot techniek en design. Een impressie van dit netwerk is weergegeven in de figuur op pagina 10. **Het weergegeven netwerk is verre van volledig** en bovendien zijn door de nieuwe subsidieregelingen weer nieuwe verbanden aan het ontstaan. Op dit moment richten zich veel van de netwerken nog sterk naar de subsidieregelingen, netwerken, die echt de energietransitie implementeren zijn er op beperkte schaal.

Omdat de geldstromen (subsidiereregelingen, zowel als bedrijfsmatige resultaten, niet overlappen zijn er hiaten in het netwerk, die de doorstroming van innovatie van idee naar implementatie en export ernstig belemmeren.

Er is veel te doen over projecten, maar een ruwe, ver van complete netwerkverkenning, toont een “loosely coupled network”. Dit is karakteristiek voor een sterk innoverend en op kennis gericht netwerk. Om de energie transitie vorm te geven, is er behoefte aan een aanvullende structuur, die meer implementatiegericht is. Dit is een netwerkstructuur met meer verbindingen tussen de diverse spelers, wat een veel doelgerichtere structuur oplevert.



De vraag voor een roadmap vindt zijn oorsprong in het opzetten van een dialoogvorm, die aan de energietransitie vorm gaat geven vanuit een quadruple helix structuur van burgers, bedrijven, kennisorganisaties en gemeente.



# Trends, kansen en knelpunten

In een vooronderzoek zijn via desk research en een groot aantal interviews met experts met diverse achtergronden de belangrijkste trends, kansen en knelpunten geïdentificeerd die belangrijk zijn voor Eindhoven Energieneutraal.

## Urbanisatie

Eindhoven, ca. 220.000 inwoners, bevindt zich in één van de grootste segmenten van de indeling van stedelijke gebieden: de zogenaamde parksteden [IIASA, 2013].

Table 18.3 | Population in urban locations by city size class in 2005.

Size class	Total City population	Proportion of total urban population
	2005	
	Millions	%
Total urban population	3,167	100
<100,000	1069	34
100,000–1,000,000	932	29
1,000,000–5,000,000	673	21
5,000,000–10,000,000	209	7
>10,000,000	284	9

Source: UN DESA, 2010.

Parksteden verschillen in een aantal opzichten van andere steden:

- Ze hebben een relatief lage bevolkingsdichtheid.
- Er is relatief veel groen aanwezig in de stad.
- Er zijn goede verbindingen voor auto's naar het centrum, waardoor het gebruik van de auto hoog is en de utilisatiegraad van het openbaar vervoer relatief laag.
- Er is relatief veel laagbouw, de warmte/koude verhouding is ongunstiger (5:1) dan in steden met relatief veel hoogbouw (1:1).

Dit betekent dat voor parksteden een eigen benadering rondom energiehuishouding nodig is.

Daarnaast is de verwachting dat het aantal parksteden met een inwoneraantal tot 200.000 de komende 40 jaar flink zal groeien [IIASA, 2013]. Dit biedt een kans voor Eindhoven om een rol te spelen in de regionale duurzaamheidseconomie.

## Meer autonomie en massa-individualisering

Technologische ontwikkeling heeft geleid tot een toenemende individualisering en autonomie in de menselijke samenleving. Mensen hebben een enorme vrijheid met betrekking tot communiceren, vervoer en de keuze uit beschikbare producten en diensten en de inrichting van hun leven (opleiding, hobbies, kinderen, werk en woonplaats). Deze individualiseringsgolf maakt het moeilijk om van bovenaf effectief te sturen.

Daarnaast is er de laatste decennia een kentering gekomen in het streven naar een verzorgingstaat en wordt meer aangestuurd op eigen verantwoordelijkheid en zelfredzaamheid van burgers bij een zich terugtrekkende overheid. Burgers zullen meer verantwoordelijkheid moeten nemen voor zichzelf, hun gezin, familie en omgeving. Dit betreft hun economische situatie, maar ook de kwaliteit van leven in hun omgeving en daarmee samenhangende duurzaamheidsbeslissingen.

Toch schatten experts de autonomie van burgers rondom duurzaamheid laag in. Circa de helft van de bewoners is zich niet bewust van dan wel staat wantrouwend tegenover duurzaamheid.

Hier ligt een kans voor een buurtbenadering om de duurzaamheidstransitie te realiseren. Daarmee kan samenhang worden gezocht tussen particuliere initiatieven en initiatieven van woningcorporaties (ook onderling) om synergie te halen in lokale infrastructurele investeringen. Deze investeringen

worden veel sneller uitgenut als een groot deel van de buurt, particulieren en woningcorporaties) samen optrekt. Er zijn inmiddels een aantal succesfactoren voor dergelijk aanpakken bekend om dit effectief en efficiënt tot stand te brengen.

## Lage betrokkenheid bij “Energie”

In de huidige tijd is energie voor de meeste burgers een *low involvement topic*. [Midden, 2013]. De meeste mensen zijn niet bewust met energie bezig. Veel mensen kijken slechts één keer paar jaar naar de energierekening en zijn zich nauwelijks bewust van waar energie wordt verbruikt en wat de consequenties zijn van als we zo doorgaan met energieverbruik. Dat is op zich ook niet vreemd, de gemiddelde Nederlander heeft zich de afgelopen 60 jaar nooit druk hoeven te maken over energie. Het was er gewoon en kwam via de meterkast binnen. Het was vanzelfsprekend.

Toch zijn er ook gevallen waarin die lage betrokkenheid ineens om kan slaan, zoals Shell overkwam bij de Brent Spar waar ineens milieu een hoge emotionele betrokkenheid kreeg. Onderwerpen als duurzaamheid en energie kunnen dus opeens wel veel betrokkenheid oproepen [Agterberg, 2013].

## Van individueel bezit naar meer gezamenlijk gebruik

Het bewonersbestand van wooncorporaties is aan het verjongen en de nieuwe generatie kijkt anders tegen bezit aan [TrendRede, 2014]. Het gaat hen veel meer om de dagelijkse toegang tot producten en diensten. De economie van het delen is in opkomst. Voor sommigen roept dit een gevoel van verlies van controle op, maar in het verleden zijn goede dingen ontstaan als de overheid zich beperkt tot het opstellen van wat spelregels, maar het verder aan burgers overliet, zoals de bij de ontwikkeling van de



grachtengordel in Amsterdam [Tegenlicht, Bouw 't zelf, 2013].

Er liggen kansen in het benutten van deze trend voor duurzame energie. Hiervoor is het van belang dat de eigenaar/gebruiker de goede beslissingen kan nemen. Op dit moment is het voor gebruikers die bijvoorbeeld zonnepanelen krijgen aangeboden van een energiecorporatie moeilijk om in te zien of dit echt het meest economische en duurzame alternatief is. Hoe maak je de afweging tussen een zonnepaneel op je dak tegenover bijvoorbeeld een deelname in een windturbine die elders (bijv. op zee) wordt geplaatst? [Knops, 2013]. Daarvoor zijn nog wel effectieve modellen voor collectief bezit nodig.

## Oppervlaktegebruik bij energieopwekking wordt hoger

Duurzame energieopwekking gaat in de toekomst meer oppervlakte vergen. De energiedichtheid van duurzame energieopwekking is vergeleken met fossiele energieopwekking ongeveer een factor 100-1000 lager. Dat wil zeggen dat we voor de opwekking van dezelfde hoeveelheid energie 100-1000 keer meer oppervlakte voor zonnepanelen, windturbineparken e.d. nodig is. [Ecofys, 2013].

Een voorbeeld: om alle elektriciteit voor Eindhoven (huishoudens, overheid, handel, dienstverlening en industrie) door zonnepanelen op te wekken is ongeveer 10% van het oppervlak van de gemeente nodig (8km<sup>2</sup>). Dit zou een investering in zonnepanelen van ca. 2 miljard vergen. Cijfers gebaseerd op [Zonneatlas, 2013] en [Eindhoven, 2012].

## Energieopslag nog steeds te duur

Energieaanbod en energievraag sluiten niet goed op elkaar aan. Bij duurzame energie wordt die onbalans zeer veel groter. Wind en zon hebben in Nederland te maken met fluctuaties: jaarlijks, dagelijks en zelfs nog snellere variaties. Ook de behoefte aan energie varieert door het jaar en over de dag. Op dit moment

vangt de grijze energie, de variaties in het huidige aanbod van groene energie op.

Maar er komt een moment, zoals in Duitsland, waar 25 % van de gemiddelde elektriciteitsbehoefte al duurzaam wordt opgewekt, waar af en toe meer duurzame energie wordt opgewekt, dan nodig is. Dan is energieopslag nodig om de energie te kunnen gebruiken op het moment dat de vraag weer groter is dan het aanbod. Energieopslag is een belangrijk element in alle smart grid oplossingen, een slimme manier om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, zeker als het elektriciteitsnet wordt gestabiliseerd op basis van marktmechanismes, waarbij de gebruiker pas terug levert aan het net als de prijs interessant is.

Energieopslagtechnologieën zijn echter nog veel te duur. De huidige oplossingen zijn:

- Waterkracht: het teveel aan elektriciteit wordt omhoog gepompt en via een hydrocentrale weer opgezet in elektriciteit. Dit is veruit de meest gebruikte en goedkoopste manier van opslag. Toch staat er in de hele wereld nu ca. 127000MW aan opslagcapaciteit, dat is nog minder dan 1 jaar verbruik in Eindhoven: heel erg weinig dus.
- Gecomprimeerde lucht. De huidige opslagcapaciteit in de wereld is ca. 440MW, ongeveer 1 dag verbruik in Eindhoven.
- Allerlei soorten batterijen. Huidige capaciteit totaal 70-100MW (5 uur verbruik in Eindhoven). De verwachting is dat dit snel kan groeien zodra het mogelijk is om de accu's van elektrische auto's te gebruiken, ook al is dit een dure vorm van opslag. Technisch is het inmiddels mogelijk. [Club v Maarsen, 2013]. De accu's van de huidige Tesla Model S kunnen een gemiddeld gezin ruim 7 dagen voorzien in zijn dagelijkse elektriciteitsbehoefte.
- Overige oplossingen, waaronder vliegwielen, elektriciteit naar gas en elektriciteit naar warmte, hebben op dit moment nauwelijks geïnstalleerde capaciteit.

Voor economisch haalbare duurzame energieopslag zijn doorbraken in technologie nodig, maar de optimistische experts verwachten dat dit de komende 10 tot 20 jaar zou kunnen gebeuren.

## Fossiele brandstofkosten zijn te laag

Op dit moment zijn in de gehanteerde prijzen van fossiele brandstof een groot aantal indirecte kosten niet opgenomen [Brown, 2008]. Een liter benzine in the US in 2007 kostte aan de pomp \$0.75. De kosten van klimaatverandering, van belastingvoordelen naar de US olieindustrie, voor de militaire bescherming van toegang tot olie in het Midden Oosten en de gezondheidskosten voor allerlei ziektes aan longen en luchtwegen ten gevolge van het inademen van verontreinigde lucht zitten hier niet bij. Worden deze kosten wel meegenomen moet de prijs van één liter benzine worden verhoogd naar \$3.75.

Energiekosten worden vaak bewust laag gehouden om geen economische activiteiten te verliezen. De vrees van overheden is dat de concurrentiepositie wordt ondermijnd als de energieprijzen te sterk omhoog gaan.

In 2011 ging er zes keer zoveel subsidie naar fossiele brandstof dan naar duurzame energiebronnen [Bloomberg, 2011]. Het International Energy Agency stelde dat de subsidies de markt verstoorden en energieverkwisting stimuleerden. Zij stelde dat de kosten van subsidies naar fossiele brandstoffen niet opwegen tegen de voordelen.

Ook in Nederland is er een overcapaciteit aan 'grijze' centrales gebouwd, waardoor de kostprijs zeer laag kan worden gehouden [Agterberg, 2013]. Deze lage kostprijzen maken het moeilijk voor de jonge duurzaamheidsindustrie om zich snel te ontwikkelen. Er zijn veel aanbieders van oplossingen en diensten, echter de economische terugverdientijd blijft slecht. Mede omdat bij duurzame oplossingen wel de indi-

recte kosten worden meegenomen en bij de grijze oplossingen niet.

Daarnaast veroorzaken de lage prijzen van grijze energie een rolconflict bij de woningcorporaties. Hun kerntaak is het aanbieden van betaalbaar wonen. Duurzaamheid staat hoog in het vaandel, maar wanneer duurzaamheidsmaatregelen de integrale kosten van wonen (dreigen te) verhogen staat dat onmiddellijk op gespannen voet met de kerntaak van woningcorporaties.

## Onzekerheid over subsidies

Het energiedomein is een lappendeken van subsidiemogelijkheden, die deels tegenstrijdig zijn, deels aanvullend. Bovendien worden regelmatig subsidiestromen gestopt en op een andere manier weer opgezet. Dat leidt vaak vooral voor diegene, die hun business modellen daarop hebben gebaseerd tot behoorlijke financiële aderlatingen. Dit wisselende beleid leidt tot veel onrust en vernietiging van kennis en investeringen en argwaan bij de burger, die niet kan overzien wat de toekomst brengt.

Tenslotte is er op Europees niveau geen goede afstemming tussen de landen. Bijvoorbeeld: Denemarken en Duitsland dumpen regelmatig hun overschot aan duurzame energie naar andere landen. Hierdoor wordt in dielanden de duurzame energietransitie lastiger.

Duurzame energie vereist dat er van lokale omstandigheden gebruik moet worden gemaakt. Oplossingen zullen verschillend zijn onder invloed van de bevolkingsdichtheid, beschikbaarheid van lokale grote energieverbruikende industrie en aanwezigheid van centrales en de mate van geschiktheid voor verschillende technologische oplossingen (bijv. wind of geothermie). De lokale afhankelijk pleit voor lokale sturing met subsidies en regelgeving, in plaats van op landelijk of zelfs Europees niveau.

## Een stuwmeer aan technologie

Zoals de auteurs van TrendRede 2014 opmerkten: er is een stuwmeer aan technologie voorhanden. Het kiezen van de juiste technologieën is een complex en onoverzichtelijk vraagstuk. Op basis van het begrip exergie (een soort kwaliteitsmaat voor energie) zijn er twee clusters te onderscheiden:

- Energie met een hoge exergetische waarde. Deze energie, zoals elektriciteit, gas of benzine kun je relatief eenvoudig met weinig moeite in tijd en plaats verplaatsen en je kunt er veel verschillende dingen mee doen.
- Energie met een lage exergetische waarde. Deze energie, zoals warm water of koud water (ten opzichte van de omgevingstemperatuur) kan bijna alleen maar voor warmte en koude toepassingen gebruikt worden en is niet of zeer inefficiënt om te zetten naar bijvoorbeeld elektriciteit.

Het is zeer eenvoudig om hoogexergetische energie om te zetten laag exergetische energie. Andersom is veel moeilijker.

### Duurzame energietechnologieën

Duurzame technologie-cluster	Eigenschappen	Energie-opwekking	Energiebesparing	Energieopslag
Hoog exergetische media	Eenvoudig te verplaatsen, opwekking en verbruik kunnen fysiek ver uit elkaar liggen	Van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wind</li> <li>• Zon (PV)</li> <li>• Water (getijde, osmose)</li> <li>• Algen</li> <li>• Biomassa</li> </ul> Naar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektriciteit, biogas of bio-gasolie</li> </ul>	Gedrag Huishoudelijke apparaten	Gepompt water (stuwmeer) Gecomprimeerde lucht Accu's en supercondensatoren Vliegwielen Power-to-gas
Laag exergetische media	Erg lokatiegebonden, opwekking en verbruik moeten dicht bij elkaar liggen	Van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektriciteit, warmte uit geothermische bodemlagen, biogas, of bio-gasolie</li> <li>• Zon (zonnecollector), 'restwarmte' van industrie of huishoudelijk gebruik</li> </ul> Naar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• warmte of koude</li> </ul>	Gedrag Isolatie	Water in een geïsoleerde omgeving, zoals een natuurlijk vat of een natuurlijk geïsoleerde grondwaterlaag.

In onderstaande tabel is zijn de duurzame energie-technologieën ingedeeld op basis van exergie.

De enorme hoeveelheid mogelijke technologieën, ieder met zijn sterktes en zwaktes en deels onvolgende bewezen in de praktijk, maakt het zeer onoverzichtelijk. Overigens is dit een vrij normaal fenomeen dat ook bij andere industrieën in het begin van de industriële ontwikkeling is opgetreden.

Voor keuzes, die de komende jaren gemaakt worden, is het dus belangrijk, dat de economische terugverdientijd relatief kort is om snel opnieuw investeringen te doen in betere technologie. Verder is de robuustheid van de technologie (doet "ie" 't, als ik dat wil) een aandachtspunt. Tenslotte als er diepte investeringen met lange terugverdientijden gemaakt moeten worden, dan is het zaak om de keuzes en de infrastructuur toekomstgericht te maken, zodat technologische verbeteringen meegepikt kunnen worden zonder dat eerdere gedane investeringen moeten worden afgeschreven.

De tabel hieronder geeft een overzicht van technologische oplossingen voor duurzame energie. Voor een uitgebreidere versie wordt verwezen naar bijlage C.

## Samen op weg naar Eindhoven Energieneutraal 2045

In 2045 heeft Eindhoven een goed

### Waarde systeem

(is het begrip van iedereen opgerekt van 'duurzame vis' naar een duurzame samenleving)

zijn alle betrokkenen zich bewust van hun rol in duurzaamheid

zijn er vooral collectieve acties in plaats van versnipperde individuele acties

is er een waardenetwerk en 'ecosysteem' ontwikkeld

zijn mensen minder gefocuseerd op bezit, en meer op gebruik

heeft Eindhoven een goede reputatie en is integer

In 2045 is Eindhoven vooral bezig met

### Doen!

(er wordt niet alleen over gepraat, maar ook daadwerkelijk geïmplementeerd)

wordt er samengewerkt aan duurzaamheid

worden nieuwe business modellen geïmplementeerd die duurzaamheid stimuleren

implementeert Eindhoven duurzame technologie

is er aandacht voor de sociale implementatie

In 2045 wordt samengewerkt in

### Innoveren en leren

(met alle betrokkenen: burgers, publieke en private partijen en kennisinstellingen)

loopt Eindhoven voorop in het toepassen van vernieuwingen in proeftuinen en living labs

is Eindhoven 1 van de 10 door de EU gewaardeerde *demonstration cities*

maakt Eindhoven slimme keuzes om snel en efficiënt te kunnen leren

leidt duurzame innovatie tot extra economische bedrijvigheid in de regio

is er regie om het totaal plaatje aan en bij te sturen

In 2045 neemt Eindhoven de juiste

### Beslissingen

(gebaseerd op integrale afwegingen op het juiste niveau met alle betrokkenen)

is er een aanpak voor een integrale afweging (economische, sociale, ... etc aspecten)

wordt actief gezocht naar synergetische lussen met keuzes die elkaar versterken

is de distributie van waardenstromen goed geregeld over grenzen heen

zijn de rollen geherdefinieerd zodat goede keuzes kunnen worden gemaakt

In 2045 neemt Eindhoven haar

### Verantwoordelijkheid

(en vergroot haar invloed indien nodig om de duurzaamheidsdoelstellingen te ondersteunen)

wordt er gezorgd dat belangrijke onderwerpen voldoende prioriteit krijgen op EU niveau

# Visie

## Samen op weg naar Eindhoven Energieneutraal in 2045

In 2045 is Eindhoven volledig energieneutraal. Op basis van het vooronderzoek naar de trends en knelpunten kunnen een aantal elementen expliciet gemaakt worden die nodig zijn om deze doelstelling te realiseren. In een workshop met de opdrachtgevers (de betrokken wethouders Schreurs en Helms van de gemeente Eindhoven en de heren Eggermont en Bogaarts van het Woonbedrijf) zijn een vijftal elementen vastgesteld die een plaats hebben in de visie voor Eindhoven Energieneutraal 2045. Dit zijn eigenlijk vooral instrumentele waarden, dat wil zeggen, dat deze waarden met name iets zeggen over de wijze waarop Eindhoven energieneutraal wil worden. Daarom zouden deze waarden al rond 2025 moeten zijn geïmplementeerd.

### Waarde systeem

Op weg naar 2045 heeft Eindhoven een goed waarde systeem ontwikkeld. Alle burgers en betrokkenen zijn zich bewust geworden van de betekenis van het begrip duurzaamheid en hun eigen rol daarin. De individuele acties die in de beginjaren van de implementatie van de visie en roadmap gemeengoed waren, zijn uitgegroeid tot collectieve acties, waarin verschillende stakeholders samenwerken in het creëren van duurzame oplossingen. Ook is een nieuw ecosysteem ontwikkeld waarin de bredere notie van waarde gehanteerd wordt. In dit ecosysteem werken verschillende organisaties samen om duurzame waarde te creëren.

Mensen zijn zich ook bewust van de consequenties van hun keuzes en gedrag. Een voorbeeld daarvan is dat er meer nadruk komt te liggen op het gebruik van goederen, boven het bezit ervan.

Door de nadruk op echte waarde heeft Eindhoven een goede reputatie opgebouwd met integere beslissingen.

### Doen!

In 2045, maar vooral ook op de weg daar naar toe kenmerkt Eindhoven zich door te doen. Er wordt niet alleen gepraat over duurzaamheid, maar ook daadwerkelijk geïmplementeerd. Dit vraagt intensieve samenwerking tussen burgers, publieke en private partijen. Omdat er in de transitie naar duurzame oplossingen ook tegenwerking kan ontstaan van partijen die baat hebben bij het oude model en van mensen met een angst voor veranderingen is het belangrijk dat er ook nieuwe business modellen worden ontwikkeld en geïmplementeerd die duurzaamheid stimuleren.

Er is een duidelijk besef dat de omslag naar duurzame oplossingen niet alleen een technisch vraagstuk is maar vooral aandacht vraagt voor de sociale implementatie. Op weg naar 2045 worden hiervoor aanpakken ontwikkeld.

### Innoveren en leren

De transitie naar duurzame energieneutraliteit is geen lineair pad, maar een leerproces. In Eindhoven wordt er samengewerkt in innovatie en leren met alle betrokkenen: burgers, publieke en private partijen en kennisinstellingen. Eindhoven loopt voorop in het toepassen van vernieuwingen in proeftuinen en living labs voor duurzame oplossingen. Door hier in voorop te lopen haalt zij de status van *demonstration city* op EU niveau.

Om snel en efficiënt te kunnen leren worden slimme keuzes gemaakt in de pilots die in de proeftuinen lopen om duurzaamheid te stimuleren. Door de betrokkenheid van innovatieve bedrijven in de pilots ontstaat er economische bedrijvigheid in de regio met nieuwe duurzame technologie die goed aansluit bij de behoeften van de eindgebruikers. De kracht van Eindhoven als design en technologie stad wordt hierin expliciet gebundeld.

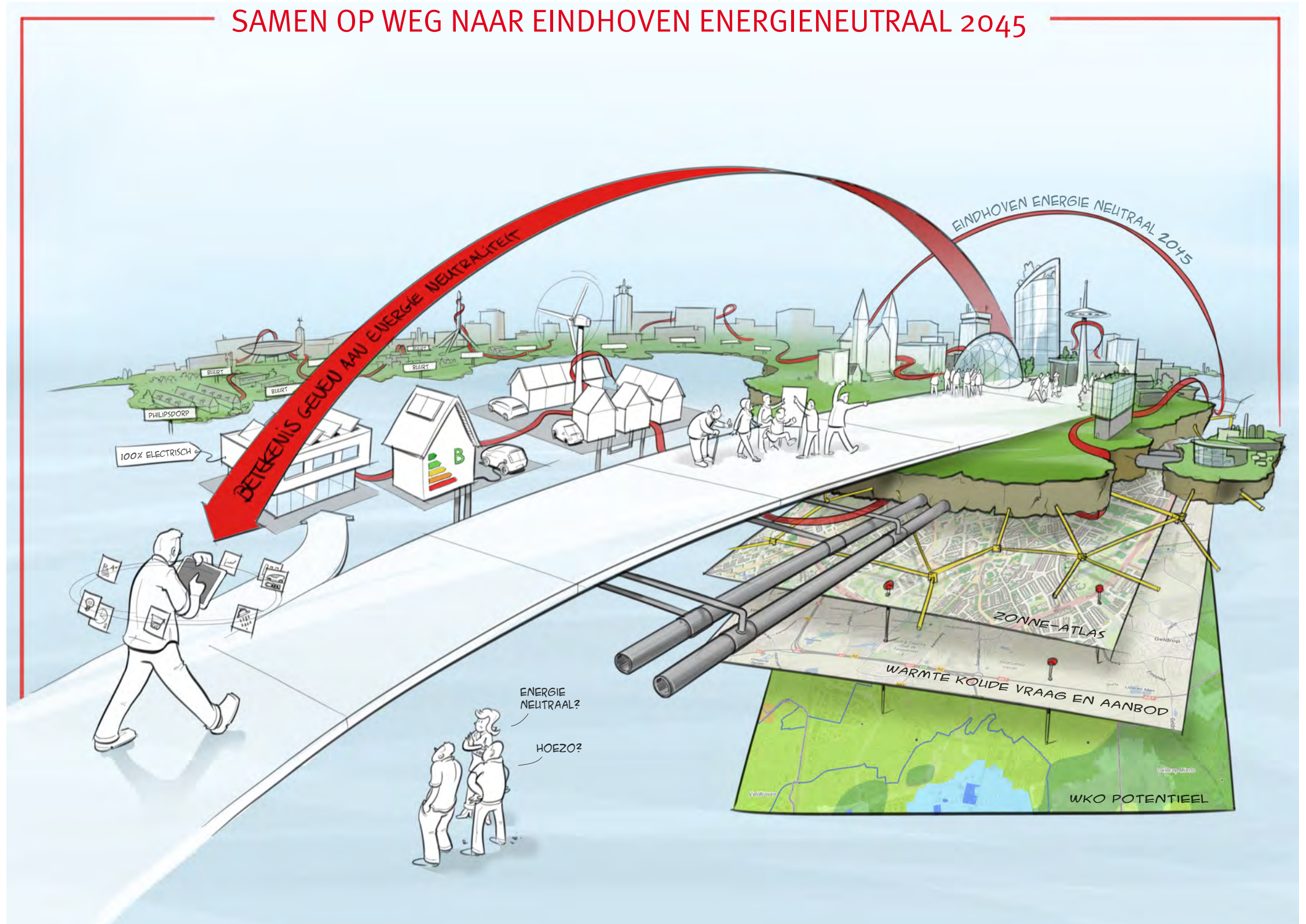
### Beslissingen

Integrale afwegingen zijn de basis van de beslissingen in Eindhoven. De beslissingen worden op het juiste niveau genomen, met alle betrokkenen. Om tot een integrale afweging te kunnen komen is een aanpak ontwikkeld waarin in de breedte gekeken wordt naar economische, ecologische, sociale en andere aspecten die van belang zijn. Er wordt actief gezocht naar keuzes die elkaar onderling versterken (zogenaamde synergetische lussen). In dergelijke keuzes wordt ook over grenzen heen samengewerkt en wordt de distributie van waarde goed geregeld, zodat een eerlijke verdeling ontstaat die duurzame oplossingen in de hand werkt. Om deze keuzes over grenzen heen goed te kunnen maken wordt continue bekeken welke rollen er gespeeld moeten worden, en hoe die het best verdeeld kunnen worden. De verantwoordelijkheid voor keuzes wordt gezamenlijk gedragen door burgers, bedrijven, kennisinstellingen en de overheid.

### Verantwoordelijkheid

Op weg naar 2045 neemt Eindhoven haar verantwoordelijkheid om de duurzaamheidsdoelstellingen te realiseren. Hiervoor zal het nodig zijn om invloed te vergroten als beslissingen boven het stedelijk of regionaal niveau uitstijgen. Eindhoven kan, zeker als zij de status van *demonstration city* behaalt, zorgen dat belangrijke onderwerpen voldoende prioriteit krijgen op landelijk of EU niveau.

# SAMEN OP WEG NAAR EINDHOVEN ENERGIENEUTRAAL 2045



## Visualisatie gewenst scenario

Er is weinig verschil van mening, waar Eindhoven staat met betrekking tot energie. In 2045, maar voor de gebouwde omgeving liefst al eerder, is Eindhoven energieneutraal. Dat wil zeggen dat er geen gebruik meer wordt gemaakt van fossiele brandstoffen, maar alleen nog van hernieuwbare (duurzame) energiebronnen, zoals wind, zon, water en biomassa.

### Bewustwording

Hoewel er in de media nog een strijd wordt gevoerd over de impact van het gebruik van fossiele brandstoffen is er duidelijk consensus over de effecten van een opwarming van de aarde: extreme weersomstandigheden, verhoging van de zeespiegel en verzuring van zeewater, uitsterving van diersoorten, verdwijnen van gletsjers en smelten van ijskappen, vermindering van voedselproductie en drinkwaterreserves en verhoogde kans op oorlogen door toenemende schaarste. Op dit moment is een kleine groep mensen zich hier bewust van en ook daadwerkelijk actief om dit gruwelscenario te vermijden. In het plaatje hiernaast is dit gevisualiseerd door een persoon die druk in de weer is met allerlei apps om zijn energieverbruik te monitoren en verbeteren. Helaas is er nog een groep personen die weinig notie van energieneutraliteit en duurzaamheid hebben, en dit al helemaal niet vertaald hebben naar duurzaam gedrag. Zij zijn rechts naast het pad getekend.

### De eerste autonome keuzes: gedrag, isolatie en zonne-energie

De eerste stap op weg naar Eindhoven energieneutraal is het aanpassen van gedrag, bijvoorbeeld geen airco of verwarming aan als er niemand thuis is, geen deuren open laten staan terwijl de verwarming aanstaat, bewust energiezuinige huishoudelijke apparaten aanschaffen, afval goed scheiden. Ondanks de directe economische voordelen blijkt uit onderzoek dat mensen pas echt bereid zijn hun gedrag te wijzigen, als ze merken dat ze uit de pas

lopen ten opzichte van de burens. Sociale cohesie in de buurt is een bijzonder belangrijke basis ook voor de weg naar een duurzame samenleving.

Isolatie is ook een belangrijk middel om energie te besparen. Dit kan variëren van bijna volledige isolatie (passief huis) tot en met het verbeteren van het huis naar tenminste label B. Samen met duurzaam gedrag kan hier ca. 30% van de energiebesparing vandaan komen.

Tenslotte is er het lokaal opwekken van elektriciteit via zonnepanelen of warm water door zonnecollectoren. Geholpen door de gunstige salderingsregeling wordt het burgers aantrekkelijk gemaakt te investeren in het lokaal opwekken van duurzame energie. Ook is het mogelijk om duurzame elektriciteit af te nemen zonder het zelf lokaal op te wekken. Nederland is voornemens twee grote windparken in zee op te zetten. Dit is met name van belang voor gebieden met een zeer hoge bevolkingsdichtheid, waarbij het benodigde aardoppervlak niet voldoende is.

### Een volgende keuze: warmte- en koudesystemen

Ook moeten er keuzes worden gemaakt over de duurzame invulling van de behoefte aan warmte en koude. Dit is het grootste deel van de energiebehoefte in de gebouwde omgeving. Op dit moment gaat het vooral om het vervangen van fossiel gas door een duurzamere oplossing, waarbij alleen zon en wind absoluut ontoereikend zijn om deze vraag te bedienen.

### Van tevoren over nagedacht: Infrastructurele keuzes

Warmte en koude systemen vragen om een geschikt transport en opslagmedium. Anders dan elektriciteit moeten opwekking, opslag en verbruik dicht bij elkaar liggen. Daarom moeten er fundamentele lokale infrastructurele keuzes worden gemaakt, die grote investeringen vergen. Alle bekende technische oplossingen hebben voor- en nadelen. Wetenschappers en ondernemers zijn naarstig op zoek naar nieuwe, betere technologie. Daarmee is de kans

op een investering, die door de voortschrijdende techniek ingehaald wordt, niet onwaarschijnlijk. De timing van fundamentele keuzes, voorafgegaan door Living Lab experimenten, toegespitst op de integratie van nieuwe technologie in de praktijk, is van cruciaal belang.

### Het belang van een buurtbenadering

Lokale, duurzame energiemaatregelen, zowel qua gedrag, als aanschaf van zonnepanelen, maar zeker warmte en koude systemen, worden veel effectiever en sneller rendabel als mensen, ondernemingen, woningcorporaties en gemeente in de buurten gezamenlijk optrekken. Dit valt samen met veranderingen in de samenleving, waarin de overheid zich terugtrekt en burgers participeren. Duurzame energie gaat niet alleen over de 'homo economicus', maar zeker ook over de 'homo socialis'. In de buurten zal de sociale cohesie op een hoger plan gebracht moeten worden en zullen 'trekkers' moeten opstaan, die helpen duurzaamheid in de buurt naar een hoger plan te brengen. De grootste uitdaging voor alle partijen in Eindhoven energieneutraal 2045 is om andere dialoog-, besluit- en samenwerkingsvormen te creëren.

### Energietransitie: schaken op meerdere borden

De energietransitie maakt dat er op meerdere borden geschaakt moet worden. In het plaatje is dit rechts onder gevisualiseerd door buizen en kaarten. Op alle kaarten zijn er mogelijkheden en onmogelijkheden. Een keuze op de ene kaart, maakt een keuze op een andere kaart overbodig of noodzakelijk. Integrale slimme keuzes over de verschillende kaarten heen maken een efficiënt en effectief duurzaam energiesysteem mogelijk voor zowel elektriciteit als warmte/koude. Door de koppeling wordt inzichtelijk welke keuzes nu al genomen kunnen worden, en waar beter het kruit nog even droog te houden. Maar ook welke buurten het meest geschikt zijn om te beginnen, waar de grootste kans op opschaling ligt en waar het grootste leereffect.

## Waardedrijvers van energiesystemen

### Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid

Hoe hoog is de besparing op fossiel energieverbruik. (€ct/kWh), hetzij door energiebesparing, hetzij door gebruik van duurzame energiebronnen (in plaats van energie gebaseerd op fossiele brandstoffen).

De bijdrage aan duurzaamheid wordt mede bepaald door de mate waarin voldaan wordt aan de vier duurzaamheidsprincipes van 'The Natural Step' [The Natural Step, 2013]

### Robuustheid

In hoeverre is het systeem in staat op de juiste tijden plaats altijd de gewenste energie te leveren.

### Economische waarde

De economische terugverdientijd (inclusief economische en/of technische levensduur en verhoging van de waarde van de gebouwen tijdens levensduur). De economische terugverdientijd kan te kort worden indien er snel technologische verbeteringen komen, die mensen dwingen hun installatie te snel af te moeten schrijven .

### Sociale waarde

In hoeverre biedt het duurzame energiesysteem mogelijkheden om mensen te helpen bij het krijgen van erkenning door hun omgeving voor hun duurzame gedrag. Uit tal van onderzoeken blijkt dat kennis over bijvoorbeeld energieverbruik in vergelijking tot de burens, mensen aanzet tot duurzamer gedrag. [Midden, 2013] [Laskey, 2013]. Sociale waarde is belangrijk om duurzaamheid als waarde te verankeren.

### Gezondheid & comfort

Het systeem levert geen gezondheidsproblemen op (ongezonde fijnstofconcentraties, hoge CO<sub>2</sub> concentraties etc) en is comfortabel in gebruik, maar ook bij installeren en aansluiten is de overlast beperkt.

### Architectonische waarde

Duurzame installaties verbruiken veel aardoppervlak, dat is minder erg als ze architectonische waarde toevoegen aan het stedelijke of agrarische landschap. Denk hier ook aan oppervlakte voor stuwmeren of plantages voor biovergisting.

### Autonomie

De mate waarin het systeem, maar ook de communicatie, de burger/organisatie zelfvertrouwen geeft en in staat stelt autonoom te beslissen en de consequenties van zijn beslissingen te overzien. Zonder autonomie is een burger niet verantwoordelijk en dat kan leiden tot duurzaamheidsapathie.

### Economisch potentieel

De extraregionale exportpotentie van kennis, services en systemen uitgedrukt in werkgelegenheid (salarisom) in de regio Eindhoven.

# Transitie naar energieneutraal

## Waardedrijvers van energiesystemen

Om inzicht te krijgen in de belangrijkste factoren op basis waarvan de beslissingen met betrekking tot energie worden genomen is een onderzoek gedaan naar de waardedrijvers van energiesystemen.

Een 'waardedrijver' is een belangrijke factor in het nemen van de beslissingen ten aanzien van gebruik of aankoop van een systeem, dienst of product. Welke waardedrijvers relevant zijn voor de (toekomstige) gebruikers, eigenaren of andere stakeholders van energiesystemen is vastgesteld aan de hand van interviews en desk research. Dit heeft geresulteerd in een achttal waardedrijvers (zie ook pagina 16):

- Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid
- Robuustheid
- Economische waarde
- Sociale waarde
- Gezondheid & comfort
- Architectonische waarde
- Autonomie
- Economisch potentieel

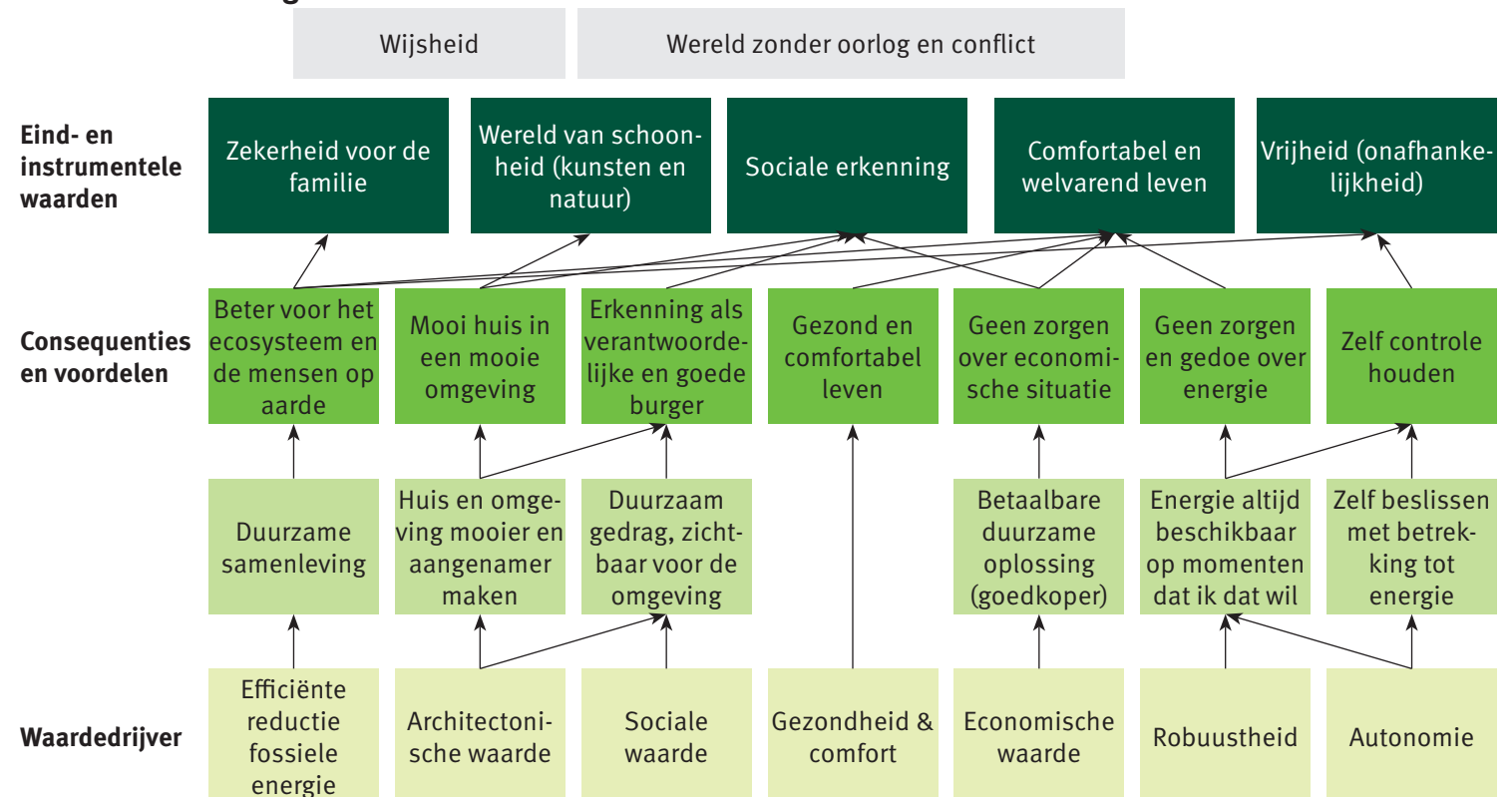
Voor een uitgebreidere toelichting op waardedrijvers, de waardeladder, gebruikerssegmenten en hoe deze leiden tot verschillende beslissingen wordt verwezen naar bijlage A.

## Waardeladder

Om beter inzicht te krijgen in de dieperliggende waarden van mensen is het zinvol de waardedrijvers te verbinden aan hogere waarden. De waardedrijvers kunnen verbonden worden aan psychologische, sociale voordelen en of consequenties, door steeds de vraag stellen waarom een waardedrijver belangrijk is. Door systematisch de gevonden waardedrijvers te onderzoeken, is een zogenaamde waardeladder opgesteld. Een waardeladder is erg bruikbaar bij het onderscheiden van verschillen tussen mensen (niet iedereen is hetzelfde), maar ook om dieperliggende behoeftes te identificeren, en energieneutraliteit te positioneren.

Voor de roadmap is het belangrijk dat verschillende positioneringen worden meegenomen, om maximaal draagvlak voor energiebesparing en duurzame oplossingen te realiseren.

## Waardeladder energie





## De evolutie van waardedrijvers

De ‘waarde’ van een waardedrijver verandert in de tijd. Hierin zijn een viertal fases te onderscheiden (zie ook de figuur hieronder):

- voor I: De beoogde gebruikers of beslissers van een systeem zijn zich vaak niet bewust van een behoefte. Er kan dan geen direct onderzoek naar hun voorkeuren of wensen worden gedaan. Wel is het mogelijk om op indirecte wijze de behoeften in kaart te brengen. Bijvoorbeeld via de diepere waarden. Er is alle reden om aan te nemen dat ‘energieneutraliteit en duurzaamheid’ nog niet echt wordt erkend als een belangrijke behoefte door de meeste bewoners van Eindhoven.
- tussen I en II: De persoon en beslisser onderkent nu de behoefte en het belang van deze waarde-

drijver. De aangeboden prestatie op de waardedrijver is hoog genoeg om in ieder geval een aantal *early adopters* in beweging te laten komen. De mensen die actief zijn met duurzaamheid herkennen dat er op dit moment sprake is van een grote hoeveelheid mogelijkheden, maar dat niet duidelijk is wat de beste keuzes voor Eindhoven zijn.

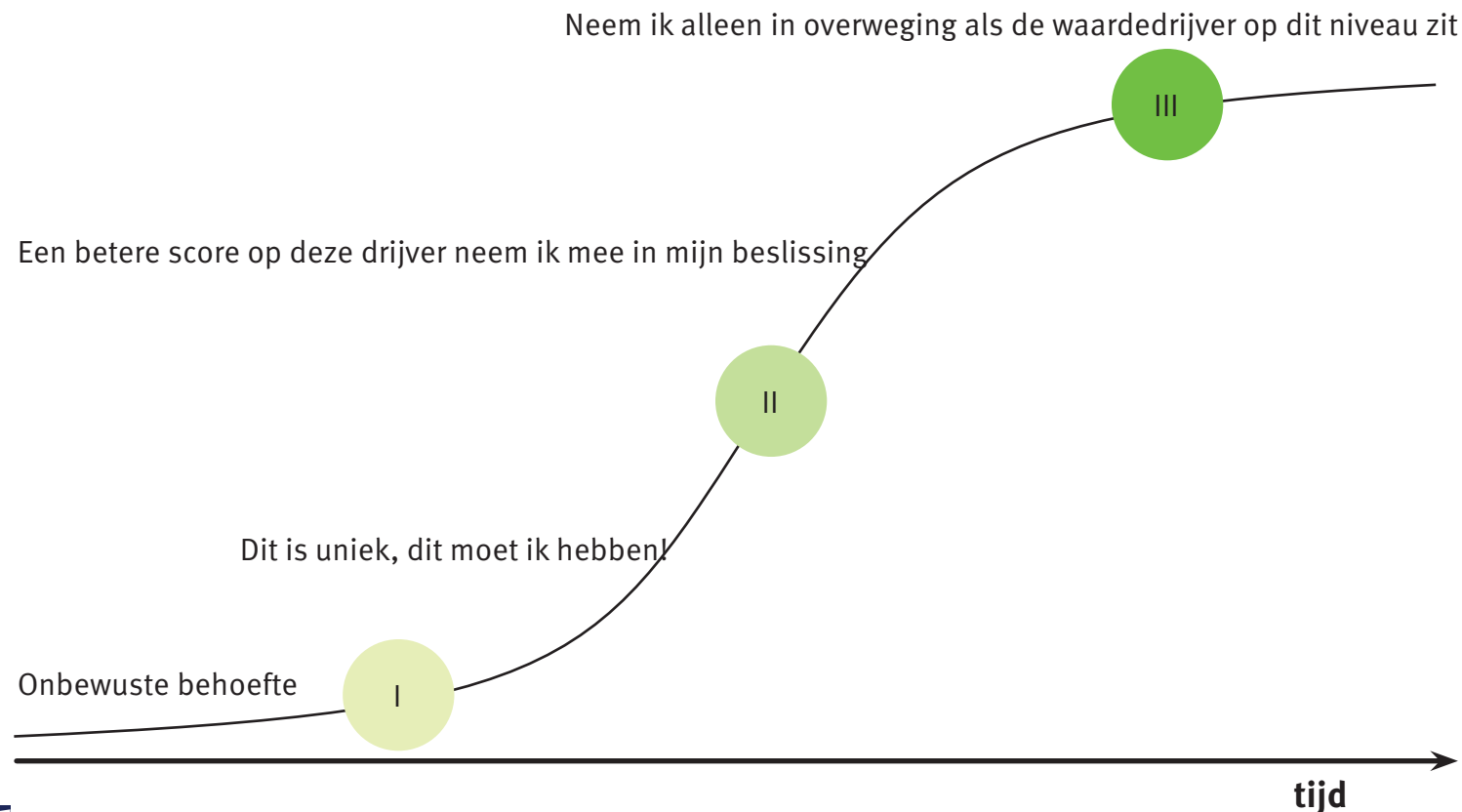
- tussen II en III: In deze fase zijn de hoofdkeuzes duidelijk en kunnen alternatieven met elkaar worden vergeleken. De waardedrijvers zijn bekend en worden meegenomen in de meeste besluiten.
- na III: De waardedrijver is een *dissatisfier* geworden: als het systeem hieraan onvoldoende invulling geeft wordt aanschaf of gebruik niet eens overwogen. Keuzes worden gemaakt op *brand* of reputatie en prijs.

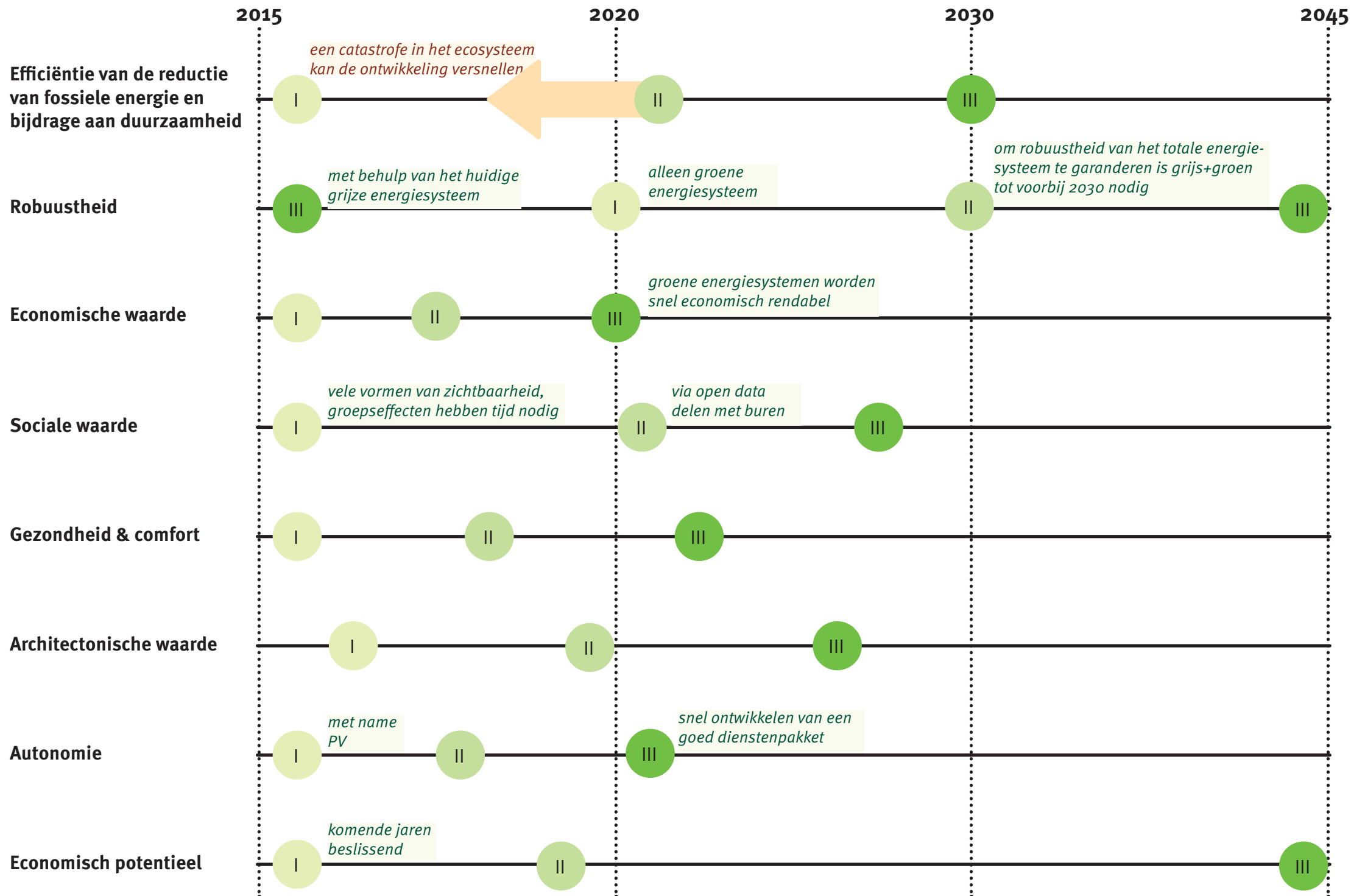
## De ontwikkeling van de waardedrijvers voor energie

Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de waardedrijvers voor energiesystemen over de looptijd van de roadmap is in de workshop met experts in twee groepen een inschatting gemaakt van de ontwikkeling van de waardedrijvers voor de komende decennia. Deze zijn achteraf geïntegreerd in één tijdspad (zie pagina 19).

Vervolgens zal voor elk van de waardedrijvers een korte toelichting worden gegeven op de gemaakte inschattingen. Voor een uitgebreidere beschrijving wordt verwezen naar bijlage A.

## Evolutie van waardedrijvers





Legenda: **I** Waardedrijver begint beslissingen te beïnvloeden      **II** Waardedrijver heeft bijna altijd invloed op de beslissing      **III** Waardedrijver heeft een drempelwaarde, goed is goed genoeg

## Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid



Er is nog weinig bewustzijn bij burgers dat energieneutraliteit en duurzaam gedrag essentieel zijn om onze leefomgeving op langere termijn gezond en veilig te houden. Ontwikkeling van deze waardedrijver is nodig om te voorkomen dat de transitie naar een duurzame samenleving zeer traag verloopt, want de enige andere relevante drijver is dan kostenbesparing. Dit is een *up-hill fight* tegen de (vooralsnog zeer goedkope) grijze energie, maar ook hebben economische argumenten geen hoge motiverende waarde voor de meeste burgers.

Een ecologische catastrofe in het ecosysteem kan de ontwikkeling enorm versnellen. Burgers zullen dan een beroep doen op de overheid om snel maatregelen te nemen om de schade verder te beperken.

## Robuustheid



Robuustheid is een belangrijke factor, en voor burgers in West-Europa een vanzelfsprekendheid. Het huidige grijze energiesysteem is uitermate robuust. Duurzame energie heeft daarentegen meer last van een instabiel aanbod enerzijds (variaties in beschikbaarheid van zon of wind) en vraag anderzijds (meer energie nodig in het huishouden in het weekend en meer warmte nodig in de winter). Zolang er geen doorbraak is in goedkope energieopslagsystemen zal grijze energie nodig zijn om de robuustheid van het totale systeem te kunnen garanderen.

## Gezondheid & comfort



Een gezonde en comfortabele woonomgeving zijn belangrijke zaken voor het welzijn van mensen. Klimaatbeheersing moet een integraal onderdeel zijn van het ontwerp van een (passief) huis of gebouw, maar ook bij de verbeteringen van een bestaand huis of gebouw. Ook (dag)licht speelt een belangrijke rol.

Het lastige bij gezondheid en comfort is dat weinig mensen zich bewust zijn van de effecten op hun gezondheid en welzijn, mede doordat ze niet direct zijn.

Ook is het zaak de overlast bij renovatie te verlagen. De bouw zou zich kunnen laten inspireren door SMED (Single Minute Exchange of Dies) uit de industriële productie.

## Architectonische waarde



De architectonische waarde (is de woning en zijn omgeving fraai om in te wonen) is op dit moment het 'kind van de rekening' van duurzaamheid. Vaak is het onzichtbaar (een HR++ ketel of isolatie) of ze wordt gezien als lelijk (zonnepanelen op een jaren-dertig huis, windturbines in het landschap). De uitdaging is om duurzame technologie zo te gebruiken dat de omgeving als een aangename plaats om te leven wordt ervaren.

Over 10 jaar wordt verwacht dat duurzame technologie die niet ook 'schoonheid' aan het landschap of het gebouw toevoegt, weinig kans meer maakt.

## Economische waarde



De (te) lage kosten voor fossiele brandstoffen maken de economische haalbaarheid van duurzame energie kwetsbaar. Terugverdientijden zijn lang en de onzekerheid met betrekking tot de kosten (al dan niet met subsidieregelingen) maken niet alleen burgers, maar ook woningcorporaties (die hun kerntaak het aanbieden van betaalbaar wonen voor lage inkomens serieus moeten nemen) voorzichtig.

Een gecoördineerde transitie van grijs naar groen is belangrijk om te zorgen dat grijze energie afneemt, maar nog wel zolang als nodig in hoogwaardige flexibele vorm aanwezig is.

## Sociale waarde



Uit diverse onderzoeken blijkt dat gedrag pas verandert als zichtbaar wordt hoe zuinig burgers ten opzichte van hun directe burens met energie omgaan [Midden 2013][Laskey 2013]. Een belangrijke rol voor technologie is dan ook om terugkoppeling op eigen gedrag of gedrag ten opzichte van de directe burens tot stand te brengen. Met aansluiting van allerlei apparaten en sensoren (*the internet of things*) en open data is een zeer snelle, zichtbare terugkoppeling op eigen gedrag mogelijk.

Naast isolatiemaatregelen is duurzaam gedrag een belangrijk middel in de besparing van energie. ‘Sociale technologie’ is daarmee alleszins de moeite waard voor Eindhoven.

## Autonomie



Burgers zijn argwanend geraakt door de vele ‘incidenten’ met betrekking tot (het gebrek aan) ethisch gedrag en het afhankelijk maken van hun klanten van hun producten van bedrijven en grote organisaties die vooral zijn gericht op winst. Er is behoefte aan een kleinschaligheid waarin mensen en hun behoeften centraal staan en ze zelf keuzes kunnen maken. Autonomie is een diepe drijfveer van mensen en speelt op verschillende niveaus: bij het maken van de grote systeemkeuzes, maar ook bij het bedienen van het systeem.

Een goed dienstenpakket en eenvoudige mens-dienst interacties zal bijdragen aan autonomie in duurzame energiesystemen, zowel in het beslissingsproces als in het gebruik van het systeem.

## Economisch potentieel



Het is wat minder relevant voor burgers, maar voor andere stakeholders is het economisch potentieel een belangrijke factor. Met name de mogelijkheid om kennis, producten en diensten te ontwikkelen en te exporteren en daarmee ook banen te creëren in de duurzame industrie.

De komende jaren zijn beslissend of de regio Eindhoven veel duurzame oplossingen moet inkopen en daarmee duurzaamheid een negatieve cashflow uit de regio creëert, of dat veel Eindhovenaren hier hun boterham mee verdienen en geld naar Eindhoven halen om weer andere lokale business in te regio te realiseren.

De verschillende lagen van het energiesysteem waarvoor verschillende kennis nodig is.



## Een energietransitiemodel voor Eindhoven

Uit het vooronderzoek kwam naar voren dat het energievraagstuk een complexer geheel is dan de eerdere roadmaps die gemaakt zijn voor openbare verlichting of educatie. Deze complexiteit zit er met name in dat er veel verschillende lagen zijn, elk met hun eigen specifieke kennis en netwerk van experts. Om tot integrale optimale beslissingen te kunnen komen en efficiënte implementatie is het nodig om de informatie over de verschillende lagen uit te wisselen.

De verschillende lagen die uit het vooronderzoek naar boven zijn gekomen zijn weergegeven in de figuur links. Elke laag is eigenlijk een kaart van Eindhoven, die een bepaald aspect weergeeft met betrekking tot energiesystemen, zie ook de tabel rechts.

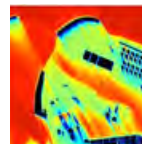
## Relatie tussen de waardedrijvers en het energietransitiemodel

In de verschillende delen van Eindhoven kan het zijn dat er lokaal voor andere groene energiesystemen gekozen gaat worden omdat de lokale mogelijkheden en randvoorwaarden anders zijn. Per lokatie zullen verschillende scenarios (andere combinaties van lagen) worden gedefinieerd als antwoord op de lokale energiesituatie (lokale vraag en aanbod). De betrokken belanghebbenden (lokale stakeholders) zullen de verschillende waardedrijvers anders wegen, afhankelijk van hun persoonlijk instrumentele en eindwaarden en randvoorwaarden (zoals kennis van zaken, financiële draagkracht). De mogelijke oplossingsscenario's worden vervolgens beoordeeld op lokaal gewogen scores op de waardedrijvers. Dit proces zal door de snelle ontwikkelingen in het energiedomein jaarlijks dienen te worden herhaald en plannen bijgesteld.



### Zonnelaag

Deze laag geeft aan waar zonne-energie wordt of kan worden toegepast. Alle oppervlaktes, daken, wegen en parken in kaart zijn gebracht. Hier kan men aangeven welke oppervlaktes de komende jaren zullen worden gebruikt om zonne-energie om te zetten naar elektriciteit of warm water.



### Windlaag

Hier wordt aangegeven welke gebieden of gebouwen voorzien zijn van windinstallaties en welke gebieden kansrijk zijn om van windinstallaties te voorzien.



### Eigenaarslaag

Zodra we de energietransitie lokaal als buurt gaan benaderen, is het van belang om te weten wie de eigenaren zijn. Zij zijn immers een belangrijke partij om de energietransitie lokaal te implementeren.



### Sociale laag

Een kaart, die aangeeft hoeveel sociale kracht er in een buurt aanwezig is om met elkaar de dialoog aan te gaan, samen met gemeente beslissingen te kunnen nemen en deze succesvol te implementeren. Cruciale succesfactoren zijn de aanwezigheid van trekkers en de sociale cohesie in de buurten.



### Energie-behoefte en aanbodslaag

Waar de behoefte aan warmte en waar aan koude in de zomer en in de winter? Zijn er mogelijkheden om waar warmte of koude aangeboden, dit ergens anders te gebruiken? Wat is de behoefte aan elektriciteit.



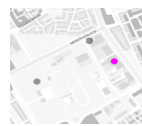
### Energiebesparingslaag

Wat is het energielabel (EPC) van de woningen en gebouwen. Waar valt er te besparen middels betere isolatie?



### (Energie) infrastructuurlaag

Deze laag geeft alle relevante fysieke netwerken aan (warmtenet, smart grid), ook infrastructuur, die al aanwezig is om mogelijke conflicten te vermijden.



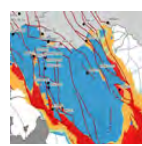
### Biomassalaag

Deze laag geeft alle biocentrales en biomassa voorzieningsgebieden aan.



### Warmte - Koude opslaglaag

Deze laag geeft aan waar Warmte-Koude Opslag (WKO) putten aanwezig zijn en wat potentieel veel belovend is met betrekking tot de opslagmogelijkheden in de aarde.



### Geothermische laag

Hoewel in Eindhoven waarschijnlijk geothermische energieopwekking minder aantrekkelijk is, kan het toch zijn dat in de toekomst de huidige inschattingen wijzigen. Het is van belang mocht die situatie optreden op voorhand te weten, waar dan zeer waarschijnlijk de putten kunnen worden geslagen.



Het verschil tussen hyperbolische en exponentiële groeicurve is gelegen in de afhankelijkheid van de aantrekkelijkheid van een propositie van het aantal individuen dat al voor de propositie heeft gekozen of gaat kiezen. Voorbeeld: Als je de enige bent met een mobieltje, dan is niemand daarin geïnteresseerd. Als iedereen, die je kent een mobieltje heeft dan is het extra aantrekkelijk om er ook eentje te kopen.

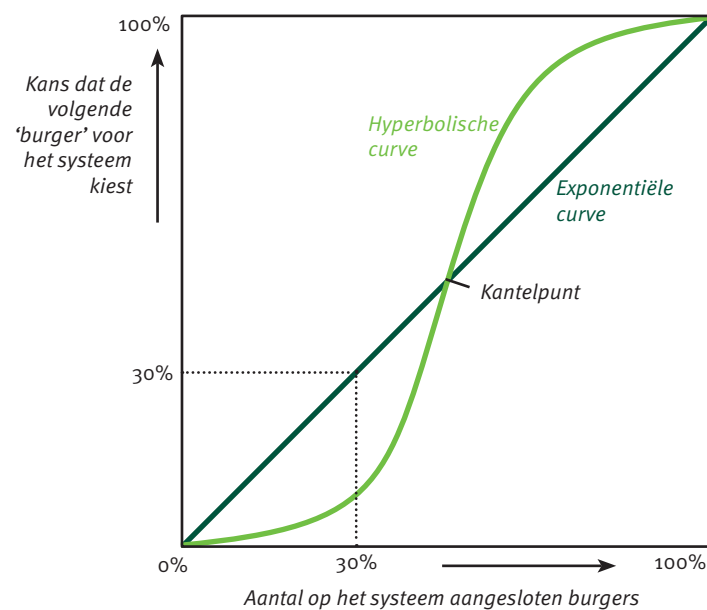
Op de verticale as van de grafiek hiernaast (pag 25), is de kans dat een burger/individu voor een systeem kiest aangegeven. Op de horizontale as het aantal burgers / individuen dat na verloop van tijd het systeem gekocht heeft. Als 30% van de burgers voor het systeem kiest, dan is bij exponentiële groei na verloop van tijd 30% van de burgers eigenaar / gebruiker van het systeem. Bij hyperbolische groei is echter in het plaatje 50% aan gebruikers nodig om 30% van de potentiële kopers voor het systeem te laten kiezen. Voorbij het kantelpunt, is bij 60% gebruikers, het aantal kopers 70% geworden.

## Systemtransitie van grijs naar groen

Voor een systeemtransitie is een groeipad nodig om te realiseren dat uiteindelijk alle energie duurzaam is. Er zijn een aantal bekende groeimodellen. De meest bekende is de 'exponentiële groeicurve'. Minder bekend maar voor de energietransitie meer relevant is de 'hyperbolische groeicurve'.

Dat deel van de energietransitie dat de geringe infrastructurele wijzigingen behoeft heeft een exponentiële groeicurve, zoals bijvoorbeeld het installeren van zonnepanelen. Een ander deel van de energietransitie gaat gepaard met behoorlijke aanpassingen van de infrastructuur, dit heeft een typische hyperbolische groeicurve. Voor de roadmap en de opties om het gewenste scenario voor 2045 te realiseren is begrip van deze opschalingsmodellen belangrijk, zodat de juiste stappen genomen worden en geanticipeerd wordt op de mogelijke groeiscenario's.

### Verskil tussen de hyperbolische en exponentiële groeicurve



Voor een uitgebreidere toelichting op de grafiek zie de pagina hiernaast (pag 24).

### Exponentiële groeicurve

Bij maximale autonomie besluit iedere burger voor zichzelf en indien de aangeboden oplossing daadwerkelijk beter is, ontstaat er in het algemeen een typische exponentiële groeicurve. Een tweede karakteristiek van exponentiële groei is dat zodra er een nog betere oplossing komt, deze op termijn de oorspronkelijke oplossing substitueert. Zonnepanelen, isoleren van woningen, aanschaffen van HR+-ketels zijn typisch voorbeelden van een dergelijke exponentiële groeimodel.

### Hyperbolische groeicurve

Ingeval naast een betere kwaliteit ook het (uiteindelijk te verwachten) aantal burgers dat voor de betere oplossing kiest een rol speelt, dan verandert de groeicurve. Als er in het begin nog weinig burgers zijn, die mee doen, kan het zijn dat dat reden is voor andere burgers om nog even te wachten. Zodra er een kantelpunt, qua aantallen participerende burgers, is bereikt, gaat opeens iedereen om. In het begin is de hyperbolische groeicurve dus trager dan de exponentiële groeicurve en nadat het kantelpunt is bereikt, steiler dan de dan exponentiële groeicurve. Naarmate een wijziging in de infrastructuur groter is, moeten een groter aantal burgers beslissen mee te doen om voldoende kritische massa te creëren. Als dat aantal te groot is en het te lang duurt voordat het kantelpunt wordt bereikt, is al die tijd het economische rendement van de nieuwe infrastructuur slecht voor de investeerders en meer risicovol.

Een kenmerk van hyperbolische groeicurves is, dat als een infrastructuur eenmaal is geïnstitutionaliseerd, het zeer moeilijk is voor toekomstige betere oplossingen, die nieuwe infrastructuur vragen, om weer het kantelpunt te bereiken. Er bestaat een gevaar van (lokale) monopolieposities van de eigenaren van de infrastructuur, wat ook ongewenst is.

### Groeien in schokken

Sommige duurzame technologische oplossingen vergen een schaalgrootte, die Eindhoven overstijgen (bijvoorbeeld windparken op zee). Er zullen een aantal oplossingen zijn die een grote hoeveelheid deelnemende woningen en gebouwen vragen om rendabel te zijn. Deze zullen leiden tot grotere schokken. Daarnaast zullen er een aantal kleinschaliger oplossingen zijn, met meer autonomie, minder complexiteit, minder risico's die een geleidelijker transitie mogelijk maken. Deze kleinschaliger oplossingen kunnen wellicht ook beter de toekomstige, betere, technische oplossingen absorberen. Het vermijden van het substitutieprobleem bij hyperbolische groei.

De complexiteit van de beslissingen hangt samen met het aantal lagen wat in een transitie moet worden meegenomen en uiteindelijk het aantal woningen, gebouwen wat bij de transitie betrokken is. Er is een gerede kans dat als de complexiteit te hoog wordt, dat op een bepaald moment er geen andere keuze is dan dat de overheid de energietransitie afdwingt. De overheid schakelt hiermee in feite het hyperbolische groeimodel uit.

Met behulp van de roadmap zal in de tweede fase van het project gekeken worden naar hoe in het implementatietraject rekening kan worden gehouden met deze complexiteit [Eigen & Winkler, 1987].





# Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045

De visie en het gewenste toekomstscenario voor Eindhoven Energieneutraal 2045 heeft als inspiratie gediend om mogelijkheden te verkennen om energieneutraliteit daadwerkelijk te realiseren. Het gewenste scenario bevat een aantal elementen van verschillende aard (voortbouwend op de lagen die eerder gepresenteerd zijn in het energietransitiemodel), die allen in gezamenlijkheid aangepakt moeten worden om energieneutraal te kunnen worden. In de roadmap is daarom gekozen om deze verschillende invalshoeken mee te nemen.

Als voorbereiding op de roadmap zijn naast de analyse van de waardedrijvers en het transitieproces ook een aantal deelscenario's uit het gewenste toekomstscenario uitgewerkt in een workshop met experts. Hierbij zijn een viertal deelscenario's bekeken:

- Van vage notie naar duurzaam gedrag: de uitdaging om burgers te motiveren zich duurzaam te gedragen en in duurzaamheid te investeren.
- Kleine, lokale systemen: buurten of een groep woningen die met elkaar een gezamenlijke infrastructuur gebruikt, met name met betrekking tot warmte/koude.
- *The all-electric house*: een extreem goed geïsoleerd huis dat alle elektriciteit en warmte/koude opwerkt die nodig is om comfortabel te leven en te werken
- Eindhoven warmtenet: een warmtenet als ruggengraat door de stad, waarin allerlei vraag en aanbod voor warmte en koude met elkaar wordt verbonden.

Voor de gedetailleerde resultaten van deze workshop wordt verwezen naar bijlage B.

Alle informatie die verkregen is uit de desk-research, interviews met experts en workshops is geclusterd en samengevat in een drietal hoofdcategorieën in de roadmap.

## Duurzaam gedrag

Hoe gaan we voor elkaar krijgen dat alle burgers van Eindhoven zich bewust worden van hun gedrag met betrekking tot duurzame energie en de consequenties en vervolgens ook daadwerkelijk hun gedrag aanpassen om energie te besparen en maximaal gebruik te maken van duurzame oplossingen? Hierbij zijn twee lijnen verder uitgewerkt:

- Bewustwording
- Persuasieve technologie

## Duurzame technologie

Hoe gaan we keuzes maken uit het stuwmeer aan beschikbare technologische oplossingen? Welke infrastructuur opties komen beschikbaar en hoe gaan we over de tijd de transitie naar duurzaamheid inrichten? De focus ligt hierbij op de gebouwde (woon)omgeving. Hierbij zijn twee lijnen verder uitgewerkt:

- Elektrische energie (hoog exergetisch)
- Warmte/koude voorziening (laag exergetisch)

## Duurzame organisatie

Hoe gaan we de organisatie inrichten die gaat leiden tot samenwerking tussen alle relevante partijen om de doelstelling energieneutraal te realiseren? Omdat de technologie nog niet volwassen is en er nieuwe business modellen nodig zijn, is ook het leerproces en inrichten van proeftuinen een belangrijk aspect. Hierbij zijn twee lijnen verder uitgewerkt:

- Publiek-private samenwerking op strategisch, tactisch en operationeel niveau
- Het integrale innovatie proces, van idee, experimenten, Living Labs en *roll-out*.

Op de volgende pagina's wordt eerst de complete roadmap getoond, waarna deze per lijn wordt toegelicht.

# Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045

## Mijlpalen

Naar bewust besparen en eigen groene energieopwekking

### Waardesystemen

waarmee integraal goede afwegingen kunnen worden gemaakt en met gepast opportunisme gehandeld kan worden

## Duurzaam gedrag

### Bewustwording

#### Positioneren van duurzaamheid

onderzoeken welke positionering van duurzaamheid leidt tot de hoogste betrokkenheid van burgers

#### Buurtbenadering

samen met trekkers uit de buurt en via sociale cohesie de randvoorwaarden scheppen om bewustwording te krijgen en echt aan de slag te gaan volgens The Natural Step

#### Buurtroadmaps

maken van plannen op buurtniveau om in samenhang over te stappen op duurzame technologieën, zowel via initiatieven van woningcorporaties als particulieren etc. in lijn met The Natural Step

#### Sociale interventie instrumenten

inzet van diverse sociale interventie instrumenten (bijv. ambassadeurs, scholen, of buurtcompetities) om dialoog met burgers te voeren en daarmee bewustwording te creëren

#### Inzichtelijk maken van werkelijke kosten

laten zien wat de werkelijke kosten van energie zijn (ook de verborgen kosten van grijze energie)

#### Sociale conformering

langdurige gedragsverandering creëren met behulp van sociale conformering (bewustwording is slechts een eerste stap)

#### Efficiency leuk maken

zoeken naar oplossingen om het 'rebound effect' tegen te gaan en te zorgen dat efficiency blijven nastreven leuk blijft, ook op de langere termijn

## Persuasieve technologie

#### Maatwerk oplossingen

begrip voor verschillen tussen mensen, gedrag en waarden, zoeken naar persoonlijke oplossingen waar mogelijk en nodig en gezamenlijke waar het kan of moet

#### Keuzemogelijkheden

modulair systeem van oplossingen waarin mensen kunnen kiezen, ook afhankelijk van mate van betrokkenheid ('regel 't maar voor mij' / 'm 'ik bepaal 't zelf')

#### Open data

data over energieverbruik (met inachtneming privacy) open stellen voor vergelijking en voor het formuleren van sociaal geaccepteerde doelen

#### Feedback op gebruik

aanbieden van specifieke feedback naar gebruikers over mogelijke besparingskeuzes en geschatte voordelen voor huishoudelijke apparaten e.d. op het moment van gebruik

#### Internet of things

inzicht in individueel energieverbruik met eigen regie houden in keuzes voor mogelijke besparingen en helpen verspilling tegen te gaan (bijv. verwarming staat aan en er is niemand thuis)

## Duurzame technologie

### Elektrisch

#### Palet met mogelijke keuzes

bewoners inzicht geven in de keuzes, pro's en con's, zowel voor hen persoonlijk als voor het ecosysteem.

#### Businessmodellen

business modellen (met en zonder subsidie) die kloppen en bruikbaar zijn in de scenario's van de buurtroadmaps, dit dwingt technologie aanbieders ook meer na te denken vanuit de

#### Opties elektrische infrastructuur

studie naar de infrastructurele consequenties van zonne- en windenergie, waarbij diverse opties worden bekeken en onzekerheden geschat om toekomst scenario's te

#### Marktmechanismen

slimme energiebalancerings via markt mechanismen vangen piekvraag op, prioriteitsschema's grijpen in in geval van schaarste of calamiteiten

## Warmte/koude

#### Isolatie & ventilatie

er komen steeds economisch rendabelere vormen van isolatie en ventilatie beschikbaar, ook om bestaande huizen passief te maken

#### Infrastructuur opties

studie naar diverse scenario's voor hoogwaardige infrastructurele beslissingen (zoals bijv. lage/hoge temp WKO, geothermie, bio-centrales d.m.v. algen) om verantwoord te kunnen kiezen

#### Ontwikkeling technologieën

ontwikkeling van alternatieve technologieën voor duurzame energieopwekking, hier liggen economische kansen omdat de huidige niet voldoen aan alle voorwaarden

#### Flexibele gedistribueerde systemen

flexibele systemen lijken kansrijk voor warmte/koude opslag

## Duurzame organisatie

### Publiek/private samenwerking

#### Platform Eindhoven Duurzaam

platform obv ca. 500 mensen en bedrijven in Eindhoven, die netwerken vormen om totale energiesystemen te leveren (incl. begeleiding bewoners & stakeholders, en financierings- en businessmodellen)

#### Afstemmingsproces

proces waarbij de gemeente/overheid enerzijds faciliteert om tot afgewogen keuzes te komen, maar daarin ook zelf inbreng heeft

#### Ontwikkeling waardesysteem

waarin het belang van de burgers en het maatschappelijk belang goed is geborgd, en wat toeleveranciers dwingt om zich netjes te gedragen

#### Rolbepaling

vaststellen welke rol de overheid, burger en private partijen hebben, waarbij de overheid zich ook als volwaardige samenwerkingspartner kan opstellen

## Living Labs

#### Leren van het verleden

analyse van de diverse initiatieven van de afgelopen jaren om te leren wat wel en wat niet werkt

#### Technologie & Design

echte samenwerking tussen design en technologie om klantgerichte oplossingen te vinden die aansluiten bij de (latente/niet uitgesproken) behoefte van mensen

#### Kleinschalige pilots

oprichting van waardenetwerken voor specifieke buurten waarin gezocht wordt naar duurzame verdienmodellen (zonder subsidie)

#### EPC business case

beschikbaarheid van objectieve modellen om de energie prestatie coëfficiënt door te kunnen rekenen ook bij verbeteringen van huizen

#### Opschaling

succesvolle pilots met een duurzaam verdienmodel worden opgeschaald en verder geëvalueerd op grotere schaal (in nieuwe specifieke contexten)

2015

2020

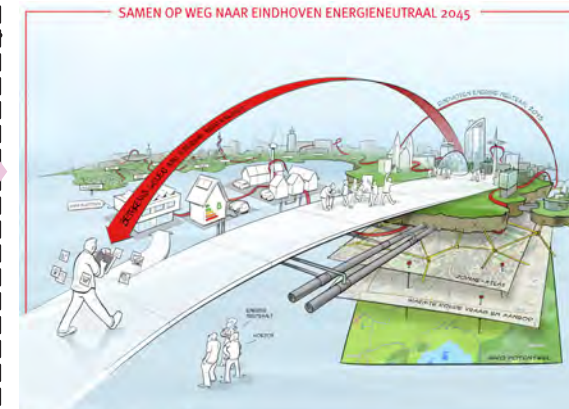
Naar eigen energiemanagement

Partieel energieneutraal

de samenwerkings- en besluitvormingsprocessen zijn ingeregeld en Eindhoven is op deelstukken energieneutraal

Naar energieneutrale gebouwde omgeving

# Eindhoven in 2045



## Energietegoed

budgetten voor energie (vgl. beltegoed), waarbij meer verbruik tegen extra kosten kan worden aangeschaft en korting ontstaat bij duurzaam gedrag

## Energieopslag

voor een volledige overgang naar duurzame energie is opslag essentieel, naast trage opslag (bijv. hydropower, power-to-gas) is snelle opslag (bijv. via accu's van elektrische auto's) nodig

## Nieuwe mogelijkheden

volgen van ontwikkelingen om nieuwe technologieën uit te nutten

## Vrije concurrentie

de markt bepaald welke producten en diensten het halen, waarbij bewuste burgers goed afgewogen keuzes maken tussen verschillende aanbiedingen

## Export uit de regio

diverse showcases zijn beschikbaar, bezoekers uit de hele wereld kunnen een tour krijgen langs de highlights, Eindhoven heeft een imago in duurzaamheid

## Showcases

succesvolle pilots benutten als showcases waarmee draagvlak voor verdere pilots gekregen wordt en ook externe bezoekers kunnen leren van de ervaringen

## Regels & normen

waar nodig aanpassing van regels en normen om duurzame oplossingen mogelijk te maken

## Verantwoordelijkheid

waar nodig zorgen voor aanpassing van regels en normen om duurzame oplossingen mogelijk te maken, ook buiten de eigen bevoegdheden (bijv. Europa)

In 2045 is Eindhoven volledig energieneutraal. Om deze doelstelling te bereiken worden een aantal elementen gerealiseerd:

In 2045 heeft Eindhoven een goed **waardesysteem** ontwikkeld en is het begrip duurzaamheid bij alle burgers opgerekt van 'duurzame vis' naar een duurzame samenleving.

In 2045 is Eindhoven vooral bezig met '**doen**', er wordt niet alleen gepraat over duurzaamheid, maar het wordt ook daadwerkelijk geïmplementeerd.

In 2045 wordt samengewerkt in **innoveren en leren** met alle betrokkenen: burgers, publieke en private partijen en kennisinstellingen.

In 2045 worden in Eindhoven de juiste **beslissingen** genomen, gebaseerd op integrale afwegingen op het juiste niveau met alle betrokkenen.

In 2045 neemt Eindhoven haar **verantwoordelijkheid** en vergroot haar invloed indien nodig om de duurzaamheidsdoelstellingen te ondersteunen.

2030

2045

April 2014

# Duurzaam gedrag



## Bewustwording

Een belangrijk element op weg naar een volledige energieneutraal Eindhoven is de bewustwording van alle mensen in de stad.

Als eerste is het belangrijk te onderzoeken welke positionering leidt tot de hoogste betrokkenheid van burgers. Het is op dit moment onvoldoende bekend hoeveel burgers warm lopen voor de waarde die duurzaamheid vertegenwoordigt. Veel proposities worden nu als kostenbesparing aangeboden, maar dit is vaak geen diepe waardedrijver voor mensen (zie ook bijlage A).

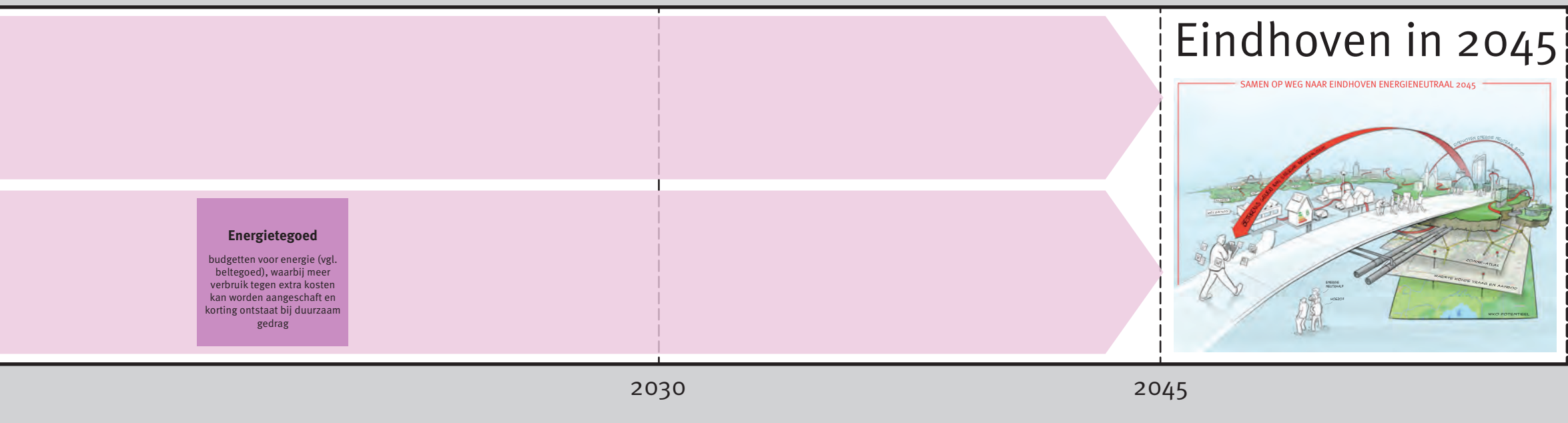
Uit diverse onderzoeken is gebleken dat voor bewustwording een sociale benadering nodig is. Technologie alleen is onvoldoende. In de roadmap is daarom gekozen voor een buurtbenadering, waarin bewoners actief betrokken worden. Als eerste stap wordt dan per buurt een roadmap gemaakt om alle initiatieven en opties voor zowel particulieren als woningcorporaties in kaart te brengen en plannen te maken in lijn met The Natural Step. Daarbij is het van belang dat er diverse interventie-instrumenten komen om te zorgen dat de grote diversiteit aan mensen, met verschillende motivaties en verschillende mogelijkheden allemaal bewust worden en deelnemen aan de dialoog. Om te laten zien wat de werkelijke kosten van energie zijn (ook de verborgen kosten van grijze energie) is het belangrijk dat deze inzichtelijk gemaakt worden (via open data). Dit zal het proces helpen van sociale conformering: in dit soort complexe situaties is dat het belangrijkste instrument voor verandering - uiteindelijk wil niemand buiten de boot vallen en bestempeld worden als asociale gast die niks geeft om

de wereld die hij achter laat voor kinderen en kleinkinderen. Een laatste aspect op deze lijn is ook om te zorgen dat duurzaam gedrag en energiebesparing leuk is en blijft. Hierin is ook het 'rebound' effect belangrijk (mensen passen hun gedrag aan als hun producten zuinig zijn, zoals bijvoorbeeld het laten branden van de spaarlamp in de berging). Uiteindelijk is het doel dat alle inwoners van Eindhoven zich bewust zijn van het belang van duurzame energie en hun gedrag daarop aanpassen.

## Persuasieve technologie

Persuasieve technologie kan worden ingezet om het gedrag te veranderen of om een keuze te beïnvloeden. Door de hoeveelheid technologie die we om ons heen hebben verzameld en de verwevenheid van deze technologie in onze doen en laten, is het goed mogelijk om via deze technieken grote groepen mensen te bereiken en te beïnvloeden.

Hierbij is het wel belangrijk dat maatwerkoplossingen worden aangeboden, die rekening houden met de verschillen tussen mensen, hun gedrag en de waarden die ze nastreven en het onderliggende technische thema. Daar waar dat gezamenlijk kan is het goed, maar aansluiting bij individuele behoeften is nodig om iedereen mee te krijgen. Dit betekent ook dat er diverse keuzemogelijkheden moeten komen, liefst een modulair systeem waarin mensen zelf kunnen kiezen, afhankelijk van hun betrokkenheid kan dat meer of minder passief zijn. Voor persuasieve systemen die inspelen op de gedragsverandering via sociale



conforming is open data nodig, waarin het mogelijk wordt om energieverbruik te vergelijken (met inachtneming van privacy).

Open data maakt ook mogelijk dat inzicht wordt opgebouwd in wat sociaal geaccepteerde doelen zijn, en daarmee kunnen mensen feedback krijgen op hun individuele gebruik en mogelijke besparingskeuzes. Dit moet wel direct en realtime gebeuren op het moment van gebruik van huishoudelijke apparaten (bijvoorbeeld instellingen van de wasmachine).

De verwachting is dat over een aantal jaar dit soort systemen beschikbaar zijn. Zodra alle huishoudelijke apparatuur via ICT verbonden is (the internet of things) zal er een verregaand inzicht in individueel energieverbruik mogelijk zijn, met eigen regie over de keuze waar mogelijke besparing en verspillingen zijn te vermijden. Als laatste stap in de roadmap is de verwachting dat energie zolang deze niet ruim duurzaam voorhanden is via budgetten geregeld kan gaan worden, zodat extra (onnodig) gebruik tegen extra kosten kan worden aangeschaft, vergelijkbaar met de huidige beltegoeden voor mobiel bellen.

## Naar duurzaam gedrag

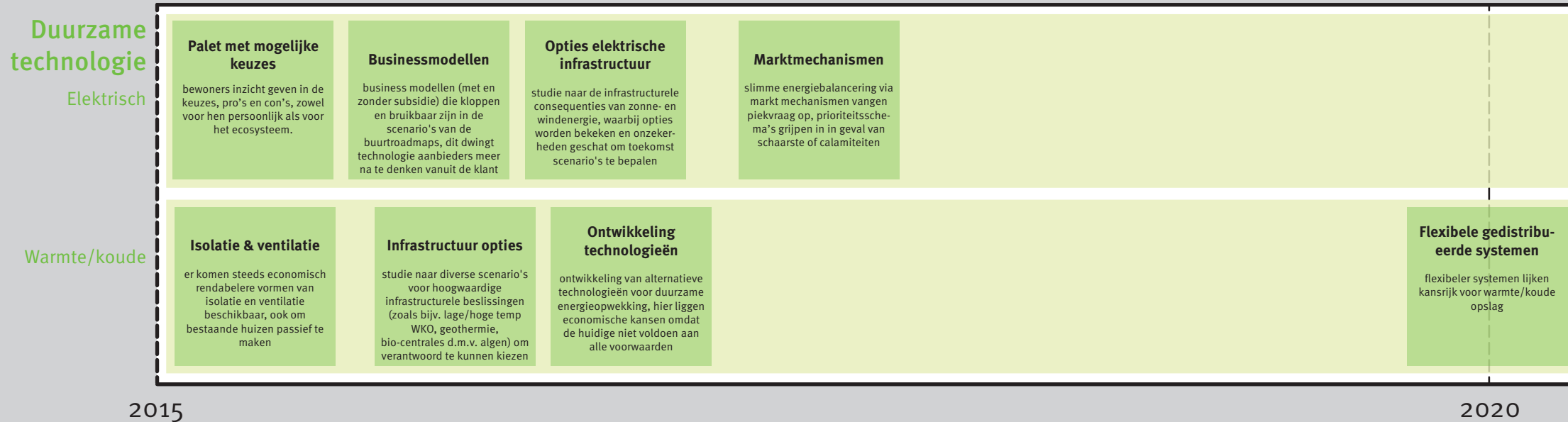
De twee lijnen over bewustwording en persuasieve technologie zijn niet losstaand. Persuasieve technologie kan helpen in de bewustwording, en zodra er bewustwording is staan mensen ook meer open voor de ondersteuning die persuasieve technologie kan bieden.

Belangrijke stappen in de roadmap zijn om na te denken hoe alle burgers bewust gemaakt kunnen worden via de wijkbenadering. Een verstandige keuze van wijken waar successen geboekt kunnen worden, maar waar ook geleerd kan worden wat de specifieke problemen zijn op weg naar volledig energieneutraal.

De samenhang met de andere lijnen van de roadmap duurzame technologie en duurzame organisatie is daarbij ook evident.

In de implementatie van de roadmap naar een programma van projecten zal expliciet aandacht worden gegeven aan de gedragsveranderingscomponent. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met de eerder aangegeven groei-modellen om tot een totale transitie te komen.

# Duurzame technologie



## Elektrisch / hoog exergetisch

Als we de burger oprecht centraal willen stellen in het streven naar energieneutraliteit, dan zullen we er voor moeten zorgen dat de burger inzicht heeft in het waarom, het wat en het hoe? Welke keuzes heeft de bewoner nu echt op dit moment? Als de burger echt een participant in duurzaamheid moet worden is transparantie en simpelheid nodig. Dat is een uitdaging op zichzelf, maar het is ook gelukt met zoiets gecompliceerds als een *smart phone*. Participatie in duurzaamheid is een keuze. Dit betekent dat duurzaamheid motiveert en dat betekent dat er technologie ontwikkeld moet worden, die voor de burger zingeving (een wereld ook voor mijn nageslacht), meesterschap (ik kan goede beslissingen zelf nemen en tot een goede uitvoering (laten) brengen) en autonomie (ik kan zelf beslissen of met mijn buurt tot een goed besluit komen) mogelijk maakt. Een onderdeel van deze discussie zijn de business modellen. Als de burger participeert is het niet meer dan billijk dat hij inzicht krijgt in de echte opbouw van de kosten en de distributie van de baten en van de risico's.

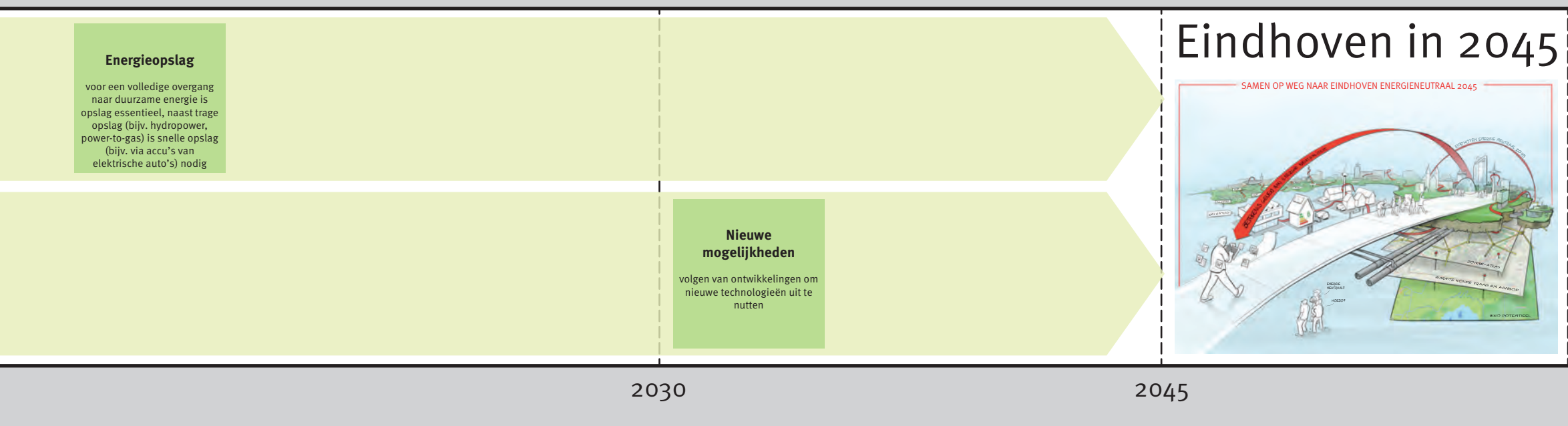
Het economische plaatje voor elektrische duurzame energie is op dit moment nog steeds een fragiel en zwak punt. Weliswaar zijn er subsidies, maar met name subsidies, die invloed hebben op de operationele kosten en baten zijn in de toekomst natuurlijk risicovol. Het is door de stringente eis van Eindhoven energieneutraal en de aanwezigheid van het vliegveld, waardoor windenergie maar een zeer beperkte optie is, dat een hoge prioriteit wordt gegeven aan zonne-energie met als bijkomend voordeel dat zonne-energie een hoge autonomie van de burger toelaat.

Een studie naar de infrastructurele consequenties op gemeentelijk niveau is relevant. Aspecten, die in de scenario's meegenomen moeten worden zijn. Lokaal beschikbare oppervlakte en locaties. Consequenties van elektrische auto's, zowel in de vraag als aanbod kant. Economische aantrekkelijkheid van wind versus zon, zowel binnen de gemeentegrenzen als daarbuiten. De mate van autarkie, die behaald kan worden. Consequenties en waarschijnlijkheid inschatting van onverwachte doorbraken op gebied van kernfusie, bio-brandstoffen, foto-synthese, die alle lokale investeringen wel eens te niet kunnen doen. En tenslotte, hoe dit alles te besturen? Smart grids gebaseerd op marktmechanismen? Hoe te verenigen met top-down interventiemogelijkheden in geval van calamiteiten en onverwachte schaarste? Dit geheel zou up-to-date moeten worden gehouden en de timing van infrastructurele investeringen moeten aansturen over de komende jaren. Timing is hier een sleutelbegrip.

Energieopslag blijft een groot obstakel om echt naar volledig groene elektriciteit te komen, tenzij er een doorbraak komt, tenzij de bovengenoemde onverwachte doorbraken plaatsvinden en we de facto weer terugkeren naar de oude energieinfrastructuur met elektriciteitscentrales maar nu op groene brandstof.

## Warmte/koude / laag-exergetisch

Op dit moment wordt de meeste warmte-koude in het grijze energiegebied, in de gebouwen opgelost en wordt de energie via hoog-energetische media zoals gas en elektriciteit aan gebouwen en huizen toegevoerd. De autonomie van de burger bestaat daaruit dat het een energieleverancier kan kiezen en een ener-



gieproduct. De energiepropositie bestaat uit een fysiek deel (gas) hetgeen een commodity is, een perceptie deel (“groene energie”) en een business deel (“de komende 5 jaar krijgt u elk jaar een lagere prijs”).

Een logische stap is om hier technisch te starten met isolatie & ventilatie. Nieuwbouw is hier niet het hoofdprobleem, echter wel de bestaande bouw. Upgraden tot label B is economisch nog haalbaar, op weg naar label A++ is echt een brug te ver. Ook het verder uitwerken van passief huis technologie en klimaatsystemen is relevant.

Een koppeling met de eigenaars laag en dus ook de sociale laag is zeer relevant om het uitrollen van architectonische energiebesparing op de korte termijn mogelijk te maken.

Een cruciale stap in de warmte / koude is de benodigde infrastructuur. De warmte / koude systemen zijn sterk lokaal en soms zelfs gebouw specifiek. Bij deze infrastructurele studie komen vragen naar boven als waar kiezen we welke technologie en wat zijn potentiële technologieën, die negatief uitpakken op de terugverdientijden van de gemaakte infrastructuurinvesteringen. Ook hier zijn een aantal technologische *wildcards* aanwezig, die de oude gasinfrastructuur (ten dele) toch weer gebruiken, zoals biogas, biobrandstof...etc. Tenslotte zijn er de nodige aanpassingen nodig aan de huizen en gebouwen zelf, waardoor ook hier de sociale laag en de eigenaarslaag een rol spelen.

De duurzame warmte / koude technologie op dit moment is voor de meeste huizen nog nauwelijks economisch haalbaar. Schaalgrootte en dus systemen

waar 100+ huizen op kunnen worden aangesloten zijn nodig om deze systemen ingeval van sterke warmte / koude onbalans mogelijk te maken. Hier ligt een sociale uitdaging, hoe de betrokkenen hierin mee te krijgen. Als dat niet lukt, is de autonomie van de burger het eerste slachtoffer.

Ook hier is het rondom infrastructuur cruciaal om timing van investeringen goed te doen en zo te doen dat toekomstige innovatie nog steeds kan worden aangesloten en de voordelen worden getoucheerd. Dit vergt een continu jaarlijks updaten van de infrastructuur analyse om te wachten met investeren en het kruit droog te houden daar waar dat slimmer is en om snel te investeren daar waar kansen liggen. Geld is weliswaar geen grote motivatie, maar kan wel snel een behoorlijke blokkade oproepen.



# Duurzame organisatie

## Duurzame organisatie

### Publiek/private samenwerking

#### Platform Eindhoven Duurzaam

platform obv ca. 500 mensen en bedrijven in EHV e.o., die netwerken vormen om totale energiesystemen te leveren (incl. begeleiding bewoners & stakeholders, en financierings- en businessmodellen)

#### Afstemmingsproces

proces waarbij de gemeente/overheid enerzijds faciliteert om tot afgewogen keuzes te komen, maar daarin ook zelf inbreng heeft

#### Ontwikkeling waardesysteem

waarin het belang van de burgers en het maatschappelijk belang goed is geborgd, en wat toeleveranciers dwingt om zich netjes te gedragen

#### Rolbepaling

vaststellen welke rol de overheid, burger en private partijen hebben, waarbij de overheid zich ook als volwaardige samenwerkingspartner kan opstellen

### Living Labs

#### Leren van het verleden

analyse van de diverse initiatieven van de afgelopen jaren om te leren wat wel en wat niet werkt

#### Technologie & Design

echte samenwerking tussen design en technologie om klantgerichte oplossingen te vinden die aansluiten bij de (latente/niet uitgesproken) behoefte van mensen

#### Kleinschalige pilots

oprichting van waardenetwerken voor specifieke buurten waarin gezocht wordt naar duurzame verdienmodellen (zonder subsidie)

#### EPC business case

beschikbaarheid van objectieve modellen om de energie prestatie coëfficiënt door te kunnen rekenen ook bij verbeteringen van huizen

#### Opschaling

succesvolle pilots met een duurzaam verdienmodel worden opgeschaald en verder geëvalueerd op grotere schaal (in nieuwe specifieke contexten)

2015

2020

## Publiek/private samenwerking

Een afstemmingsplatform, waarin gemeente, organisaties, kennisinstututen, financiële instellingen en vertegenwoordigers van burgers, op hoofdlijnen de energietransitie vorm geven. Hierin worden met de informatielagen als input op jaarlijkse basis speerpunten gedefinieerd, die passen in de infrastructurele scenario's.

Deze speerpunten worden vertaald in een *call for proposals*, en uiteindelijk in projecten, hetzij als experimenten, Living Lab experiment, hetzij als implementatie projecten met bewezen aanpakken en technologie.

De energietransitie is niet zonder risico's. Voor geen van de betrokken partijen. Er zal een waardesysteem en spelregels afgesproken moeten worden zodat de risico's niet als vanzelfsprekend bij de 'zwakste' worden neergelegd.

In de beginfase zullen we nog op persoonlijk vertrouwen samen op pad gaan, maar gaandeweg wordt steeds helderder wie welke rol(len) speelt en die kunnen vervolgens ook verder worden geformaliseerd. Te vroeg deze discussie aanzetten leidt meestal tot wantrouwen en vertraging. Volgens de spelregels van groepsdynamica, eerst vertrouwen bouwen in elkaar, dan uitwisselen van informatie, vervolgens samen doelen formuleren en tenslotte samen implementeren en uiteindelijk de geleerde lessen vastleggen.

Op de lange termijn is het de intentie dat zodra de innovatie meer een evolutionair karakter krijgt, de gemeente meer afstand neemt en de sturing meer terug-

legt naar de markt. De overheid bewaakt dan alleen nog maar de spelregels, maar trekt zich als proces initiator en begeleider op dit onderwerp steeds verder terug.

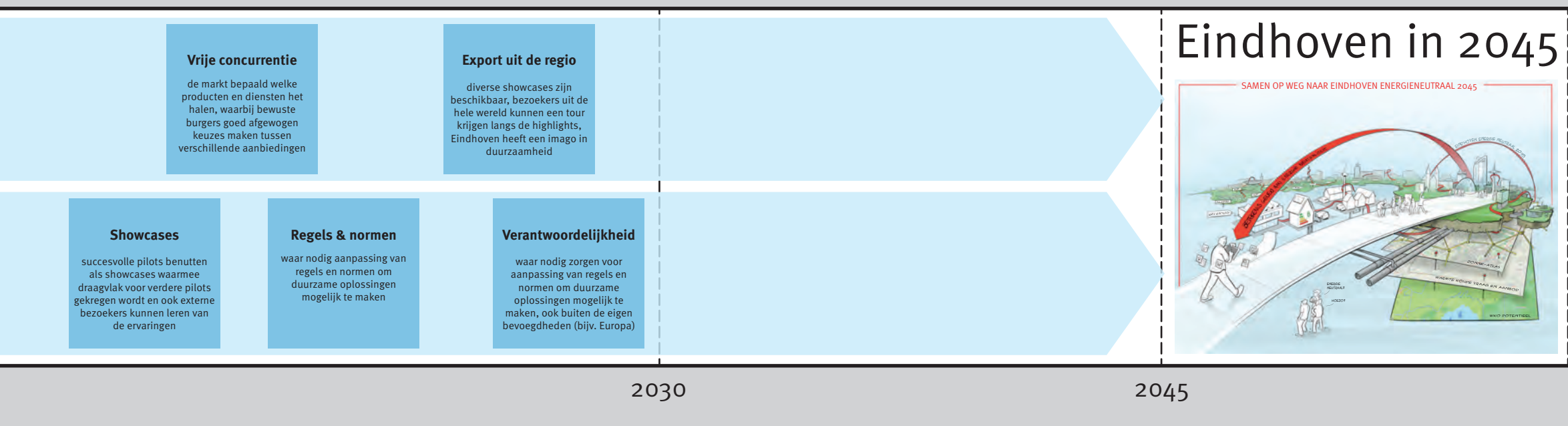
Om de export van duurzaamheidsoplossingen te stimuleren is het zaak om showcases te hebben en zorg te dragen voor het innovatieve en duurzame imago van regio Eindhoven.

## Living Labs

Innoveren in de quadruple helix is niet eenvoudig. Er zijn goede resultaten, maar helaas ook slechte resultaten. Het is aan te bevelen om een aantal van deze ervaringen met elkaar te delen en lessen voor de toekomst uit te trekken.

Duurzaamheid is op dit moment nog een sterk technologie gedreven onderwerp. De menskant van duurzaamheid is nog sterk onderbelicht, een enkele uitzondering daar gelaten. Eindhoven is een technologie en een design kant. Het is cruciaal voor het succes van de energietransitie dat duurzaamheidstechnologie ingebed wordt in een betekenis-scheppend kader voor de burgers en andere belanghebbenden. De rol van Design bij het betekenis geven aan de energietransitie en alle artefacten, die daarbij horen, is essentieel.

Living Labs projecten zijn kleinschalige pilots waar de betrokken stakeholders waarde creëren en ontvangen en er wordt gezocht naar billijke (duurzame) verdienmodellen. Bij voorkeur zonder subsidie, aangezien subsidie vaak



bedoeld is om de ‘zwakkere’ te helpen, maar uiteindelijk toch bij ‘de sterksten’ in het network terecht komt.

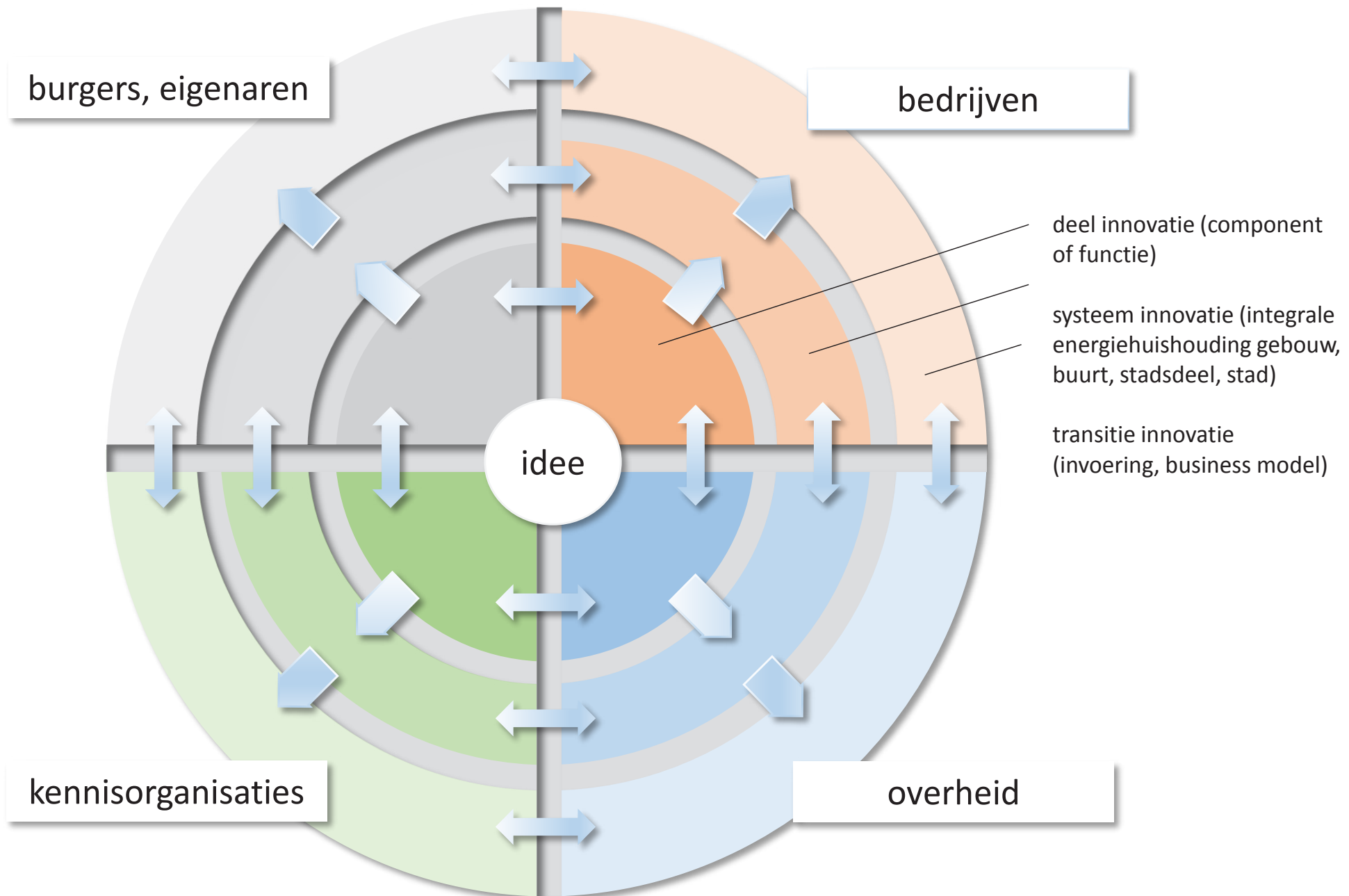
Het is van belang objectieve modellen te hebben rondom de energiestatistiek, zodat de voorafberekende energieopbrengsten van duurzaamheidsmaatregelen ook kloppen met de bereikte resultaten en vertaald kunnen worden naar economische waarden.

Zodra pilots, bijvoorbeeld Aireys, succesvol zijn, kan men denken aan opschalen binnen Eindhoven, maar zeker ook daarbuiten. Verder is het van belang om showcases te creëren, die potentiële afnemers kunnen helpen bij hun beeldvorming en tot mogelijke ‘export’ kunnen voeren.

Als we autonomie van de burger serieus nemen, zullen we de burger moeten beschermen tegen de ergste vormen van ‘opportunistisch gedrag’ door het stellen van heldere regels en normen. Natuurlijk binnen de gemeentegrenzen, maar als de reputatie van Eindhoven op gebied van duurzaamheid de gemeentegrenzen overstijgt dan kan die invloed aangewend worden om ook op een nationaal of Europees niveau normen en regels te stellen. Hiermee kan Eindhoven een *industry shaper* worden.

# Quadruple Helix Innovatieproces

....de wereld van te diepe ravijnen en te smalle bruggetjes



# Platform Eindhoven Energieneutraal

In de laatste fase van het project is gewerkt aan het inrichten van het innovatieprogramma om de eerste concrete stappen op weg naar het gewenste scenario te realiseren.

## Behoeft aan Innovatie-coördinatie

Een belangrijke reden om een roadmapproces “Eindhoven Energieneutraal 2045” op te zetten was de constatering dat er veel activiteiten op dit gebied binnen Eindhoven zijn, maar dat niemand het overzicht had of een samenhang kon duiden. Het was al in een zeer vroeg stadium duidelijk dat er naast een roadmap een structuur moest worden opgezet, die behulpzaam moet zijn om de samenhang te verbeteren en de implementatie van de roadmap te faciliteren.

Eigenlijk zijn er een drietal knelpunten te identificeren. Voor elk van de knelpunten wordt een werkgroep geformeerd.

# 1

### Een onderontwikkelde markt

Duurzaamheid krijgt bij de burger weinig aandacht. Bovendien is de burger niet eenvoudig te benaderen opdat het onderwerp in betekenis stijgt en belangrijker wordt geacht. Er wordt veel gesproken over quadruple helix innovatie (burger, overheid, kennisinstututen en bedrijven), maar er zijn maar weinig goede voorbeelden. Een onderontwikkelde markt betekent ook dat de markt de technische innovatie nauwelijks stuurt, anders dan op economische parameters, zoals terugverdientijd en *total cost of ownership*. Met zo'n markt is het bijna onmogelijk om een voorsprong op te bouwen in de wereld en dat betekent dat wij weinig kans maken om in de regio een competitieve business te ontwikkelen. Daarmee wordt de energietransitie een kostbare transitie waar weinig economische baten in de regio terug gaan vloeien.



*Wergroep Energietransitie*

# 2

### Gebrekkige energiesysteemkennis

Er zijn zeer veel aanbieders van aspect- of deeloplossingen. Een isolatie-pakket, zonnepanelen, zonneboilers, WKO systemen, uiteindelijk moeten deze nauw op elkaar afgestemd zijn om de juiste energie te leveren tegen een aanvaardbare kWh prijs. Ook al wordt het systeem stapsgewijs geïmplementeerd, het is prettig te weten dat de kans op toekomstige verrassingen en aanvullende investeringen zo klein mogelijk is.



*Wergroep Energiesystemen*

# 3

### Infrastructuur

Duurzame energie opwekking vergt veel oppervlakte (duizend keer meer dan fossiele brandstof). Het is daarom letterlijk woekeren met de ruimte en gebruiken van allerlei lokale situaties om de beste oplossing te kiezen. Dit heeft grote consequenties voor de benodigde infrastructuur (allerlei netten, die uiteindelijk in de grond terecht gaan komen). Verkeerde keuzes kunnen de gemeenschap in deze veel geld kosten.



*Wergroep Energie Infrastructuur*

Deze drie knelpunten zijn niet onafhankelijk, beslissingen in het ene gebied kunnen grote consequenties hebben in het andere gebied. Dus het is zaak dat er een goed coördinatiemechanisme over de drie gebieden ligt.

## Innovatie-coördinatie Structuur

De hierna voorgestelde innovatiecoördinatie structuur bevat de volgende activiteitenstromen (gegroepeerd in werkgroepen), die precies eerder genoemde knelpunten dienen te adresseren en de onderlinge samenhang moeten borgen.

Er worden drie werkgroepen geformeerd:

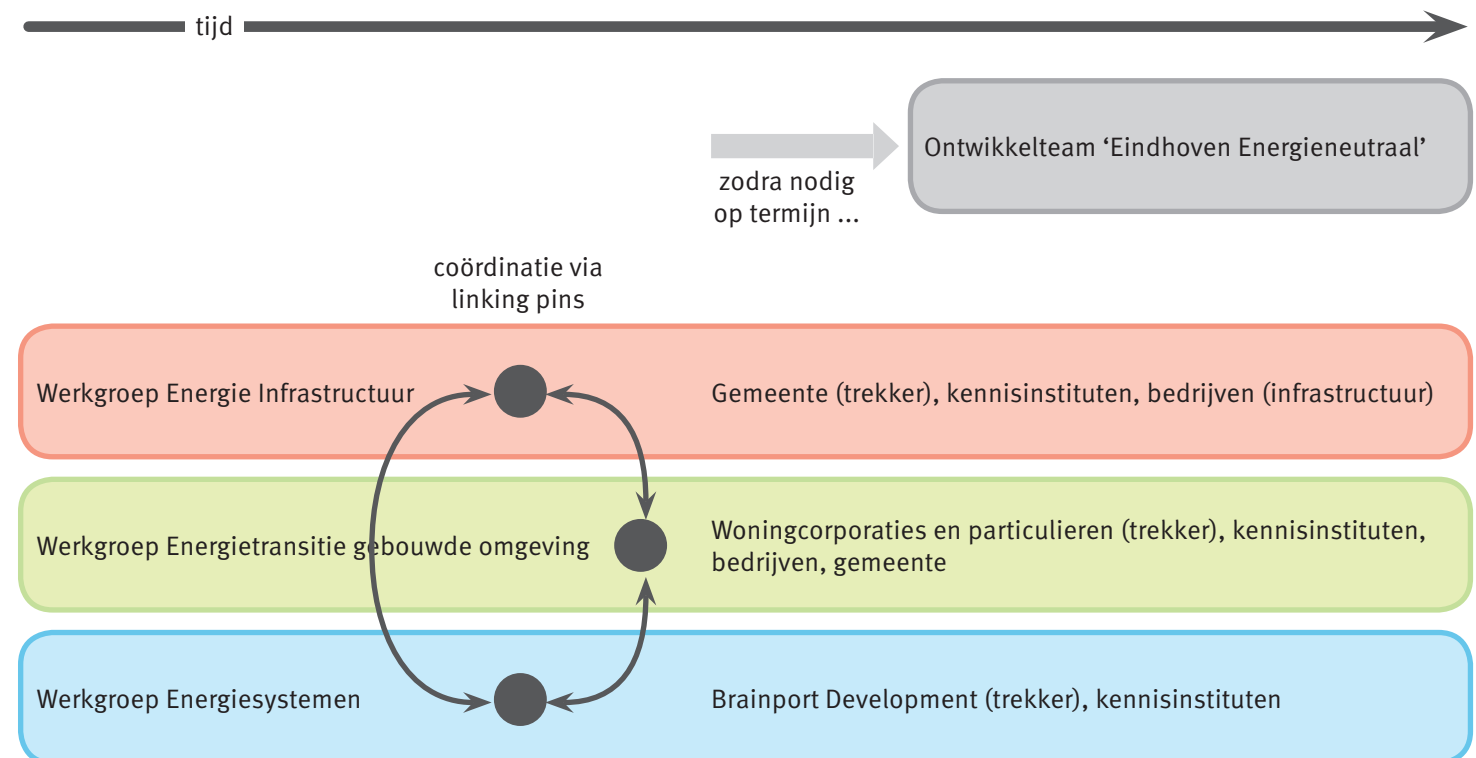
- Werkgroep Energie Infrastructuur
- Werkgroep Energietransitie
- Werkgroep Energiesystemen

Op de korte termijn is er voor gekozen om de structuur van beneden naar boven op te bouwen, dit om de reeds lopende en de door passie gedreven activiteiten niet te frustreren, maar bovenal om “al werkende weg te ontdekken wat wel en wat niet werkt”. Bovendien bouwt deze structuur voort op een reeds bestaand en zich ontwikkelend semi-formeel netwerk van individuen en organisaties, die vanuit betrokkenheid bij het onderwerp duurzaamheid al hard aan het werk waren. Te vaak worden structuren gedefinieerd, die het “kind met het badwater” weggooien. Daar is hier nadrukkelijk niet voor gekozen, waardoor met dit platform een vliegende start gemaakt kan worden. Daarmee wordt de opzet van dit platform een natuurlijk en logische volgende stap voor het reeds bestaande netwerk.

Vandaar dat in de beginfase is gekozen om bepaalde individuen in het netwerk een verbindings (linking pin) functie te laten vervullen om zeker te zijn dat de afstemming tussen de werkgroepen in ieder geval op operationeel niveau plaatsvindt. Op termijn zal de structuur zwaarder moeten worden en komt er een behoefte aan een overkoepelend ontwikkelteam, dat de coördinatie tussen de drie werkgroepen verbreedt en verdiept.

Hierna volgt een uitwerking van de drie werkgroepen.

### Innovatiecoördinatie Structuur ‘Platform Eindhoven Energieneutraal’



# Werkgroep Energietransitie

## Intentie

De werkgroep Energietransitie stelt zich ten doel de gebouwde omgeving van Eindhoven vrij te krijgen van fossiele brandstoffen door middel van enerzijds energie / nota-loze woningen, anderzijds via zelfregie van de bewoners.

## Rol

De huidige initiatieven op gebied van de energietransitie bij elkaar brengen en nieuwe initiatieven, die passen bij de energietransitie roadmap initiëren en begeleiden.

Het mobiliseren van trekkers in de buurten en daar waar nodig het verbeteren van sociale cohesie om buurtaanpakken mogelijk te maken.

Het al doende leren en kennis en kunde op te bouwen op gebied van:

- Bewustzijn creëren met betrekking tot duurzaamheid bij de burger
- Interventiegereedschappen, die de transitie mogelijk maken
- Informatie, beslissingsinstrumenten, slimme energie-productie en -consumptie meetinstrumenten zodat de burger de regie in eigen handen kan nemen

De “Voice of the Customer” helpen vertalen naar technische doelen en specificaties en daarmee technologie ontwikkeling beïnvloeden.

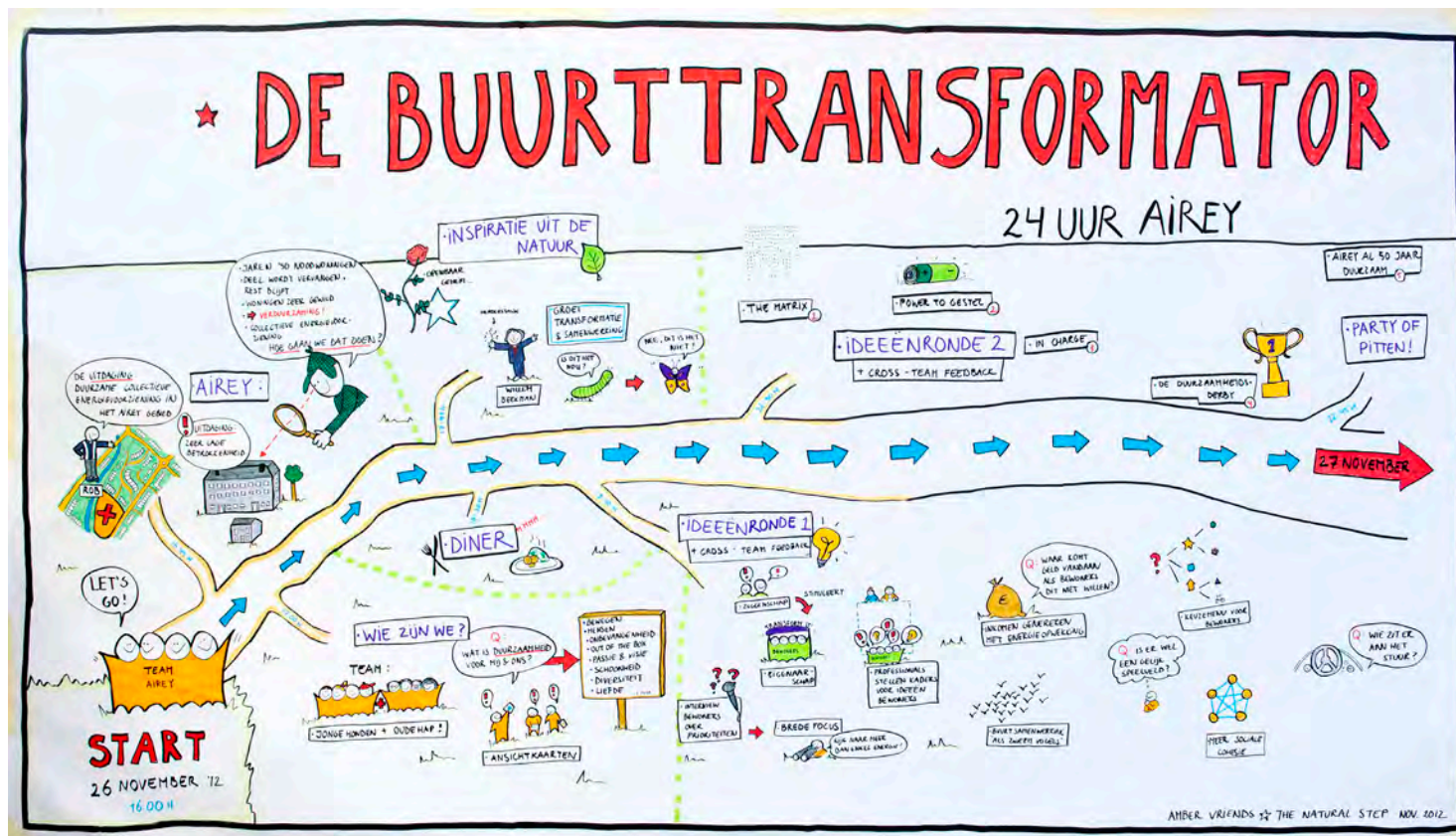
Het monitoren van de energietransitie, welke activiteiten zijn er. Wat waren de energiedoelstellingen en zijn die gehaald?

Het synchroniseren van renovatie tussen partijen om daar waar schaalgrootte nodig is sneller een energietransitie ook economisch haalbaar te maken. Een energietransitie roadmap kan hierbij een belangrijk instrument zijn: waar gaan we wanneer welke transitiestappen maken.

Het ontwikkelen van organisatievormen om burgers regie, maar ook ontzorging aan te kunnen bieden, daar waar gewenst (onderhoud, installatie). Tevens om te bevorderen dat in de onderhandelingen met toeleveranciers, de onderhandelkracht voldoende is zowel qua kunde als qua omzet.

Er voor zorgen dat subsidiemogelijkheden worden uitgenut, respectievelijk dat de subsidiegever ook wordt geïnformeerd over de knelpunten in de praktijk (dit geldt ook voor belemmerende regelgeving).

Technische en sociale knelpunten signaleren naar kennisinstituten en bedrijven.



Bron: Woonbedrijf Eindhoven

## Hoe

- Netwerken bouwen met de bewoners en eigenaars.
- Goed monitoren en evalueren initiatieven, omzetten naar kennis en kunde en omzetten naar een netwerk van transitie-”trekkers”
- Kennis opbouwen en valideren rondom de waardesystemen van burgers als het om energieneutraliteit gaat (welke waardedrijvers zijn dominant en waarom)
- Opzetten en uitlijnen van een energietransiti roadmap
- Bijhouden ontwikkelingen in vergelijkbare steden, participeren in informatie uitwisseling en kennisoverdracht
- Aantrekken van deskundigheid om inschattingen te kunnen maken op technische en sociale haalbaarheid en op gebied van transitie
- Energietransitie baseren op The Natural Step om alle partijen vanuit één framework te laten werken
- Al werkende weg transitie- en gedragterugkoppeling-instrumentarium ontwikkelen.

## Vertegenwoordiging in de werkgroep

- Woonbedrijf, Gemeente (trekkers)
- Geëngageerde particulieren
- ESCO's
- Kennisinstituten met betrekking tot sociale innovatie
- Linking pin naar de andere werkgroepen “Energiesystemen” en “Energie Infrastructuur”

## Recente activiteiten

Dit zijn activiteiten, die reeds lopen en binnen deze werkgroep, qua innovatie een coördinatiepunt vinden.

- Buurttransformator aanpak (Lopend: Aireywijk, in voorbereiding 4-5 wijken in Woensel-Noord/Tongelre) / STEM-regeling, koppeling met GreenDeal en Brainport Development
- o4oEnergie, actie Eikenburg de Roosten
- Samenwerking Gemeente en MorgenGroene-Energie
- Samenwerkingsovereenkomst met WoonConnect
- Waanzinnige Woonwijk: Bewonersinitiatief in Hanevoet, Ooievaarsnest en Kastelenplein. ‘Duurzaam Kasteel’. Duurzaamheid in brede zin. Aftrap 6 februari was veel belovend. Onze wijk, onze keuzes. Met Gemeente en Woonbedrijf als ondersteuning. In Hanevoet is al een Energieteam actief. Ook inzet climateams.
- Noord - Eindhoven bijv. buro cement en die werkt ook aan een aantal kritische succesfactoren voor de energietransitie, al hoewel niet specifiek alleen maar energie. Eckart-Vaartbroek
- Collectief WKO-systeem icm met extra isolatiepakket bij nieuwbouw Vredesplein. Hiervoor ook Energie Exploitatie Maatschappij (EEM) opgericht.
- Gemeente Eindhoven: Biomassacentrale Meerhoven. Warmwater en elektriciteit duurzaam opgewekt voor duizenden woningen, scholen en kantoren.
- Bewonerscollectief in Meerhoven wat gezamenlijk PV uitrolt. ‘Zonkracht’. <http://eindhoven.transitiontowns.nl/category/activiteiten/energie>

## Korte termijn activiteiten

- Aanzet energietransiti roadmap, welke gebieden eerst en hoe, uitlijnen met de andere werkgroepen.
- Een scherper beeld hoe Eindhoven energieneutraal te krijgen
- Kennisuitwisselingsplatform waarmee inwoners van Eindhoven en professionals met elkaar kunnen communiceren (WoonConnect, maar ook bijvoorbeeld Co-Do)
- Opzet van een basistentiteit waarin alle verschillende initiatieven kunnen worden opgehangen
- Waardedrijvers systematiek verder ontwikkelen.

# Werkgroep Energiesystemen

## Intentie

De werkgroep slaat een brug tussen het zich snel ontwikkelende technologieveld en maakt een inschatting van de potentie vanuit een energiesysteem perspectief. Zij stimuleert het experimenteren op energiesysteemniveau en met de werkgroep transitie "Living Lab" op te zetten om zo snel en zo goedkoop mogelijk energiesystemen te valideren.

Er is in de "duurzame energie"- industrie zeer veel aanbod van losse "componenten", zoals bijvoorbeeld zonnepanelen, isolatie, klimaatbeheersing.

De lijst van mogelijkheden is zeer groot en zeer onoverzichtelijk voor veel beslissers. Bovendien is er helaas nog maar weinig aanbod van duurzame energie oplossingen, die vanuit een systeem-perspectief worden benaderd, terwijl daar uit de "markt" steeds meer geluiden komen dat daar behoefte aan is.

Een energiesysteem is een systeem dat alle soorten energiebehoefte (hoog-exergetisch, bijv. elektriciteit of biogas en laag-exergetisch, bijvoorbeeld warmte en koude) en energieaanbod zo goed mogelijk op elkaar laat aansluiten om (op termijn) tot een zo groot mogelijke energieneutraliteit te komen.

## Rol

Het systematisch bijhouden van nieuwe technische en marktontwikkelingen, die kunnen leiden tot potentiële business op gebied van energiesystemen. Het onderling vergelijken (benchmarken) van technische mogelijkheden vanuit een systeembenadering op basis van de gedefinieerde waarde drijvers.

Het informeren over en aanbevelen van potentiële business mogelijkheden richting Brainport Development, die binnen de kaders van haar rol in de regio, de business ontwikkeling entameert en faciliteert.

Het entameren van Living Lab experimenten en deze focussen op de meest veelbelovende technische opties. Deze technische opties kunnen ook van buiten de regio worden aangedragen, zolang de toepassingspotentie voor parkstad Eindhoven relevant is.

Het identificeren van technische knelpunten en het analyseren van de maatschappelijke impact en deze onder de aandacht brengen van kennisinstututen, bedrijven en subsidiegevers.



Bron: Brainport Development, downloaden via <http://smartenergyregions.com/downloads/Downloads>



**Hoe**

- Het bijhouden van een energiesysteem roadmap, waarin in de toekomst potentiële technologische ontwikkelingen zichtbaar zijn gemaakt.
- Helpen opzetten en faciliteren van “Living Lab” experimenten en de leerervaringen borgen.
- Brainport development of rechtstreeks bedrijven in de regio te informeren en te stimuleren om business te ontwikkelen op gebied van duurzaamheid.
- Aantrekken van deskundigheid om inschattingen te kunnen maken op technische onderwerpen.
- Jaarlijks uitlijnen van de energiesysteemroadmap met de transitieroadmap en de infrastructuurroadmap.

**Vertegenwoordiging in de werkgroep**

- Brainport Development (trekker)
- Kennisinstituten m.b.t. design, technologie en sociale innovatie
- Linking pin naar de andere werkgroepen

**Recente activiteiten**

Activiteiten , die al lopen en die vanuit deze werkgroep gecoördineerd kunnen worden.

- Energiesysteem concepten (binnen het ESCO-VVB project) – aangesloten aan het Alreywijk project en in voorbereiding 4-5 wijken in Woensel-Noord en of Tongelre
- Collectieve WKO-systemen (vb. Vredesplein)
- Biomassa voor warmwater en elektravoorziening wijken (Meerhoven)

**Korte termijn activiteiten**

- Aantrekken van subsidies, die passen in de kaders van deze werkgroep.
- Eerste generatie energiesystemen roadmap opzetten met als eerste stap in kaart brengen van de technische opties
- Opbouw energiesysteem expertise in de regio
- Daar waar interessante opties naar boven komen, die regionale business potentie hebben, zo snel mogelijk informeren van Brainport Development.

# Werkgroep Energie Infrastructuur

## Intentie

Het vertalen van de wensen van betrokkenen bij de energietransities (burgers, eigenaren, gemeente, kennisinstututen en bedrijven) naar een stedelijke energie-infrastructuur op basis van de bestaande en potentiële sociale en technische mogelijkheden.

Hier worden vanuit een aantal criteria naar gekeken:

Vanuit het belang van de burger: er voor te zorgen dat de leefomgeving duurzaam is en fijn om in te leven

Vanuit een strategisch belang: voorkomen dat er monopolie posities ontstaan op gebied van opwekking, opslag en distributie van energie en op informatie, die van de burger of van de stad is.

Vanuit een duurzaamheidsbelang: er voor te zorgen dat de infrastructuur de energietransitie mogelijk maakt tegen zo laag mogelijke kosten en zo kort mogelijke tijd.

Vanuit een innovatiebelang: er voor te zorgen dat de infrastructuur de innovatie op gebied van duurzaamheid bevordert door er voor te zorgen dat ook toekomstige sociale en technologische innovatie snel en zonder extra investeringen kunnen worden getest en geïmplementeerd.

Vanuit een bestuurlijk belang: bijhouden en ordenen waar Eindhoven met betrekking tot de energietransitie staat. Per buurt, stadsdeel en voor het totaal aan kunnen geven, wat de stand van zaken is met betrekking tot energiebesparend gedrag, isolatie, energiegebruik en de verhouding grijs en groen.

## Rol

Het faciliteren van de energietransitie door met betrekking tot het integrale energiesysteem van de regio Eindhoven, een structuren te ontwerpen, die de verschillende delen van energiesystemen verbindt maar ook alloceert (waar komt welke energie technologie (biocentrales, warmtenet, WKO) in lijn met de belangen van de burger en de overheid.

De structuurontwerpen worden aangeboden aan de gemeente en aan de burgers inclusief de overwegingen, waarop gemeente besluiten kan nemen ten aanzien van bestemmingsplannen en burgers kunnen participeren in de democratische besluitvormingsproces met betrekking tot infrastructuur.

Het ontwikkelen en onderhouden van kwantitatief modellen om de huidige stand m.b.t. tot energie-neutraliteit te kunnen analyseren op verschillende aggregatieniveaus, zoals stad, stadsdeel en buurt te kunnen beoordelen. De modellen zijn gebaseerd op Life Cycle Analysis, dat wil zeggen, nemen niet alleen energiegedrag mee tijdens gebruik, maar ook tijdens productie, installatie, onderhoud, service en "end-of-life". Initiële verkenningen laten zien dat uiteindelijk de kosten van energiegebruik, maar ook de te verwachten kosten met betrekking tot CO<sub>2</sub>-emissie (Zie als voorbeeld United States



Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/>) worden meegenomen. De modellen maken projecties voor de komende 50 jaar. Een interessant alternatief is eco-kostmodellen gebaseerd op preventie, zoals ontwikkeld door de TU Delft [Vogtländer, 2009]. Een goed overzicht van alle eco-verrekeningsmodellen wordt gegeven in [Broekhuizen, 2014].

De burgers en andere belanghebbenden weten welke mogelijkheden er specifiek in hun buurt of met betrekking tot hun woning of gebouw met betrekking tot verbeteren van de energieneutraliteit zijn of voor de toekomst worden overwogen. De informatie per locatie relevant voor het nemen van beslissingen op gebied van energiehuishouding dient ontsloten te worden en aan elkaar te worden gekoppeld en aan de gemeenschap in een hanteerbare en intuïtieve visuele vorm aangeboden te worden om de energietransitie te faciliteren.

Jaarlijks wordt vanuit deze werkgroep, de andere werkgroepen gestimuleerd om deel te nemen aan het aanpassen van de “buurt/stadsdeel/stad”-roadmaps aan de hand van de nieuwste technologische mogelijkheden en de veranderende behoeftes van de gemeenschap. Op basis daarvan wordt de infrastructuur roadmap samen met de transitieroadmap aangepast en uitgelijnd.

Het identificeren van hiaten en aanbevelingen doen voor onderzoek, maar ook aanbevelingen voor subsidies aan subsidiërende instanties. Het stimuleren van maatschappelijke partijen om aan gesubsidiëerde activiteiten deel te nemen.

Monitoren van de effectiviteit van maatregelen en het doen van aanbevelingen naar de betrokken partijen. Het onderhouden van een visie, die met voortschrijdend inzicht (nieuwe technologie, effectiviteit van maatregelen) de koers richting energieneutraal Eindhoven bewaakt.

## Hoe

- Jaarlijkse inventarisatie van technische mogelijkheden (vanuit energieroadmap) en werkgroep energiesystemen
- Jaarlijkse aanscherping van de wensen en eisen van lokale belanghebbenden, maar ook lokale (sociale) randvoorwaarden en mogelijkheden (vanuit de werkgroep energietransitie)
- Bijhouden ontwikkelingen in vergelijkbare steden, participeren in informatie uitwisseling en kennisoverdracht
- Aantrekken van deskundigheid om inschattingen te kunnen maken op technische en sociale haalbaarheid en op gebied van infrastructuur ontwerp
- Ontwerpen aanpassingen aan de energie-infrastructuur
- Transparant maken van de overwogen scenario's voor betrokkenen
- Participeren in Eindhoven overstijgende standaardisatie activiteiten

## Vertegenwoordiging in de werkgroep

- Gemeente m.b.t. gebiedsontwikkeling
- Kennisinstituten m.b.t. design, technologie en sociale innovatie
- Brainport Development of t.z.t. brancheorganisatie voor energiesystemen
- Linking pin naar de andere werkgroepen
- Endinet

## Recente activiteiten

Activiteiten, die vanuit deze werkgroep vervolgd kunnen worden.

- Zonatlas gelanceerd in maart 2013 ([www.zonatlas.nl/eindhoven](http://www.zonatlas.nl/eindhoven))
- WKO potentiekaart (<http://atlas.sre.nl/wko/>)
- Restwarmtekaart en warmtenetten in ontwikkeling (oa. met provincie en SRE)
- Onderzoek naar kansen Geothermie (Europese samenwerking)
- Glasvezeluitrol
- Onderzoek naar SmartGrids Elektriciteitsnet (oa. met TUE, Alliander en Endinet)

### Korte termijn activiteiten

- Aantrekken van subsidies, die passen in de kaders van deze werkgroep.
- Starten / versterken van het ontsluiten beschikbare informatie over de diverse kennislagen (zon, wind, sociale cohesie, energievraag en aanbod.. etcetera).
- Bouwen van een eerste generatie kwantitatieve modellen en vandaaruit hiaten identificeren in kennis en stimuleren van onderzoek om deze hiaten op te lossen.
- Een eerste generatie infrastructuur roadmap opzetten samen met de andere werkgroepen.
- Contact zoeken met andere steden om de modellen en benadering bottom-up uiteindelijk in een Europees model voor urban energy systems te laten uitmonden.
- Definiëren van een open data structuur om infrastructuur informatie op te slaan
- Marketing en communicatie, zodat de gemeenschap weet van de infrastructuur werkgroep en weet wat daar te halen is.

# Horizon 2020

Het Horizon 2020 programma biedt verschillende kansen voor Europese projecten op het gebied van energie en smart cities. Contact is inmiddels gelegd via Eurocities om met steden in contact te komen die hierin willen samenwerken.

Concreet wordt gewerkt aan het indienen van een voorstel voor een project waarin met verschillende steden visies en roadmaps te maken voor een aantal thema's die relevant zijn in het kader van energie. Op basis van deze roadmaps kunnen dan concrete samenwerkingsprojecten worden gestart die aansluiten bij de prioriteitsstelling van de verschillende steden.

Daarnaast wordt een verkenning gemaakt van andere mogelijk interessante opties die in 2014 en 2015 kunnen worden ingediend.



# Dankwoord

Deze visie en roadmap voor Eindhoven Energieneutraal 2045 is tot stand gekomen onder leiding van Elke den Ouden en Ruud Gal van LightHouse, solution partner of the Intelligent Lighting Institute aan de Technische Universiteit Eindhoven, in opdracht van wethouder Mary Ann Schreurs (Gemeente Eindhoven) en Marc Eggermont (Woonbedrijf) en in samenwerking met wethouder Joost Helms, Jeroen Lebon en Alfredo Verboom van de Gemeente Eindhoven en Rob Bogaarts van het Woonbedrijf.

Het resultaat is te danken aan de waardevolle bijdrage van een groot aantal mensen, waaronder:

- Berend Aanraad, The Natural Step
- Pallas Agterberg, Alliander
- Rob Bogaarts, Woonbedrijf
- Jan Bekkering, HetEnergiebureau
- Astrid van Deelen, Brainport Developmentg
- Marcel van Dooremalen, Trudo
- Marc Eggermont, Woonbedrijf
- Robert Elbrink, Gemeente Eindhoven
- Jelle Groot, Gemeente Eindhoven
- Cees Midden, Technische Universiteit Eindhoven
- Jan Roggeband, Brainport Development
- Paul van Dillen, Novesco
- Rick Harwig, Technische Universiteit Eindhoven
- Aris de Groot, Ecovat Renewable Energy Technologies
- Joop Ketelaers, Gemeente Eindhoven
- Jeroen Lebon, Gemeente Eindhoven
- Mary Ann Schreurs, Gemeente Eindhoven
- Alfredo Verboom, Gemeente Eindhoven



# Referenties

- [Agterberg, 2013] Interview met Pallas Agterberg, Alliander [Bloomberg, 2011] [Woonbedrijf, 2013] Interview met Marc Eggermont en Rob Bogaarts, Woonbedrijf
- [Bloomberg, 2011] Ben Sills, Fossil Fuel Subsidies Six Times More Than Renewable Energy, Bloomberg News, 9 november 2011 [Zonneatlas, 2013] <http://www.zonatlas.nl/home/vraag-en-antwoord/>
- [Broekhuizen, 2014] Eric Broekhuizen, “De vergeten oplossing”, BBNC uitgevers
- [Brown, 2008] Brown, Lester R. 2008, Plan B 3.0. Mobilizing to save civilization. Earth policy institute. London: W.W. Norton & Company Inc.
- [Buhrs, 2009] Profilering Wijk Doornakkers in Eindhoven, Bureau Buhrs
- [Close, 2013] Jean Paul Close, Menselijkheid, Crises en Sustainocratie
- [Club v Maarsen, 2013] <http://www.clubvanmaarsen.nl/article/10139/Elektrische-auto-levert-stroom-aan-het-elektriciteitsnet>
- [Eindhoven, 2013] Eindhoven Energieneutraal. Gemeente Eindhoven. 2013. Meer info: [www.eindhoven.nl/energieneutraal](http://www.eindhoven.nl/energieneutraal)
- [Eneco, 2013] <http://www.eneco.com/nl/onderwijs/veranderingen-in-ons-energielandschap/>
- [Energiebusiness, 2013] <http://www.energiebusiness.nl/2013/12/19/versobering-saldering-gekoppeld-aan-uitrol-slimme-meter/>
- [IIASA, 2012] GEA, 2012: Global Energy Assessment - Toward a Sustainable Future, Cambridge University Press, Cambridge
- [Kano, 1980] [http://en.wikipedia.org/wiki/Kano\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Kano_model)
- [Eigen & Winkler, 1987] Manfred Eigen & Ruthild Winkler. Het Spel, Natuurwetten bepalen het toeval. Uitgeverij Bert Bakker, 1987.
- [Knops, 2013] <http://www.energiebusiness.nl/2013/10/08/interview-hamil-car-knops-tu-delft-beleid-voor-duurzame-energie-inefficient/>
- [Laskey, 2013] [http://www.ted.com/talks/alex\\_laskey\\_how\\_behavioral\\_science\\_can\\_lower\\_your\\_energy\\_bill.html](http://www.ted.com/talks/alex_laskey_how_behavioral_science_can_lower_your_energy_bill.html)
- [Midden, 2013] Interview met prof. Cees Midden, Persuasive Technologies, TU/e
- [Taleb, 2012] Nassim Nicholas Taleb, “Antifragile: Things That Gain from Disorder Hardcover”, Random House, 2012
- [Tegenlicht, 2013] VPRO, Tegenlicht, 18 november 2013
- [The Natural Step, 2013] [www.thenaturalstep.org](http://www.thenaturalstep.org)
- [Trendrede, 2014] <http://www.trendrede.nl/trendrede>
- [Trudo, 2013] Interview met Marcel van Dooremalen, Trudo
- [Utterback, 1996] J.M. Utterback, “Mastering the Dynamics of Innovation”, Harvard Business Press, 1996
- [Vogtländer. 2009] J.G. Vogtländer, “LCA-based assessment of sustainability: the Eco-cost/ Value Ratio EVR]
- [WHO, 2013] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>



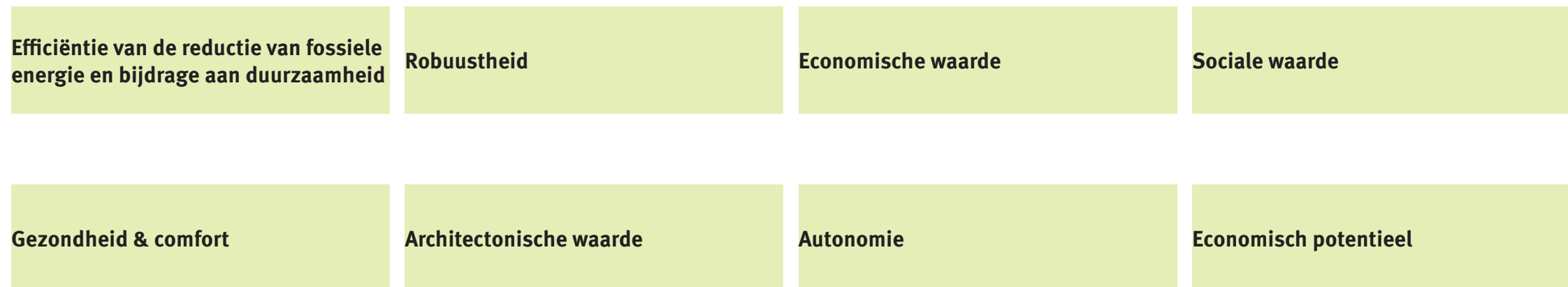


# Bijlagen



# Bijlage A: Waardedrijvers

Om inzicht te krijgen in de belangrijkste factoren op basis waarvan de beslissingen met betrekking tot energie worden genomen is een onderzoek gedaan naar de waardedrijvers van energiesystemen. Uit het vooronderzoek kwamen een achttal waardedrijvers, waarmee vervolgens in een workshop met experts is vervolgens gekeken hoe die zich over de looptijd van de roadmap gaan evolueren. De resultaten zijn vervolgens gebruikt als input voor de roadmap, naast een aantal interviews met experts.



## Waardedrijvers

Om inzicht te krijgen in de belangrijkste factoren op basis waarvan de beslissingen met betrekking tot energie worden genomen is een onderzoek gedaan naar de waardedrijvers van energiesystemen.

Een ‘waardedrijver’ (vertaald van het Engelse begrip ‘value driver’, een bekend begrip in de business wereld) is een eigenschap van een waardepropositie, die een belangrijke factor is in het nemen van de beslissingen ten aanzien gebruik of aankoop van een systeem, dienst of product. Deze beslissing kan worden genomen door een (toekomstige) gebruiker, een eigenaar of andere stakeholder.

De mogelijke waardedrijvers met betrekking tot energiesystemen (duurzaam of niet) zijn vastgesteld aan de hand van interviews en desk research. Dit heeft geresulteerd in een achttal waardedrijvers:

- Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid en conformiteit aan de duurzaamheidsprincipes van The Natural Step
- Robuustheid
- Economische waarde
- Sociale waarde
- Gezondheid & comfort
- Architectonische waarde
- Autonomie
- Economisch potentieel

## Waardeladder

Om beter inzicht te krijgen in de dieperliggende waarden van mensen is het zinvol de waardedrijvers te verbinden aan hogere waarden. De waardedrijvers kunnen verbonden worden aan psychologische, sociale voordelen en of consequenties, door steeds de vraag stellen waarom een waardedrijver belangrijk is. Ook kunnen er meerdere lagen zijn in psychologische en sociale voordelen en consequenties.

Verder doorvragen leidt tot eindwaarden of instrumentele waarden van een persoon. Een eindwaarde zegt iets over een gewenste toestand. Een instrumentele waarden zegt iets over de wijze waarop, die gewenste toestand wordt bereikt.

Door systematisch de gevonden waardedrijvers te onderzoeken, wordt een zogenaamde waarde ladder opgesteld (zie figuur hieronder. Dit is een eerste opzet en zal in marktonderzoek geverifieerd moeten worden. Dit kan echter alleen voor waardedrijvers en bijbehorende consequenties en waarden, waar de klant zich bewust van is. In het jargon: die dus ‘binnen zijn of haar huidige sociaal-culturele context’ liggen. Er is gerede twijfel of dat met betrekking tot energieneutraliteit al wel zo is, omdat veel mensen niet bewust met energie en duurzame energie bezig zijn.

Een waardeladder is erg bruikbaar (1) bij het onderscheiden van verschillen tussen mensen (niet iedereen is hetzelfde), maar ook (2) om dieperliggende behoeftes te identificeren, en (3) om energieneutraliteit te positioneren. Een belangrijk vraagstuk is, hoe positioneren we het begrip ‘duurzaamheid of energieneutraliteit’.

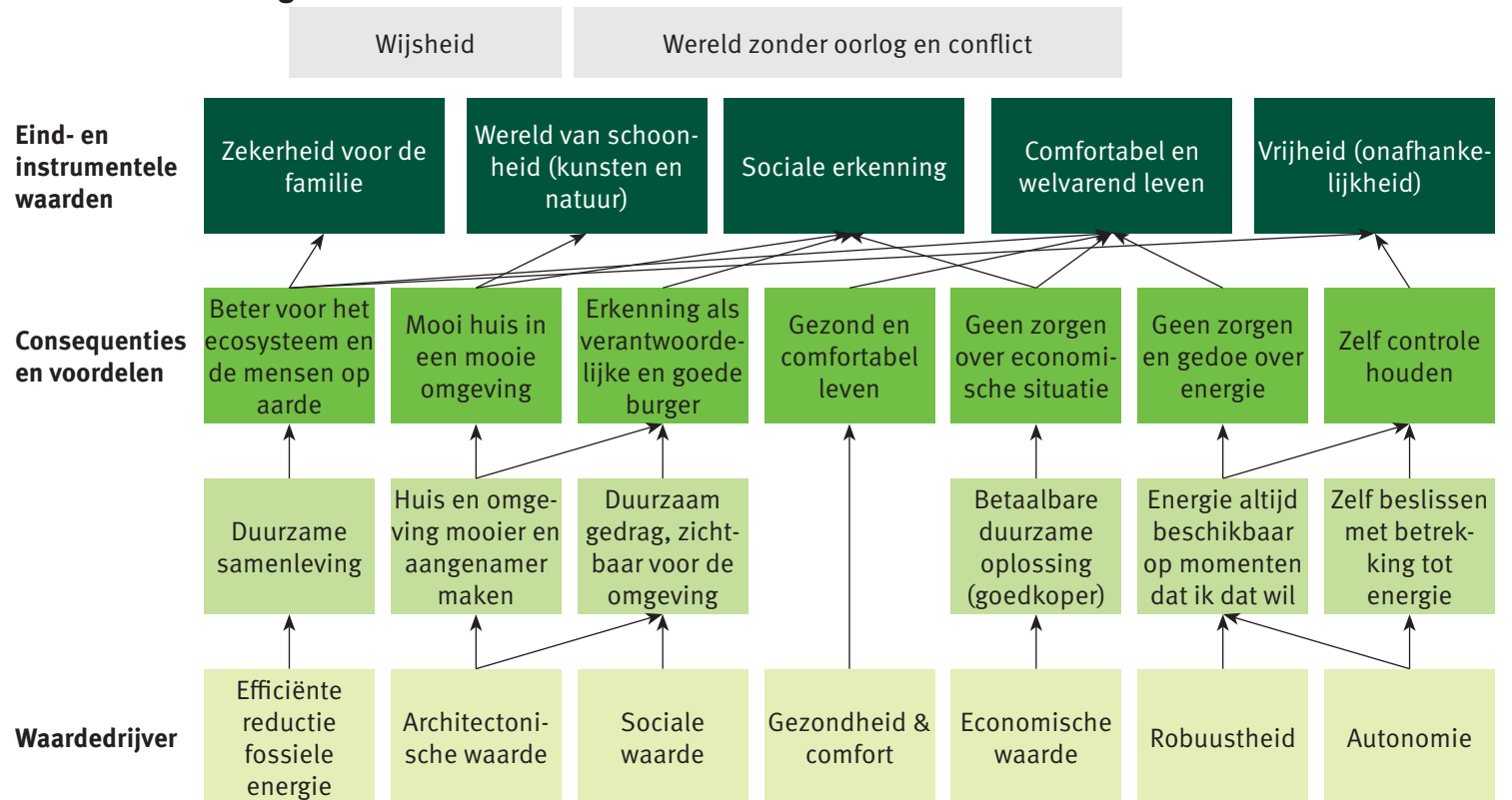
Voorbeelden van gebruikerssegmenten:

*“Ik doe aan ‘duurzame energie’, want ik wil niet dat mijn kinderen en kleinkinderen moeten leven in een wereld, waar het klimaat op hol is geslagen, waar mensen vechten om de energie, die over is.”*

*“Ik doe aan ‘duurzame energie’, want dat levert geld op.”*

Als voorbeeld hoe deze segmenten leiden tot verschillende beslissingen zijn de kostenbewuste en de duurzaamheidsbewuste gebruiker iets verder uitgewerkt.

### Waardeladder energie



## De duurzaamheidsbewuste gebruikers

Dit zijn mensen, die de voorspellingen van klimatologen serieus nemen en zich erg ongerust maken over hoe de aarde gaat reageren op de toenemende CO<sub>2</sub> concentraties en temperatuurverhogingen. Dit is door hen vertaald naar consequenties voor familie, lange termijn consequenties voor gezondheid. Ook is autonomie belangrijk, want in deze fase 'is wachten tot een ander het oplost' niet de meest succesvolle strategie. Uit de trends, kansen en knelpunten analyse bleek al dat energie, in de kern als een *low involvement* onderwerp wordt gezien. De inschatting is dus dat een grote groep mensen nu niet duurzaam bewust is maar dat wel zou kunnen worden. Tijdens de roadmap discussies kwamen in één van groepen naar boven dat dat op twee manieren kan gebeuren:

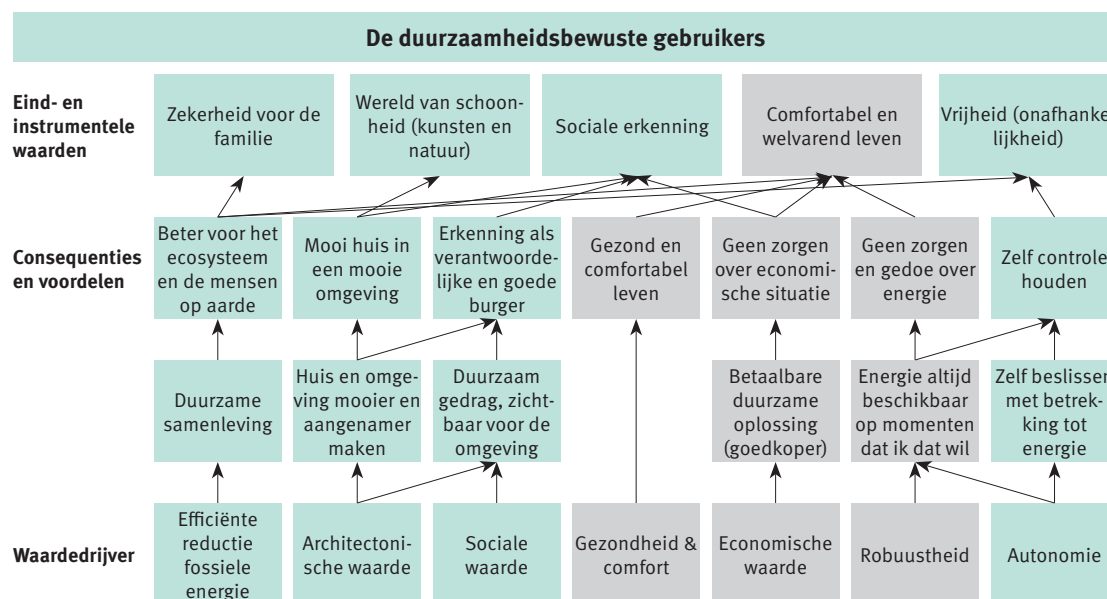
- Door succesvol een bewustwording-, waarde- en gedragsveranderstrategie rondom duurzaamheid te implementeren
- Een ernstig voorval met mogelijk een aantal slachtoffers, waarbij het gebrek aan duurzaamheid als oorzaak onomstotelijk vast staat en dat bij de meeste burgers de alarmbellen af laat gaan

Op dit moment schat de World-Health Organization het aantal doden ten gevolge van de opwarming van de aarde en de uitstoot van CO<sub>2</sub> op 140.000 doden per jaar. [WHO, 2013] Wie ligt er wakker van of weet dit eigenlijk? Bijna niemand.

De transitie naar een duurzame samenleving bestaat uit ruwweg drie delen:

- naar een duurzame gebouwde omgeving (deze transitie is het dichtste bij).
- naar een duurzame wijze van vervoer en transport
- naar een duurzame economie (verduurzamen van materialen en energieinhoud ingebed in producten en diensten). Deze laatste transitie is de meest fundamentele van de drie en er is nog veel te doen.

Dit is nog een reden om nadrukkelijk duurzaamheid aan te zetten en de kern te laten vormen voor een zeer diepgaande fundamentele waarden-transitie, waarbij de gebouwde omgeving nog maar een vingeroefening is, vergeleken bij wat nog gaat komen. Nog een reden om ons in te spannen de 'duurzaam bewusten' in aantallen te laten toenemen.



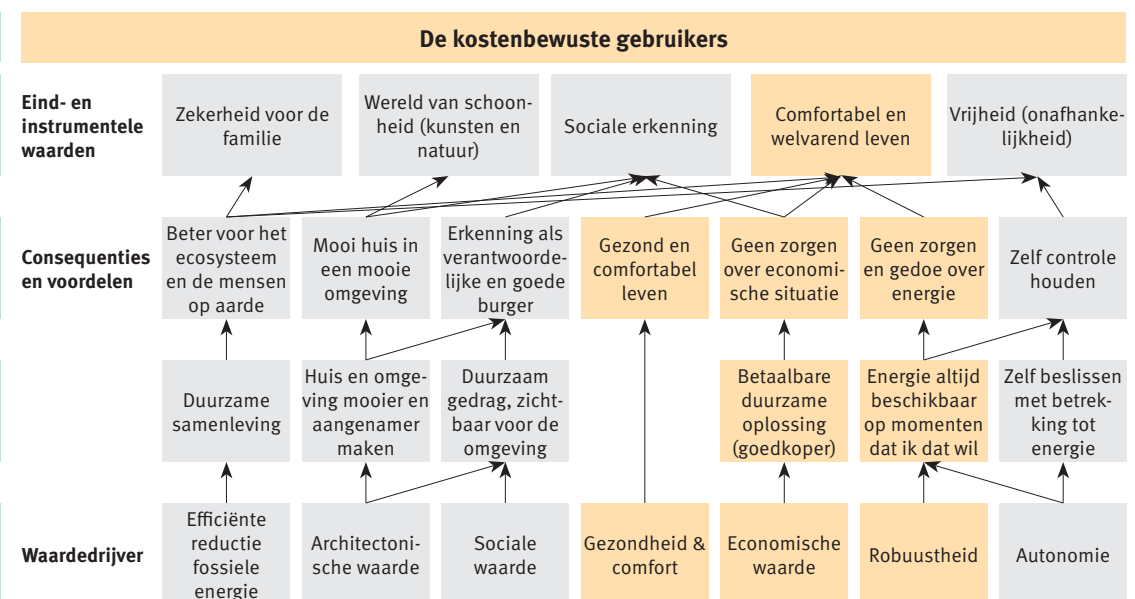
## De kostenbewuste gebruikers

De (fysieke en psychische) kostengedreven burgers worden vooral gedreven door de economisch voordelen. Dat het dan ook nog duurzaam is, is dan mooi meegenomen. Met betrekking tot comfort (psychische kosten) wil men niet terug ten opzichte van de huidige situatie. Zolang de fossiele brandstof voorziening nog voldoende omvang heeft, hoeft dat ook niet. Als het duurzame systeem een keertje faalt (vandaag geen zon), dan schakelen we om naar de grijze energie. Sommigen menen dat startend vanuit een kostgedreven benadering bij mensen toch een transitie naar duurzaam gedreven gedrag kan ontstaan. Op dit moment zijn daarvoor een aantal technische *enablers* beschikbaar:

- Beter isoleren van de huizen. Helaas achten we deze door de geringe zichtbaarheid niet echt geschikt als technische *enabler* voor de ontwikkeling van meer duurzaamheidsbewustzijn
- Zonnepanelen maken daar een grotere kans. Eigenaren van zonnepanelen kijken veel vaker naar de energie-opbrengsten en –kosten. Maar hun trots is vooral economisch van aard
- Windturbines, ja, indien geïnstalleerd op het eigen dak, minder indien ver weg op zee, onzichtbaar voor de eigenaar en de gebruiker.

De kans bestaat als dit segment en vooral de bijbehorende wijze van benaderen van het thema duurzaamheid dominant wordt, er een fysieke maar ook een psychologisch kostenplafond wordt gelegd dat de verdere uitrol van duurzaamheid wel eens zeer zou kunnen vertragen. Het is bekend uit de marketing dat als één keer dat beeld is verinnerlijkt bij mensen, het zeer moeilijk en kostbaar is om dit te transformeren. Het is typisch een *low end*-positionering van duurzaamheid en energieneutraliteit. Kwetsbaar voor verdere prijsreducties van de fossiele brandstoffen, kwetsbaar voor wijzigingen van subsidies en eigenlijk gebaseerd op de principes van de oude op 'geld en hebzucht' gebaseerde maatschappij, die ons zo in de crises heeft gebracht. Als deze segmentering dominant wordt dan zal dit de route naar een nieuwe mens-gerichte maatschappij belemmeren. [Close, 2013].

**Eén van de uitdagingen in de komende jaren zal zijn om een aantal onbewusten, die nog in het segment 'kostengedreven' zitten te transformeren naar 'duurzaam bewusten'.**



## De evolutie van waardedrijvers

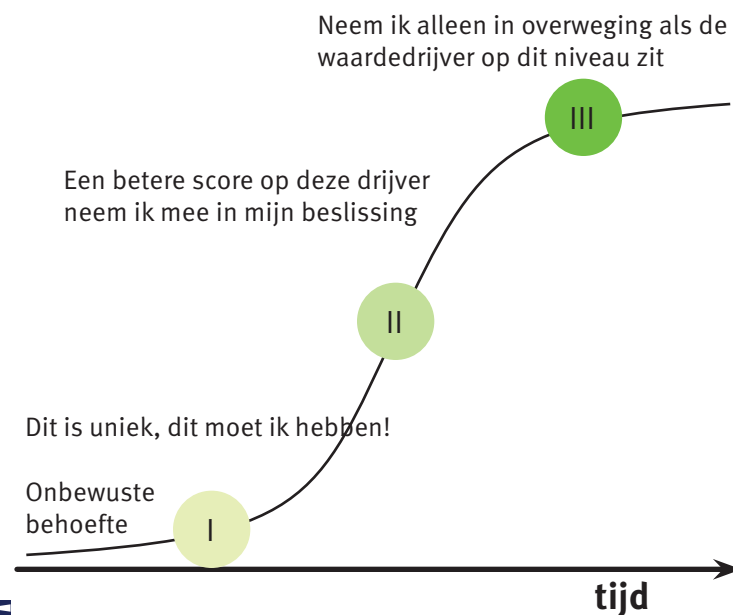
De ‘waarde’ van een waardedrijver verandert in de tijd. Hierin zijn een viertal fases te onderscheiden (zie ook de figuur hieronder):

### Voor I

De persoon of beslisser voor wie het systeem is bedoeld, is zich niet bewust van de behoefte. In deze fase heeft vragen geen zin. Typische radicale innovatie op gebied van betekenis vindt daarom ook niet plaats op basis van marktonderzoek. Daarom gebruiken bedrijven als Apple, B&O, Nintendo (Wii) in deze fase geen directe interactie met klanten, maar doen ze onderzoek op indirecte wijze. Er is alle reden om aan te nemen dat ‘energieneutraliteit en duurzaamheid’ nog niet echt wordt erkend als een belangrijke behoefte door de meeste bewoners van Eindhoven.

### Tussen I en II

De persoon en beslisser onderkent nu de behoefte en het belang van deze waardedrijver. De aange-



boden prestatie op de waardedrijver is hoog genoeg om in ieder geval een aantal personen in beweging te laten komen. Dit is vaak een periode, waar vele technologische alternatieven worden aangeboden en er nog veel mankementen en onzekerheden zijn. Sommige personen *early adopters* vinden dat uitdagend, maar velen laten zich hierdoor afschrikken. Na verloop van tijd zullen zich een paar alternatieven aftekenen (zogenaamde dominante designs [Utterback, 1996]). Velen, die actief zijn in het ‘duurzaamheidsveld’ herkennen dat er sprake is van een gigantische hoeveelheid technologische mogelijkheden, waarvan absoluut nog niet helder is, wat nu de preferente keuzes zijn voor Eindhoven en of er al technologische mogelijkheden zijn, die een dominant design zouden kunnen worden. Dit betekent dat de geschiktheid van de keuzes, die bewoners, organisaties en gemeentelijke instanties in Eindhoven maken op gebied van duurzaamheid, bij voorkeur keuzes zijn, die hoge potentie hebben om een dominant design te worden of de *switching costs* (de kosten om in de toekomst voor een andere technologie te kiezen) laag te houden.

### Tussen II en III

In deze fase is een heleboel duidelijk, de hoofdkeuzes zijn goed te identificeren en de waardedrijver is goed bekend en wordt meegenomen in de meeste besluiten. Technologische systeemoplossingen worden met elkaar vergeleken.

### Na III

Een waardedrijver na III is eigenlijk een *sine qua non*. Als de waardedrijver niet op een voldoende niveau door een systeem wordt ingevuld, dan wordt aanschaf of gebruik niet eens overwogen. De waardedrijver is een *dissatisfier* geworden, je kunt je er niet langer als leverancier mee onderscheiden, maar een minimaal niveau is vereist. [Kano, 1980]. In deze periode worden keuzes gemaakt op *merk*, op reputatie en op prijs.

## De ontwikkeling van de waardedrijvers voor energie

Om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van de waardedrijvers voor energiesystemen over de looptijd van de roadmap is in de workshop met experts in twee groepen een inschatting gemaakt van de ontwikkeling van de waardedrijvers voor de komende decennia. Op de komende pagina's volgt een uitgebreide toelichting op de ontwikkeling van elk van de waardedrijvers.

## Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en bijdrage aan duurzaamheid



Vanuit het perspectief van de meeste burgers is duurzaamheid en energieneutraliteit nog steeds sterk gekoppeld aan allerlei gebeurtenissen op wereldniveau, maar de vertaling naar de eigen omgeving, naar eigen gedrag en naar eigen energievoorziening heeft nog nauwelijks plaatsgevonden. Dit betekent dat de komende jaren nog steeds behoorlijke investering nodig is om burgers bewust te laten zijn over waarom energieneutraliteit en duurzaam gedrag essentieel is om onze leefomgeving op langere termijn gezond en veilig te houden. Dit moet daarom in de roadmap veel aandacht krijgen.

Het niet willen ontwikkelen van deze waardedrijver, zoals reeds eerder aangegeven, leidt tot een zeer trage transitie naar een duurzame samenleving, want de enige relevante driver is dan gebaseerd op kostenbesparing ten opzicht van een grijze energieoplossing. Dit is niet alleen een *uphill-fight* tegen de grijze energie, maar ook blijkt uit onderzoek dat economische argumenten meestal geen hoge motiverende waarde hebben.

Eén van de mogelijke versnellers is een ecologische catastrofe, die mensen echt kunnen associëren met hun eigen gedrag en beslissingen. Dan zou het wel eens heel snel kunnen gaan en wordt het de overheid toegestaan om snel maatregelen te nemen om de schade verder te beperken.

Om de kosten van het gebruik van fossiele brandstoffen in kaart te brengen, is het van belang om naar de totale milieubelasting te kijken. Dus ook naar bijvoorbeeld de produktiekosten.

Voorbeeld 1:

Tachtig jaar geleden kostte het één vat olie aan energie om honderd vaten olie te winnen. Nu zijn er, afhankelijk van de locatie, in veel gevallen al tien tot twintig vaten nodig om honderd vaten olie te winnen. [Broekhuizen, 2014]

Echter ook de kosten van het compenseren respectievelijk vermijden van milieubelasting dienen te worden verrekend.

Voorbeeld 2:

Om één ton CO<sub>2</sub>-emissie te compenseren kost 135 euro aan investeringen in windmolens [Vogtländer, 2009].

Op dit moment zijn de “eco-kosten” onzichtbaar in onze huidige economische modellen. Door deze wel zichtbaar te maken wordt duidelijk wat de echte kosten van fossiele brandstoffen zijn en wordt de energietransitie ook economisch meer dan verantwoord.

## Robuustheid



In West-Europa zijn burgers gewend dat energie altijd beschikbaar is. Vandaar dat de meeste burgers, de beschikbaarheid van energie als vanzelfsprekend vinden (de eerste groene bol met een III geeft dat aan). De incidenten met stroomuitval, met name in de Verenigde Staten, hebben aangetoond dat stroomuitval in een stad tot grote problemen kan leiden. Gezinnen in de kou, bedrijven die niet kunnen produceren en geplunderde winkels. Als reactie hierop zijn veel bedrijven gaan investeren in een eigen energievoorziening met aggregaten en *smart-grids*. Echter een gedistribueerd energiesysteem gebaseerd op grijze energie is echter geen stap vooruit met betrekking tot duurzaamheid.

Zowel op gebied van elektriciteit, als op het gebied van warmte en koude, zijn de huidige groene energievoorzieningen niet in staat op elke gewenst moment in de juiste vorm en hoeveelheid energie aan te bieden.

### Robuustheid Elektriciteitsvoorziening

Duurzame elektriciteitsopwekking, zoals wind en zon, hebben een jaarlijkse cyclus (zomers met veel zon en weinig wind en winters met weinig zon en veel wind), een dagelijkse cyclus (dag en nacht) en daar boven nog veel spreiding ten gevolge van het weer. Elektriciteitsopwekking op basis van water (getijden, osmose - mengen zout en zoet water - en golven) heeft een betere voorspelbaarheid (wanneer is het eb en wanneer vloed), maar is nog steeds niet stuurbaar op basis van de behoefte aan elektriciteit. De energievraag van huishoudens is ook niet stabiel: er is een hogere vraag 's winters, 's avonds en in het weekend. Door energie op te slaan en het 's avonds te gebruiken, zou het verschil tussen vraag en aanbod opgevangen kunnen worden. Helaas is de technologie voor opslag van elektriciteit heel erg duur, en is er daardoor veel te weinig opslagcapaciteit.

Op dit moment is ongeveer 25 % van de elektriciteitsvoorziening in Duitsland groen. Regelmatig overschrijdt de productie van groene elektriciteit de vraag. Op die momenten dumpst Duitsland door gebrek aan opslagcapaciteit energie naar andere landen. Dit betekent dat rond de 20-25% groene energieopwekking terug leveren aan het net problemen begint op te leveren.

Bio centrales kunnen wel duurzaam elektriciteit en warmte/koude opwekken, echter met de huidige technologie is de maximaal haalbare capaciteit te beperkt. Ook hier is nog een technologische doorbraak nodig om zeer efficiënt biomaterialen (bijvoorbeeld algen) te kweken en om te zetten naar biobrandstof of energie.

Dit heeft als consequentie dat de komende jaren, complementaire grijze en groene elektriciteit systemen nodig zijn om de robuustheid van de elektriciteitsvoorziening te kunnen garanderen. Pas na een doorbraak in energieopslag is een volledige groene elektriciteitsvoorziening mogelijk.

### Robuustheid Warmte-Koude Energievoorziening

Op dit moment wordt voor warmte en koude veelal gas gebruikt in de gebouwde omgeving. Op het gebied van duurzaamheid is er behoorlijke groei van Warmte-Koude Opslagssystemen in de bodem (WKO). Deze systemen proberen zomers warmte (lucht, water) op te slaan in de bodem (vaak in water) en koud water omhoog te pompen voor koeling. 's Winters wordt het warme water dat gedurende de zomer opgeslagen is gebruikt om koude huizen te verwarmen. Deze systemen zijn echter niet probleemloos. Een woning heeft in een jaar meer warmte (5x meer)



## Robuustheid (vervolg)

nodig dan koude. Als er meer warmte nodig is in de winter dan dat er in de zomer is opgeslagen, dan gaat dat mis. Bovendien is dit systeem niet in staat om heel snel een woning of gebouw op te warmen. Veel WKO systemen hebben dan ook een piekkel om dit soort problemen op te vangen. Bestaande radiatoren zijn niet geschikt voor de relatief lage watertemperatuur, er is vloerverwarming nodig of speciale muurradiatoren. Grote gebouwen hebben vaak een betere balans tussen warmte en koude en daar past WKO van nature beter.

Daarnaast zijn er nog een aantal technische problemen. Het systeem dringt diep door in de bodem en doorboort daarmee allerlei geïsoleerde lagen, sommige hiervan bevatten drinkwater. Het kan voorkomen dat drinkwater vermengd raakt met “vies” water uit andere lagen, doordat de isolerende lagen zijn gaan lekken. Ook kan een put verstopt raken (3-5% kans). De put moet dan netjes worden verwijderd en de gaten in de isolerende lagen diep in de grond worden gerepareerd om vervolgens een nieuwe put te slaan. Kosten zijn ongeveer 200.000 euro per put. De voorziening wordt pas economisch verantwoord als meerdere huizen worden aangesloten. De TU/e Eindhoven heeft sinds 2003 een van de grootste WKO-systemen in Europa (in staat om ongeveer 800 woningen te voorzien). In totaal zijn er op het TU/e terrein 24 putten geslagen. Eindhoven heeft ongeveer 90000 woningen. Extrapolerend betekent dit ongeveer 2700 putten in Eindhoven, elke 180 meter een WKO put. Tenslotte is er het probleem dat WKO-systemen regelmatig over- of onder-gedimensioneerd zijn, waardoor de efficiency en met name de economische terugverdientijd veel slechter kan zijn dan oorspronkelijk is berekend. Een voordeel van meerdere putten is dat bij eventuele suboptimale operatie of andere problemen de putten de warmte/koude voorziening van elkaar kunnen overnemen en of aan- of uitgeschakeld kunnen worden. Dit verhoogt de kans op een betere economische rentabiliteit en een hogere robuustheid.

Er zijn ook nieuwe WKO systemen in ontwikkeling, die van een hogere temperatuur (60-90 graden) gebruik maken en bovendien warmte-koude in grote opslagtanks in de grond (40 meter doorsnede, 17 meter diep) opslaan. Één tank zou in principe 100-400 woningen kunnen voorzien van warmte en koude. Dit systeem belooft een robuuster en flexibeler systeem op te leveren, dan de klassieke lage temperatuur WKO, zoals hierboven beschreven.

Al met al zijn de groene energievoorzieningen nog ver van robuust en tot die tijd zullen grijze energiesystemen de robuustheid moeten blijven garanderen. Vandaar dat een puur groene energievoorziening voor de gebouwde omgeving zonder hulp van grijze energie nog ver weg is.

## Economische waarde



Voor de economische waarde dient men onderscheid te maken tussen nieuwbouw en renovatie of bestaande bouw. Voor de nieuwbouw zijn energiemaatregelen relatief eenvoudig en betaalbaar in te bouwen. De zorg en de kosten zitten bij de reeds bestaande bouw. Daar is op dit moment de economische terugverdientijd van energiemaatregelen, zoals isolatie en opwekking, nog steeds een kritisch punt. Op dit moment is voor bestaande bouw het isoleren van woningen tot label B economisch haalbaar. Om naar label A te komen is op dit moment economisch niet realistisch.

Om de transitie naar energieneutraliteit te starten zijn te vaak nog subsidies en gunstige afgedwongen voorwaarden nodig om terug te kunnen leveren aan het net. De subsidieregelingen wijzigen regelmatig en daardoor worden burgers alsnog op kosten gejaagd ondanks dat de initiële kosten/baten analyse best gunstig leek. Dit heeft de burger wantrouwend gemaakt ook al ziet het economische plaatje er in het begin goed uit.

De lage (te lage) prijzen voor fossiele brandstoffen maakt de economische haalbaarheid van de transitie naar duurzame energie kwetsbaar. De trage opstart van de energietransitie in Nederland heeft alles te maken met het gegeven dat op landelijk niveau, ons gas een belangrijke pijler is voor de concurrentiepositie van veel energie-intensieve industrie op Nederlandse bodem. Al met al roept dit veel emotionele reacties op, daar waar eerder een koele, objectieve afweging gewenst is.

Een te snelle afbouw en daaraan voorafgaande afkalvende marktwaarde van de huidige fossiele brandstofleveranciers, kan leiden tot crises op de kapitaalmarkt en zoals al aangegeven hebben we de komende 20 jaar de grijze brandstof misschien in absoluut volume minder, maar in een hoogwaardige flexibele vorm nog steeds nodig. Een gecoördineerde grijs/groen transitie is op zijn minst het proberen waard.

De terugverdientijden zijn echter dusdanig dat ook een aantal woningcorporaties voorzichtig zijn in hun energietransitieplannen, aangezien de kosten en de onzekerheid met betrekking tot de kosten (voor de huurder) op gespannen voet staan met de kerntaak ‘het aanbieden van betaalbare woningen voor de lagere inkomens’.

De meeste woningcorporaties concentreren zich vooral op isolatie en zonnepanelen. Het helpen bij het aanleren van energiebesparend gedrag, het aanbieden van duurzame energievoorziening via wind (hetgeen economisch veel aantrekkelijker is) en allerlei warmte/koude oplossingen wordt vooralsnog niet vanuit woningcorporaties breed ondersteund (een enkel experiment daar gelaten).

Het is van belang de economische effecten op twee niveaus te zien:

- Terugverdienen van de gemaakte investering via besparing op de operationele kosten, waaronder de energierekening
- Als belegging, het huis is meer waard geworden door de investering ten opzichte van huizen, die niet in duurzame energie hebben geïnvesteerd. Welke belangrijker is hangt geheel van de privésituatie af.

Tenslotte is de economische terugverdientijd relevant aangezien hierin de kans kan worden meegenomen dat er nieuwe technologieën in de toekomst tot versnelde afschrijving kunnen leiden. Soms is het beter om te wachten, als het technologieveld teveel in beweging is of teveel onzekerheden bevat met veel opwaarts potentieel.

## Sociale waarde



Uit onderzoeken blijkt dat energiebesparend gedrag bij burgers nauwelijks wordt gedreven door een langere termijn visie (inzicht in waarom we de samenleving moeten verduurzamen), of door economische voordelen of een beter zelfbeeld van jezelf als goede burger [Midden 2013] [Laskey, 2013]. Het gedrag wordt pas anders als zichtbaar wordt, hoe zuinig burgers ten opzichte van hun directe burens met energie omgaan.

Dus een belangrijke drijver om keuzes te maken met betrekking tot technologie is dan ook of de technologie mogelijkheden biedt om terugkoppeling op eigen gedrag of ten opzichte van de directe burens tot stand te brengen, waardoor een sociale druk ontstaat die aanzet tot groen gedrag en groene beslissingen. Deze sociale kracht gaat alleen maar werken, als er in een buurt ook de nodige sociale cohesie is of ontstaat.

In Nederland zijn we dichtbij het punt dat elk apparaat in het huishouden aansluiting gaat krijgen op internet en van allerlei sensoren wordt voorzien (*the internet of things*). Dit maakt een zeer snelle terugkoppeling op eigen gedrag mogelijk. Open data maakt het ook mogelijk diverse vergelijkingen inzichtelijk te maken. Inschattingen zijn dat daarmee energiebesparingen door gedrag groter dan 10% te behalen zijn.

Met investeringen in isolatie mag, gegeven de isolatiegraad van het huidige woningenbestand, een gemiddelde besparing van ongeveer 25% worden verwacht. Uiteraard is het besparingspotentieel voor een slecht geïsoleerd huis hoger dan voor een goed geïsoleerd huis.

Dit betekent dat een 30 – 40 % besparing door duurzaam gedrag en isolatiemaatregelen voor de gebouwde omgeving voor Eindhoven alleszins de moeite waard is om in 'sociale technologie' te investeren.

## Gezondheid & comfort



Een gezonde en comfortabele woonomgeving zijn belangrijke zaken voor het welzijn van mensen. De kwaliteit van de leefomgeving in huis wordt mede bepaald door

- de concentratie zuurstof,
- de concentratie koolstofdioxide,
- de concentratie fijn stof,
- de concentratie vluchtige organische stoffen (lijm, verf),
- de luchttemperatuur
- de relatieve luchtvochtigheid en
- de hoeveelheid licht

Wanneer een huis zeer sterk geïsoleerd wordt, dient er veel aandacht te zijn voor goede ventilatie. Bij een passief huis is de klimaatbeheersing integraal onderdeel van het ontwerp. Met betrekking tot comfort dient ook meegenomen te worden de overlast tijdens het aanbrengen van de verbeteringen met name in de bestaande bouw, zowel in het huis als daarbuiten. Hoewel op de levensduur van een huis, dit maar een beperkte tijd is, op het moment van besluiten is het voor veel bewoners relatief dichtbij en krijgt het meer "negatieve" betekenis.

Naast de luchtkwaliteit is ook de lichtkwaliteit van belang. Daglicht heeft een sterke functie in het welbevinden van mensen, en helpt in het voorkomen van (winter-)depressies. Er dient dus ook een goede balans gevonden te worden in het werven van zonlicht voor temperatuurbeheersing en het binnenlaten van voldoende licht voor gezondheid en welzijn.

Het lastige bij gezondheid en comfort is dat weinig mensen zich bewust zijn van de effecten op hun gezondheid. De effecten zijn vaak niet onmiddellijk waar te nemen (behalve de overlast van het aanbrengen van duurzame oplossingen).

## Architectonische waarde



De architectonische waarde (zijn de woning en zijn omgeving fraai om in te wonen) is op dit moment als het om duurzaamheid gaat ‘het kind van de rekening’. Of ze is niet aanwezig (een HR+-ketel, isolatie is onzichtbaar), of ze wordt gezien als lelijk (zonnepanelen op het dak, windturbines in het landschap). Duurzame energieopwekking, zoals wind en zon, verbruikt ongeveer een factor 1000 meer aardoppervlak dan de fossiele energieopwekking. Een stad, die energieneutraal is en dat zoveel mogelijk lokaal wil oplossen, gaat architectonisch door een behoorlijke transitie heen. De uitdaging is dan ook om duurzame technologie zo te gebruiken dat de omgeving als een aangename plaats om te leven wordt ervaren. Over 10 jaar wordt verwacht dat duurzame technologie, die niet ook “schoonheid” aan het landschap of het gebouw toevoegt, weinig kans meer maakt.

## Autonomie



De laatste decennia hebben de nodige worstelpartijen laten zien met betrekking tot de bestuurbaarheid van de maatschappij.

- Overheden, maar ook grote bedrijven worstelen met de toegenomen complexiteit van de maatschappij en het vraagstuk van de bestuurbaarheid. Begrippen als auto-poiesis (zelforganisatie) worden gebruikt, in lijn met een overheid, die taken heeft afgestoten.
- Met de toenemende *outsourcing* in het bedrijfsleven en het equivalent daarvan bij de overheid, de toenemende ‘privatisering’, heeft hier en daar (niet in die mate als oorspronkelijk verwacht) wat efficiency gebracht, maar ook de complexiteit doen toenemen.
- Veel burgers zijn hoogopgeleid en zeer wel in staat om zelfstandig zeer complexe problemen op te lossen, en zonder problemen zelf kennis- en productie-netwerken te creëren voor transitie en implementatie. Maar er zijn ook bewoners, die hulp nodig hebben of zelf geen beslissingen kunnen of willen nemen.
- De afgelopen crises in vastgoed, de bancaire sector en de vele ‘incidenten’ met betrekking tot ethisch gedrag van grote bedrijven (zoals bijvoorbeeld: plofkippen, pillen die je niet genezen van kanker maar je wel levenslang afhankelijk daarvan maken, privacy schendingen van overheden en grote bedrijven, het levend villen van angorakonijnen, geld voor goede doelen, dat niet op de juiste plek terechtkomt, etc.) hebben veel burgers argwanend gemaakt. Vele product-market strategieën van profit-gedreven bedrijven zijn er niet op gericht de problemen van hun klanten op te lossen, maar alleen maar doende om hun klanten verslaafd te maken aan een symptoombestrijdend product of dienst. Er is een trend naar kleinschaligheid en velen zijn op zoek naar persoonlijke netwerken, waarin waarde wordt gecreëerd op een faire manier.
- Grote bedrijven en sterk verweven conglomeraten, die op efficiency aangestuurd worden, hebben laten zien hoe kwetsbaar ze zijn. De Nederlandse onbalans-energiemarkt, laat zien dat gedistribueerde leveranciers via een goed doordacht markmechanisme zeer stabiel de behoefte aan energie kunnen bedienen zonder gecompliceerde gecentraliseerde respectievelijk top-down besturing. In plaats van verkleefde, gedehumaniseerde op efficiency gerichte grote bedrijven, bestaat er nu de mogelijkheid om anti-fragiele systemen te ontwikkelen, die stuur- en besliskracht decentraliseert en bij burgers neerlegt en uiteindelijk leidt tot grotere efficiëntie. De basisprincipes voor antifragiliteit zijn te vinden in [Taleb, 2012]. “Hoe meer chaos, hoe beter het systeem”.
- Pallas Agterberg [Agterberg, 2013] gaf aan dat autonomie een diepe drijfveer is van mensen, meer dan geld. Een voorbeeld is de verschuiving van mainframes computers (zéér efficiënt) naar een netwerk van met elkaar verbonden personal computers and laptops (duurder, maar de gebruiker heeft meer autonomie).

Er zijn aan de gekozen duurzaamheidsoplossingen wel een aantal belangrijke aspecten, die een grote autonomie voor de burger mogelijk moeten maken.

- Economisch (qua investering, onderhoud maar ook qua mogelijke risico’s) moet een energiesysteem haalbaar zijn voor de individuele woningbezitter
- Energiesystemen moeten bij voorkeur lokaal zijn, dichtbij de woning van de burger voor snelle terugkoppelingen op beslissingen en gedrag

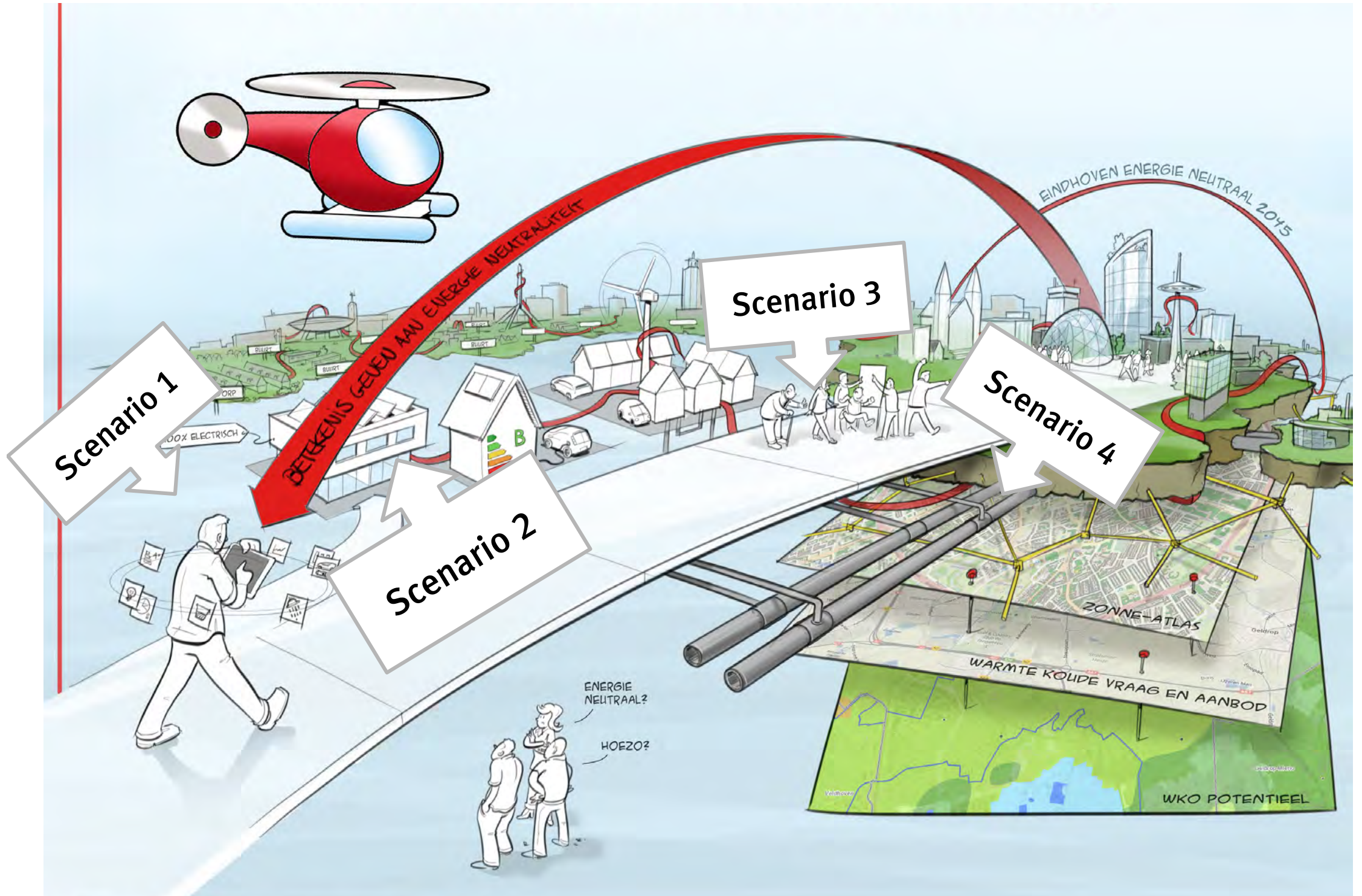
## Economisch potentieel

- Het beslissingsproces met criteria, resultaten, risico's moet voor de burger transparant en simpel zijn
- Het totale energiesysteem is robuust, dat wil zeggen als een deel faalt, kan energie van een ander deelsysteem afgenomen worden
- Het managen van het systeem moet simpel zijn voor de burger
- De burger kan eenvoudig en zonder hoge advocaatkosten zijn recht halen indien dingen niet lopen zoals afgesproken
- Het managen van het systeem moet indien de burger dat wenst op verschillende autonomie-niveaus uitbesteedt kunnen worden

Helaas zijn op dit moment nogal wat duurzame technische oplossingen) bijvoorbeeld 'WKO', die pas economisch rendabel en technisch haalbaar zijn met een schaalgrootte van tenminste 100-200 woningen of die ver weg van de woning staan. Eigenlijk zijn op dit moment alleen isolatie, duurzaam gedrag met behulp van slimme huishoudelijke apparaten, en zon & wind systemen geschikt te maken voor een hoge autonomie op gebied van duurzame energie.



Hoewel voor sommige burgers misschien wat minder relevant, voor andere stakeholders, zoals bijvoorbeeld de Gemeente is de mogelijkheid om kennis en producten en diensten te exporteren uit de regio best een factor. Ook banen zijn belangrijk. De komende jaren zijn beslissend of Eindhoven regio veel duurzame oplossingen moet inkopen en er dus een negatieve cashflow is uit de regio of dat een aantal Eindhovenaren hun boterham hiermee verdienen en geld naar Eindhoven halen om weer andere lokale investeringen te realiseren.



## Bijlage B: Scenario's voor de roadmap

Om tot een beter inzicht te komen in wat nodig is om de doelstelling Eindhoven Energieneutraal te realiseren is in een workshop met experts een aantal scenario's doorgenomen. Deze scenario's sluiten elkaar niet uit, maar kunnen aanvullend zijn. De scenario's zijn gebaseerd op de belangrijkste elementen die in vooronderzoek en het gewenste scenario op basis van de visie naar voren zijn gekomen.

- Scenario 1: van een vage notie naar duurzaam gedrag
- Scenario 2: kleine, lokale systemen
- Scenario 3: 'The All-Electric House'
- Scenario 4: Eindhoven warmtenet

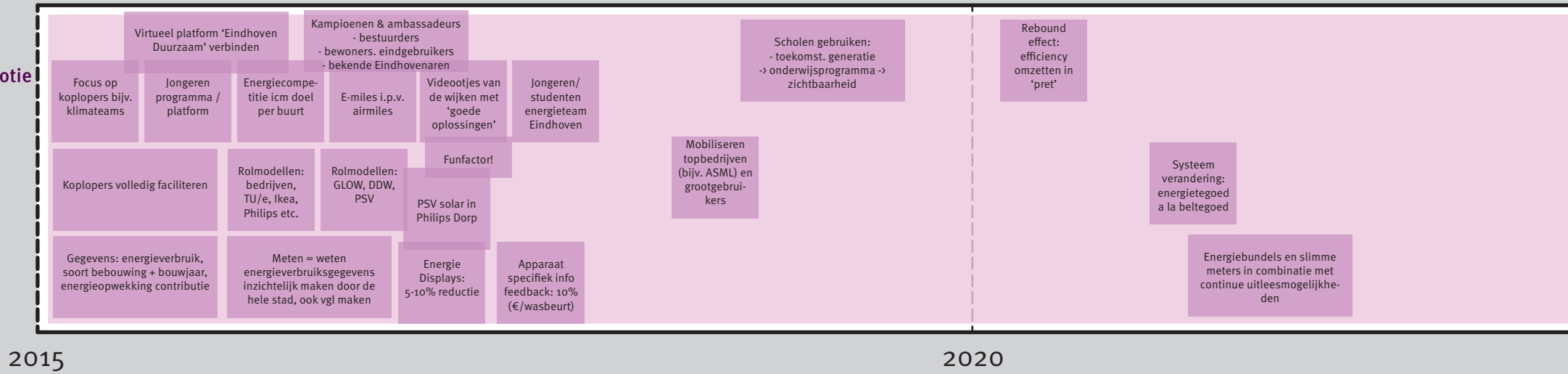
De resultaten van de workshop zijn op de volgende pagina's weergegeven. De resultaten zijn vervolgens gebruikt als input voor de roadmap, naast een aantal interviews met experts.



## Scenario 1: van een vage notie naar duurzaam gedrag

De uitdaging om burgers te motiveren zich duurzaam te gedragen.

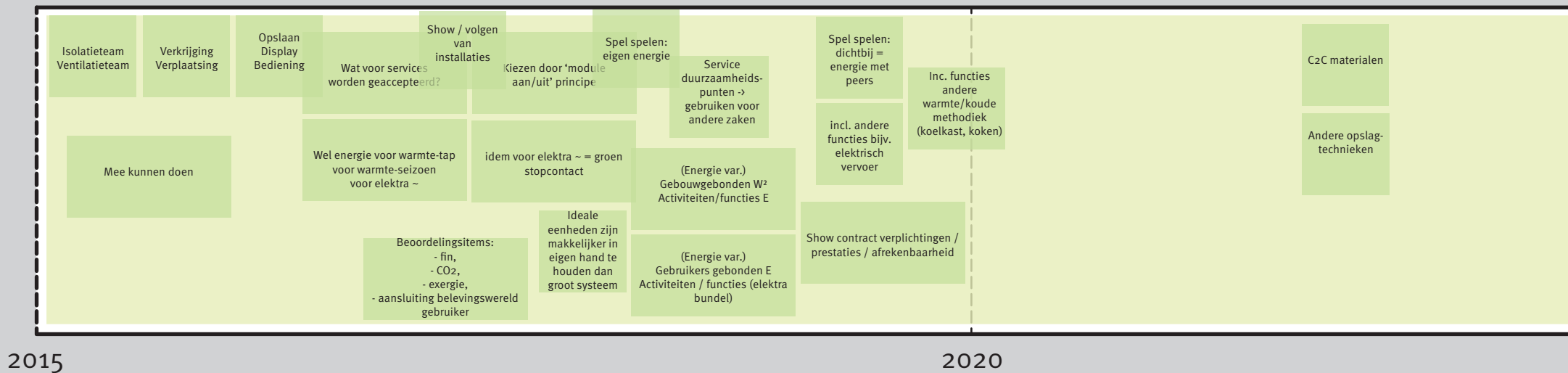
### Scenario 1 Van een vage notie naar duurzaam gedrag



## Scenario 2: kleine, lokale systemen

Buurtten, een aantal woningen dat met elkaar met name met betrekking tot warmte en koude een gezamenlijke infrastructuur gebruikt.

### Scenario 2 Kleine, lokale systemen

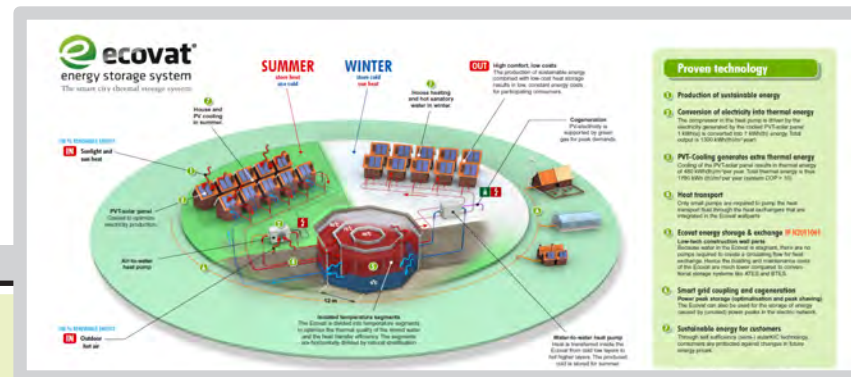
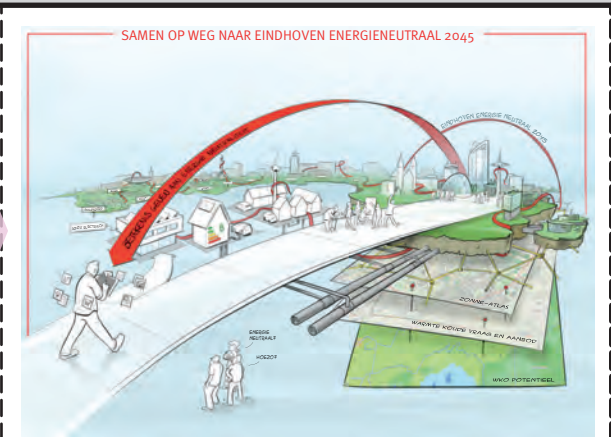




De 'waaninnige woonwijk' is een voorbeeld van het betrekken van burgers in initiatieven om de wijk te verbeteren.

2030

2045



Ecovat is een voorbeeld van een kleiner, lokaal systeem dat meerdere huizen verbindt voor duurzame warmte/koude.

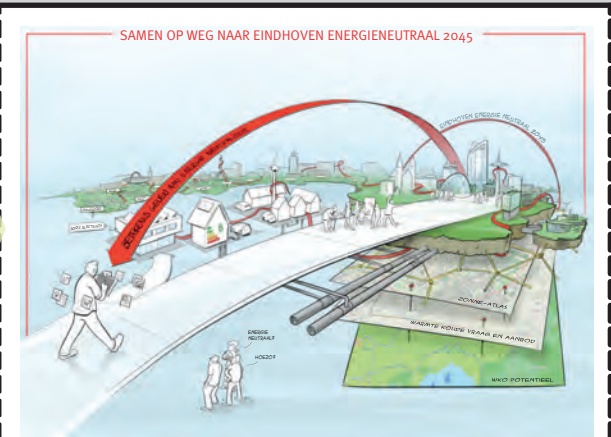
Functie/activiteit dat zelf zorgt voor z'n energie bijv. koelkast die ook z'n eigen energie levert

Functie/activiteit dat zelf zorgt voor z'n energie (autonoom)

Sensors die batterijen gebruiken (longlasting)

2030

2045

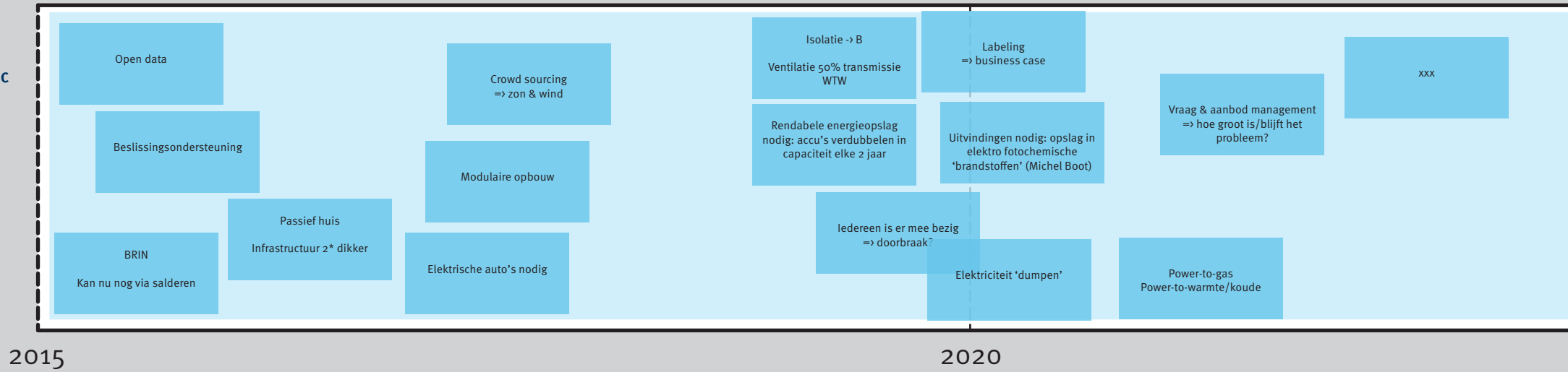




## Scenario 3: 'The All-Electric House'

Een extreem goed geïsoleerd huis dat via zon of wind alle elektriciteit en warmte / koude opwekt, die nodig is om comfortabel te leven en te werken.

### Scenario 3 "The All-Electric House"



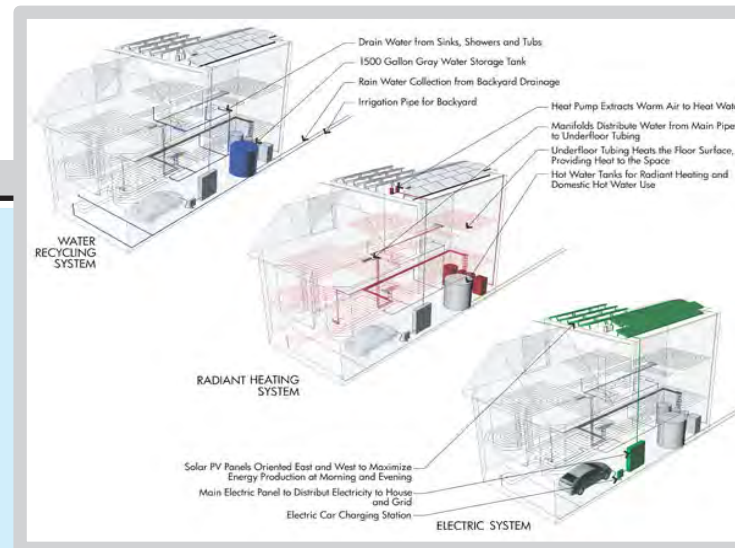
## Scenario 4: Eindhoven warmtenet

Warmtenet als een ruggegraat door de stad, waarin allerlei vraag en aanbod voor warmte en koude met elkaar wordt verbonden.

### Scenario 4 Eindhoven warmtenet

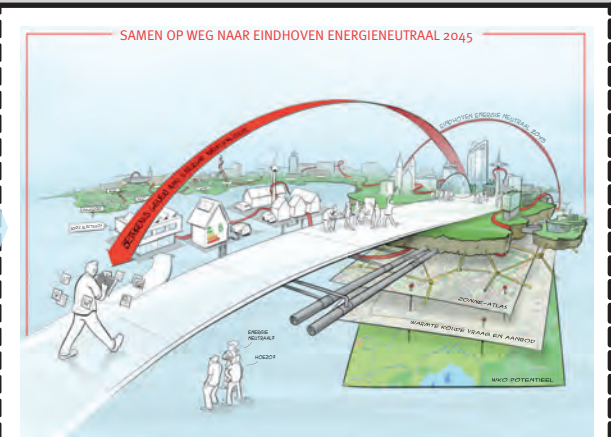


2030

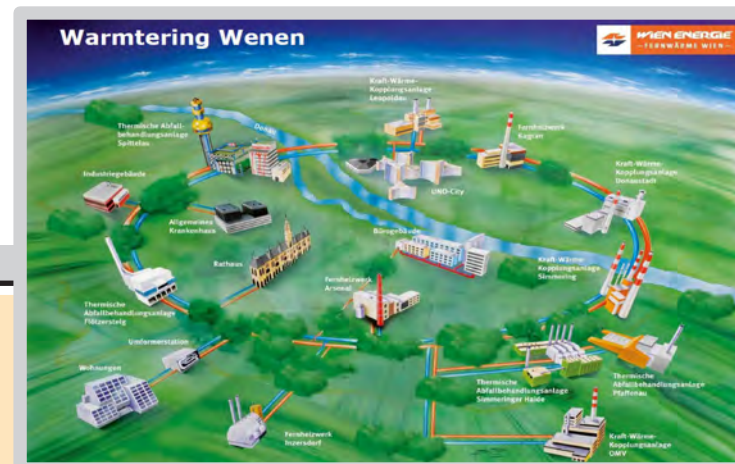


Voorbeeld van een huis waarin diverse systemen geïntegreerd zijn.

2045

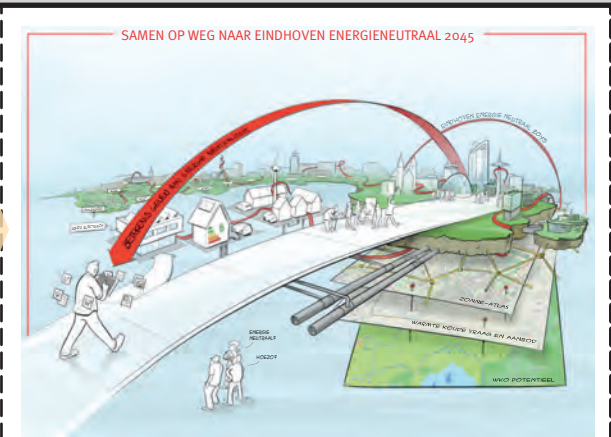


2030



Voorbeeld van de warmtering in Wenen, waarin de overtollige warmte die uit de industriële activiteit komt wordt ingezet voor verwarming van woningen.

2045





## Bijlage C: Technologische opties

Op dit moment is de technologie ontwikkeling op gebied van duurzaamheid nog volop in beweging. Enerzijds is het een geruststellend idee dat er zoveel innovatiekracht op dit onderwerp is. Anderzijds bestaat er een gerede kans dat indien nu technologiekeuzes worden gemaakt, deze achteraf worden betreurd omdat er in de tussentijd veel betere oplossingen zijn ontwikkeld.

Een prima overzicht van technologie kan gevonden worden in [Eneco, 2013]. Er is voor gekozen om niet alle technologische oplossingen te beschrijven. De bron voor dit overzicht is [Eneco, 2013] en we verwijzen dus ook naar dit boek voor alle gedetailleerde beschrijvingen.

In hoofdstuk “Trends, knelpunten en uitdagingen” is er een indeling gemaakt naar technologie clusters (zie ook de tabel hier rechtsonder). Technologie kan op verschillende manieren worden opgesplitst:

### naar functie:

- Energieopwekking
- Energiebesparing
- Energieopslag

Eigenlijk is de laatste functie een zogenaamde disfunctie. D.w.z. het moet eigenlijk problemen in de hoofdfunctie oplossen. Voorbeeld: het feit dat de zon niet naar onze behoefte meer of minder gaat schijnen, maakt dat we energieopslag nodig hebben om het verschil tussen vraag en aanbod op te vangen.

### naar energie “kwaliteit” van de secundaire’ energiedrager:

- Hoog exergetisch (Electriciteit / Gas / Brandstof)
- Laag exergetisch (Warmte / Koude)

### maar technologie kan nog verder worden opgesplitst naar fysieke locatiegebondenheid:

- Binnen de regio Eindhoven
- Buiten de regio Eindhoven

In deze bijlage gaan we er per technologie cluster doorheen, waarbij we een inschatting maken van de scores van de verschillende duurzame technologieën op de waardedrijvers. Deze scores zijn onze eigen inschatting naar aanleiding van de inzichten die we hebben opgedaan in het vooronderzoek.

### Duurzame energietechnologieën

Duurzame technologie-cluster	Eigenschappen	Transitie energie-opwekking	Energiebesparing	Energieopslag
Hoog exergetische media	Eenvoudig te verplaatsen, opwekking en verbruik kunnen fysiek ver uit elkaar liggen	Van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wind</li> <li>• Zon (PV)</li> <li>• Water (getijde, osmose)</li> <li>• Algen</li> <li>• Biomassa</li> </ul> Naar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektriciteit, biogas of bio-gasolie</li> </ul>	Gedrag Huishoudelijke apparaten	Gepompt water (stuwmeer) Gecomprimeerde lucht Accu’s en supercondensatoren Vliegwielen Power-to-gas
Laag exergetische media	Erg locatiegebonden, opwekking en verbruik moeten dicht bij elkaar liggen	Van: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektriciteit, warmte uit geothermische bodemlagen, biogas, of bio-gasolie</li> <li>• Zon (zonnecollector), ‘restwarmte’ van industrie of huishoudelijk gebruik</li> </ul> Naar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• warmte of koude</li> </ul>	Gedrag Isolatie	Water in een geïsoleerde omgeving, zoals een natuurlijk vat of een natuurlijk geïsoleerde grondwaterlaag.

### Laag exergetische duurzame energie oplossingen

		SCHAAL									
				heel slecht			gemiddeld			heel goed	
				-3	-2	-1	0	1	2	3	
Cluster	Technologie	Bruikbare energie-vorm	Fysieke locatie-gebondenheid	Efficiëntie reductie fossiele energie en TNS	Robuustheid	Economische waarde	Sociale waarde	Gezondheid & Comfort	Architectuur waarde	Autonomie	Economisch Potentieel
ZON	<b>zonnecollectoren collectief per stad / stadsdeel</b>	Warmte	Eindhoven	3	2	0	0	-1	-1	-2	0
	<b>zonnecollectoren per woning / per gebouw</b>	Warmte	Eindhoven	3	2	1	2	-1	-1	1	0
BIO	<b>biomassa</b>	Warmte	Eindhoven	2	2	2	0	-1	0	-2	0
	<b>biovergisting</b>	Warmte	Eindhoven	1	3	2	0	-1	-1	-2	0
Geothermie	<b>aardwarmtecentrale</b>	Warmte	Eindhoven	0	2	1	0	-1	0	-2	0
Warmtekracht Koppeling (WKK)	<b>WKK</b>	Warmte / Elektriciteit	Eindhoven	1	0	2	-1	-1	0	-2	1
	<b>WKO + lokale mogelijkheden voor WK productie &amp; distributie</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	3	2	0	0	-2	0	-2	0
	<b>Warmtenet (smart heating grid)</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	3	2	0	0	-1	0	-1	0
	<b>isolatie</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	3	3	2	0	-1	0	2	0
	<b>warmteterugwinning</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	2	3	1	0	-1	0	2	2
Energieopslag	<b>waterstof</b>	Elektriciteit / Warmte / Koude	Buiten Eindhoven	1	?	?	0	0	?	0	?
	<b>Elektriciteit naar brandstof</b>	Elektriciteit / Warmte / Koude	Buiten Eindhoven	1	?	?	0	0	?	0	?
	<b>gedistribueerde opslag in warmte (vb. Ecovat)</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	2	3	2	0	0	0	-1	2
	<b>energieuitwisseling tussen gebouwen</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	3	2	0	0	-2	0	-1	0
	<b>bijproduct energiecentrale</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	1	2	0	0	-1	0	-1	0
	<b>industrie restwarmte</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	1	2	0	0	-1	0	-1	0
	<b>afvalwarmte</b>	Warmte / Koude	Eindhoven	2	2	0	1	-1	0	-1	0
Smart Grid											

## Laag exergetische technologische oplossingen

In de tabel op pagina 62 zijn de verschillende laag exergetische technologieën aangegeven.

### Buiten Eindhoven

We beginnen met duurzame oplossingen met een fysieke locatie buiten Eindhoven, die als bruikbare energie in de vorm van warmte en koude aanbiedt.

Daar kunnen we kort over zijn, de verzameling technologieën is leeg, omdat het niet rendabel is om dit over afstand te doen. **Dit geeft ook aan dat als het gas er niet meer is, op dit moment de oplossing dus lokaal, in Eindhoven zal moeten worden gevonden.**

Er zijn een paar technologische wild-cards. Het omzetten van elektriciteit of biomassa naar waterstof, biogas of biobrandstof. **Als hier in de toekomst een doorbraak komt, dan zou de huidige gas en brandstof-infrastructuur (behalve voor waterstof) geheel of gedeeltelijk in gebruik kunnen blijven.**

### Binnen Eindhoven

Zoals al aangegeven, de meeste oplossingen voor **de warmte / koude behoefte moeten lokaal binnen Eindhoven worden gevonden.** Op de twee genoemde 'hoog-exergetische' oplossingen na, via biogas of bio-benzine/olie.

## Score op de waardedrijvers

We gaan per waardedrijver door de lijst van technische opties heen.

#### Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en TNS

De meeste oplossingen scoren goed of heel goed. Biovergisting scoort lager aangezien deze technologie nu nog concurreert met onze voedselvoorzie-

ning. Aardwarmte scoort laag omdat uitgerekend in Eindhoven, de warmtelaag in de bodem zeer diep zit. Het is niet gezegd dat dit in de toekomst toch met de voortgang van de technologie alsnog aantrekkelijk wordt. Het blijft een optie, die opwaartse potentie heeft.

Bijproduct energiecentrale en industriële restwarmte scoort wat lager, omdat de toepassing binnen Eindhoven beperkt is. We hebben weinig hoog-energetische industrie. Dat wil niet zeggen dat we daar lokaal geen gebruik van kunnen maken, maar het zal geen totaaloplossing bieden voor Eindhoven als geheel.

#### Robuustheid

Veronderstellende dat we voor warmte/koude goede opslagmogelijkheden hebben, dan moet de robuustheid geen groot probleem zijn. Weliswaar zijn er allerlei incidenten met warmte-koude opslag gemeld, maar een goed ontwerp zou dat toch redelijk moeten kunnen ondervangen.

Bovendien zal de grijze energie infrastructuur de komende jaren nog aanwezig zijn en die zal de klappen op kunnen vangen. Qua robuustheid door de beschikbaarheid van warmte-koude opslagtechnologie zijn de problemen minder groot dan bij elektriciteit.

#### Economische Waarde

Het is zeer lastig om hier eenduidige uitspraken over te doen. Het is van zeer veel lokale factoren afhankelijk. Bovendien maakt opschaling van warmte-koude systemen naar >200 woningen (of voor sommige technische oplossingen naar nog hoger aantal aangesloten woningen en gebouwen), het plaatje rendabeler.

Ruwweg zijn er een aantal scenario's:

- Er is sprake van relatief veel hoog-energetische industrie of centrales, die via de restwarmte veel van de woningen of gebouwen van warmte / koude zou kunnen voorzien en de gebouwen zitten bovendien dicht bij elkaar. Dan is een warmtenet een interessante optie. Echter industrieën hebben tegenwoordig niet meer het eeuwige leven, dus een duur warmtenet voor distributie van warmte vanuit een zeer beperkt aantal bedrijven is dus behoorlijk risicovol. Bovendien heeft Eindhoven als parkstad een wat lagere bevolkingsdichtheid, dus is er al gauw sprake van een warmtenet met een lage aansluitdichtheid en dus ongunstige economische terugverdientijden.
- Er wordt gekozen voor een gedistribueerd systeem van lokale warmte-koude opslag. Doordat de systemen zeer lokaal zijn, kan het distributienetwerk uit met een lagere transport capaciteit en korte verbindingen.
- Tenslotte kunnen er ook gebouwgerelateerde oplossingen komen, die per huis aangesloten worden, maar wel terug moeten vallen op een bio-brandstof/gas achtig systeem, als het kleine opslag systeem geen warmte of koude voorraad meer bevat.

#### Sociale waarde

De meeste warmte / koude technologieën zijn op z'n minst buurt systemen en hebben in die zin weinig sociale meerwaarde. Alleen daar waar door middel van gedrag, of door zelf zonnecollectoren op je huis te hebben gemonteerd resp. afvalwarmte (douche, wasdroger...etc) terugwint, is de sociale waarde echt aanwezig en is de score wat hoger.

#### Gezondheid en Comfort

We veronderstellen dat met het verbeteren van de isolatie nadrukkelijk voorzieningen worden getroffen (ventilatie...etc.) die de kwaliteit van het binnenhuis-

klimaat op niveau houden. Meestal levert isolatie minder invloed van het buitenhuisklimaat op, dat zeker in verkeersintensieve omgevingen alleen maar gunstig is.

Het meeste onderscheid tussen de technische oplossingen is er eigenlijk in verband met de noodzakelijke wijzigingen aan het bestaande huis. Meestal zit je als bewoner toch tegen een behoorlijke ingreep in en om het huis te kijken. Vandaar dat de gemiddelde score slecht is. Als het een WKO opslag is met lage temperatuur (30-40 graden) dan dienen meestal de radiatoren vervangen te worden of vloerverwarming, dan wordt de score al snel vrij slecht.

Ook isolatie of warmte terugwinning kan een behoorlijke ingreep in het huis betekenen. Overal waar de watertemperatuur veel hoger is (60-90 graden) is binnenshuis de ingreep beperkt, maar is er meestal buitenshuis een warmtenet nodig met veel graafwerk. De enige uitzondering belooft Ecovat te zijn, waarbij door de hogere stroomsnelheid een soort *best of both worlds* ontstaat: een licht distributienetwerk en toch hoge watertemperatuur (naar behoefte), vandaar dat deze er uitspringt. Maar, eerlijkheid gebied te zeggen, dat Ecovat nog steeds wat onderbouwing vanuit de praktijk behoeft.

### Architectonische waarde

Over het geheel genomen is deze matig. Het kost wat aardoppervlak of indien geplaatst op gebouwen, zijn de daken wat minder fraai. Hier is nog wat te winnen.

Zodra we echt met collectoren buiten de gebouwen aan de gang gaan of het planten van gewassen voor een biovergistingscentrale dan gaat dat toch wel erg veel aardoppervlak kosten, vandaar dat hierdoor de score naar slecht schuift. Laat onverlet dat een mooie integratie in een landschap, veel kan goedmaken.

### Autonomie

Technologie scoort hoog op autonomie als

- De burger allerlei beslissingen kan nemen en daar achteraf geen spijt van krijgt, maar echt het gevoel heeft dat de techniek hem of haar helpt autonomer te kunnen hanteren.
- Systemen simpel te besturen zijn.
- De minimale economische of technische schaal-grootte binnen het bereik van de burger ligt.

Het keuzepalet wat een burger ter beschikking heeft bestaat uit:

- Vrijheid en voldoende kundigheid al dan niet een technische optie te kopen en te gebruiken of te huren voor zijn eigen woning.
- Vrijheid en voldoende kundigheid om al dan niet diensten te kopen en uit meerdere toeleveranciers te kunnen kiezen.
- Vrijheid en voldoende kundigheid om op de diverse energiemarkten al dan niet te handelen.
- Vrijheid en voldoende kundigheid om al dan niet te investeren in duurzaamheid, waar ook ter wereld.
- Vrijheid en de kunde om informatie over zijn energiesituatie al dan niet te delen met anderen.

Gemiddeld genomen is rondom warmte en koude de technologie niet bepaald geschikt voor autonomie. Positieve uitzonderingen zijn eigen zonnecollectoren, isolatie en warmteterugwinning.

Warmtenet wordt dan nog beschouwd als iets gunstiger dan lokale distributie netten, aangezien er meerdere aanbieders op een warmtenet kunnen zitten en dan valt er nog iets te kiezen als burger.

Lokale distributienetten zijn waarschijnlijk het meest geschikt om georganiseerd te worden als een collectieve, co-operatieve organisatie of uitbesteedt aan een netwerkbeheerder (semi-overheid).

### Economisch Potentieel

Waarschijnlijk vooral relevant voor de lokale overheid. De technische opties, die er hier uitspringen zijn de warmteterugwinning uit huishoudelijke apparaten, hetgeen nog behoorlijk in de kinderschoenen staat en de Ecovat technologie.

## Hoog exergetische technologische oplossingen

In de tabel op pagina 65 zijn de verschillende hoog exergetische technologieën weergegeven.

In het hoog-exergetische cluster is energie vrij snel en gemakkelijk te transporteren over afstand en zelfs in tijd. Biogas en biobrandstof hebben die kwaliteit. Elektriciteit heeft deze eigenschap wel met betrekking tot het overbruggen van afstanden, echter zoals al aangeduid in 'Trends, uitdagingen en knelpunten' overbruggen van tijd is nog steeds een zeer prijzige zaak omdat er nog geen goedkope opslag mogelijkheden zijn.

### Efficiëntie van de reductie van fossiele energie en TNS

Met betrekking tot energieopwekking is de efficiëntie redelijk. Met een uitschieter voor wind, gevolgd door PV en biomassa (opschaalbaarheid is beperkt door gebrek aan primaire brandstof). Dan is er de grote onbekende, kernsplitsing. Het is niet uitgesloten dat binnen 20 jaar, kernfusie met niet alle problemen van de huidige kernsplitsing, deze technologie het energieprobleem voorgoed uit de wereld helpt. Met de bouw van de eerste kernfusiecentrale onder leiding van een consortium van landen wordt binnenkort gestart.

Tenslotte de opslag van elektriciteit is zoals reeds vermeldt nog niet bepaald opschaalbaar, vandaar

## Hoog exergetische duurzame energie oplossingen

Cluster	Technologie	Bruikbare energie-vorm	Fysieke locatie-gebondenheid	Efficiëntie reductie fossiele energie en TNS	SCHAAL						
					heel slecht			gemiddeld			heel goed
					-3	-2	-1	0	1	2	3
					Robuustheid	Economische waarde	Sociale waarde	Gezondheid & Comfort	Architectuur waarde	Autonomie	Economisch Potentieel
WIND	op zee op land gebouw gebonden	Electriciteit	buiten Eindhoven	3	1	1	0	2	0	0	-2
		Electriciteit	geen	2	1	1	0	2	-2	0	-2
		Electriciteit	Eindhoven	1	1	1	2	0	0	2	1
ZON	PV panelen	Electriciteit	Eindhoven	2	1	1	2	0	0	2	1
BIO	biomassa biovergisting	Electriciteit	geen	2	2	2	0	2	1	0	0
		Electriciteit	geen	1	3	2	0	2	1	0	0
Water	waterkrachtcentrale getijdecentrale getijdestroming blue energy (osmose)	Electriciteit	buiten Eindhoven	1	2	-1	0	2	0	0	-2
		Electriciteit	buiten Eindhoven	1	1	-2	0	2	0	0	-2
		Electriciteit	buiten Eindhoven	1	1	?	0	2	0	0	-2
		Electriciteit	Buiten Eindhoven	1	?	-2	0	2	0	0	-2
Kernenergie	Kernsplitsing Kernfusie	Electriciteit	buiten Eindhoven	1	3	0	0	2	?	0	-2
		Electriciteit	buiten Eindhoven	?	?	?	0	-1	1	0	-2
Algen	fotobioreactor	Electriciteit	Eindhoven	?	?	?	0	2	1	0	?
Energieopslag	omkeerbare waterkrachtcentrales valmeercentrale samengeperste lucht vliegwielen accu waterstof Elektriciteit naar brandstof supercondensatoren hogetemperatuur warmteopslag (combinatie met WKK)	Electriciteit	buiten Eindhoven	-1	3	0	0	2	-1	0	-2
		Electriciteit	buiten Eindhoven	-1	3	-1	0	2	-2	0	-2
		Electriciteit	Eindhoven	-1	2	-2	0	2	0	0	0
		Electriciteit	Eindhoven	-1	2	0	1	2	1	1	1
		Electriciteit	Eindhoven	-2	2	-3	1	0	1	2	?
		Elektriciteit / Warmte / Koude	Buiten Eindhoven	-2	?	?	0	-1	?	0	?
		Elektriciteit / Warmte / Koude	Buiten Eindhoven	-2	?	?	0	0	?	0	?
		Elektrisch	Eindhoven	-2	2	-3	0	0	?	0	?
		Electriciteit	Eindhoven	-2	2	-2	0	-1	1	0	-1
		Smart Grid	afstemmen vraag en aanbod (centraal bestuurd) afstemmen vraag en aanbod (onbalansmarkt)	Electriciteit	geen	1	1	-1	0	0	0
Electriciteit	geen			2	3	0	2	0	0	2	2



overall slechte scores. Dit gaat problemen opleveren zodra meer dan 20-25% van de energie opgewekt wordt door slecht planbare duurzame energieopwekking op basis van zon en wind. Duitsland zit al op 25 % en dumpst regelmatig haar surplus aan groene energie buiten Duitsland. Zonder een goede en efficiënte opslag van elektrische energie of naar elektriciteit omzetbare duurzame brandstof blijven wij voor het grootste deel afhankelijk van grijze elektrische energie.

Tenslotte is er het *buzz-word* Smart Grid, waar iedereen wat anders onder verstaat. Grosso modo zijn er twee smaken, een groot regelsysteem met centrale sturing, de droom van menig software en service bedrijf of een gedistribueerd regelsysteem wat met slimme marktmechanismes, vraag en aanbod op elkaar afstemt. Uit het interview met Alliander [Agterberg, 2013] bleek deze laatste op dit moment effectiever te zijn dan de grote regelsystemen.

### Robuustheid

Op dit moment zit er niets in de gevarenzone. Maar alle systemen, die maar moeilijk het aanbod kunnen sturen op basis van de vraag, blijven grijze elektriciteit er naast nodig hebben. Dus zijn wel in staat elektriciteit te leveren, maar niet altijd op het moment waarop dat gewenst wordt. Uitzonderingen zijn biomassa, biovergisting, kernsplitsing. Bij energieopslag technologie hebben alleen omkeerbare waterkrachtcentrales en valmeercentrales voldoende geïnstalleerde capaciteit om een kleine bijdrage te leveren aan de robuustheid. De rest mag qua capaciteit op dit moment nog geen naam hebben.

### Economische waarde

Qua terugverdientijd komen wind en zon in de richting. Op watergebaseerde opwekking vergt grote

initiële investeringen, sommige zijn zo hoog dat er zelfs geen bereidheid is om een pilot te doen. Over energieopslag is al voldoende over gezegd: het is absoluut te duur. Smart grid, mits niet teveel *top-down* en gemeente specifiek gemaakt, hoeft niet al te duur te zijn. Mits er wat *smart* te managen valt en dat is nu nog nauwelijks het geval. Vandaar dat er nu van alles onder dit begrip wordt gehangen, wat er ons inziens niet thuis hoort.

### Sociale waarde

Door de vrijheid van plaats en te zijner tijd ook van tijd leent elektriciteit lokaal opgewekt en opgeslagen en slim gemanaged zich prima voor het creëren van sociale waarde. Alle technologie met een schaal-grootte, die de individuele burger overstijgt is de sociale waarde lager.

### Gezondheid & Comfort

Ook hier zit het verschil vooral in de wijzigingen, die met name aan woning of gebouw moet worden doorgevoerd. Alle niet-lokale elektriciteitsopwekking vergt weinig tot geen aanpassing aan de woning en scoort dus hoog. Alle gebouwgebonden technologie scoort matig. Kernfusie, waterstof en hoge temperatuur warmteopslag (700 graden) zijn technologieën, die als het mis gaat, meteen heel erg mis kunnen gaan. Ondanks alle statistiek zullen rampen zoals Tjernobil en Fukushima kernsplitsing een imago geven van gevaarlijk en ongezond. En de opslag van radio-actief afval completeert dat negatieve plaatje. Vandaar een slechte score.

### Architectonische waarde

De duurzame energieopwekking gebaseerd op wind, water en zon hebben relatief veel aardoppervlak nodig en scoren om die reden matig. Wind op land

scoort zelfs slecht, want mensen vinden de wind-turbines lelijk in het landschap. Alle biocentrales en kerncentrales zijn relatief compact en scoren redelijk.

### Autonomie

Technologie, die qua schaalgrootte past bij de burger (gebouw gebonden windsystemen, OV panelen, accu's, vliegwielen, gedistribueerde smart grid) scoren heel goed als het om autonomie gaat. De rest scoort matig, maar er is wel wat vrijheid. Men kan elektriciteit uit andere bronnen of van andere leveranciers halen net als nu.

### Economisch Potentieel

Alle technologie die elektriciteit opwekt en opslaat buiten Eindhoven scoort heel slecht. Uitzondering zijn PV panelen, gebouw gebonden wind systemen en smart grid technologie, daar ontwikkelt zich misschien business vanuit de huidige locale kennis economie.





# About LightHouse & the TU/e Intelligent Lighting Institute

The TU/e Intelligent Lighting Institute (ILI) was established in 2010 to investigate novel intelligent lighting solutions that will become within our reach by the large-scale introduction of LED technology, with a special emphasis on how these new solutions might affect people. We do this in collaboration with departments of the TU/e and partners in the public and private sectors. The lighting research performed at ILI is producing unique know-how and a technological head start for the participating parties, the Brainport Region, and as part of Europe.

## Research

ILI's mission is to search for revolutionary lighting solutions. It does this using an interdisciplinary approach that takes society as its laboratory. Well-being and sustainability are given top priority in all facets of its research and resonate throughout all of the strategic programs.

### Five lines of research

The lines of lighting research at ILI have been created to address concrete issues faced by society. This approach is also known as 'design for need'. The institutes research programs tackle practical matters:

- The Brilliant Streets research program aims at future outdoor lighting systems
  - Researchers in the Sound Lighting program explore other applications of light that could be beneficial to health and well-being
  - Computational methods for illumination optics and rendering of light patterns
  - If researchers in the No Switches Allowed program get their way, radical change is on the way
  - The Open Light program explores all of the possibilities of a particular technology, without any preconceived application ideas
- Five lines of research

## Brilliant Streets

The Brilliant Streets research program aims at future outdoor lighting systems. Outdoor lighting is there to enhance traffic safety and to increase feelings of comfort and safety for people on the street. This goal remains, but opportunities for advanced applications are plenty because of technological advantages: new lighting technology (LED), advanced sensing, wireless communication and embedded processing.

These new technologies make interactive systems possible, and allow for precise control of lighting. It is, however, not known how people experience adaptive lighting and what this brings about emotionally. The challenge is to use technological advances to improve user experience while minimizing energy use. Brilliant Streets regards outdoor lighting systems and one of the subsystems of a Smart City. Sensing and communication capabilities will be used in the future to enhance city services.

## LightHouse

LightHouse is the solution partner of ILI. LightHouse aims to disclose the knowledge of the ILI research programs for society. This is realised by applying the knowledge, methods and designs in intelligent lighting solutions through concrete projects for external organisations. LightHouse typically does project for clients that like to be frontrunners in the implementation of innovative lighting solutions for public space. Such projects are usually experiencing more time pressure than regular scientific research projects and focus more on the implementation of knowledge or more practical approaches to knowledge gathering. LightHouse builds on the knowledge of ILI, especially the Brilliant Streets research program, and add new knowledge on societal challenges to the body of knowledge of ILI.

LightHouse also works with a network of partners, researchers and students in its projects.

## Project team for the Vision & Roadmap Eindhoven Energy Neutral 2045



dr.ir. Elke den Ouden

Program manager Brilliant Streets & Strategic director LightHouse

e.d.ouden@tue.nl

Elke den Ouden is TU/e Fellow in the Innovation Technology Entrepreneurship & Marketing group of the faculty Industrial Engineering & Innovation Science of the Eindhoven University of Technology. She conducts her research in the Intelligent Lighting Institute, where she is program manager of the Brilliant Streets research program. Next to her academic role she delivers expert advice on innovation and new business development in public-private value networks, especially related to intelligent (urban) lighting solutions in her role as strategic director of LightHouse. She holds a master degree in Industrial Design and a PhD degree in Technology Management.

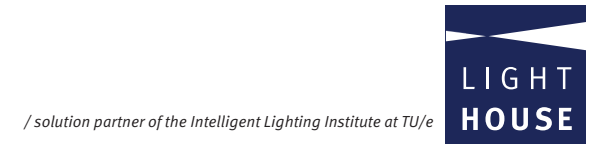


dr.ir. Ruud Gal

Expert partner LightHouse

ruud.gal@innoguru.nl

Ruud Gal is an independent innovation management professional, supporting organizations or networks of organizations in the field of innovation management. He has a broad experience covering topics like strategy development, innovation cultures and transformation, new business development, program management and roadmapping. After a PhD in Electronics, he joined Royal Philips and was for the last 25 years active in helping Philips and its network of customers, partners and suppliers on innovation topics. Since two years he is an independent professional helping organizations across the globe with innovation.



Dit onderzoeksrapport is het eindverslag van het project Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045. In dit project is in samenwerking diverse belanghebbenden gewerkt aan het formuleren van een gewenst scenario voor Eindhoven, met een focus op energie in de gebouwde omgeving. Met dit gewenste scenario is vervolgens gekeken wat er nodig en mogelijk is om dit scenario ook daadwerkelijk te realiseren. Hierbij is gekeken naar zowel duurzaam gedrag, als duurzame technologie en duurzame organisatie. Vervolgens zijn een aantal concrete doelstellingen voor de korte termijn gedefinieerd waarin op lopende activiteiten wordt doorgebouwd om een aantal stappen in de gewenste richting te realiseren. Het project om de visie en roadmap te maken is hiermee afgerond, en zal verder worden opgepakt in de geformeerde werkgroepen.

Voor meer informatie: [www.ili-lighthouse.nl](http://www.ili-lighthouse.nl).

Eindhoven, april 2014