

Roadmap Energieinfrastructuur tbv Eindhoven Energieneutraal in 2045

Rapportage 27 mei 2015

Elke den Ouden – TU/e LightHouse

Alfredo Verboom – Gemeente Eindhoven



EINDHOVEN



/ expertise in smart cities & smart lighting solutions at TU/e

TU/e Technische Universiteit
Eindhoven
University of Technology

Deze publicatie over de Roadmap Energie-infrastructuur behoort bij het project Eindhoven Energieneutraal in de gebouwde omgeving en is een verder uitwerking van de Visie en Eindhoven Energie-neutraal 2045. In dit rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van de diverse gesprekken en workshops om een beter zicht te krijgen op de mogelijkheden die de gemeente Eindhoven nu en in de toekomst heeft om met de energie-infrastructuur haar doelstellingen om energie-neutraal te worden te ondersteunen. Het doel van deze publicatie is een beschrijving te geven van mogelijkheden die specifiek voor de gemeente Eindhoven gelden, alsmede op welke tijdstippen deze kunnen spelen. Het onderzoek is niet uitputtend geweest, en daarnaast kunnen zich nieuwe mogelijkheden voordoen. Maar met deze rapportage hopen we een beeld te geven van de opties die er zijn en aankomen, zodat verdere stappen kunnen worden gezet om de visie ook daadwerkelijk te realiseren.

Colofon

Dit is een uitgave van LightHouse / expertise in smart lighting & smart cities at TU/e.
Dit project is uitgevoerd in samenwerking met de Gemeente Eindhoven. Deze publicatie is de eindrapportage van het project.

Auteurs

dr.ir. Elke den Ouden & ir Alfredo Verboom

Eindhoven, mei 2015

Aan deze uitgave kunnen geen rechten worden ontleend.

Inhoudsopgave

Introductie	5
Visie en roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045	7
Roadmap energieinfrastructuur:	
• Bronnen	
• Technieken	
• Netwerken	
• Energievraag	
• Rollen van partijen	
• Beleidsontwikkeling	
Volgende stappen	
Dankwoord	



Meer informatie over de ambitie van Eindhoven om energie-neutraal te worden is beschikbaar op:

<http://www.eindhoven.nl/artikelen/Eindhoven-Energieneutraal-3.htm>

Introductie

Eindhoven energie-neutraal

Eindhoven heeft zich als doel gesteld om in 2045 'energieneutraal' te zijn. Om deze doelstelling ook daadwerkelijk te realiseren zal samenwerking nodig zijn tussen overheid, ondernemers, onderzoeksinstellingen en de burgers van Eindhoven. Daarbij zullen korte termijn activiteiten moeten worden met een lange termijn perspectief. Om dit mogelijk te maken is er in 2014 gewerkt aan een visie en roadmap voor energie in de gebouwde omgeving.

Verkenning technologische opties energie-infrastructuur.

In dit project is als vervolg op het project 'Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045 in de gebouwde omgeving' een verdere verkenning gedaan van de technologische opties in de energie-infrastructuur. Hiertoe zijn een aantal activiteiten worden uitgevoerd:

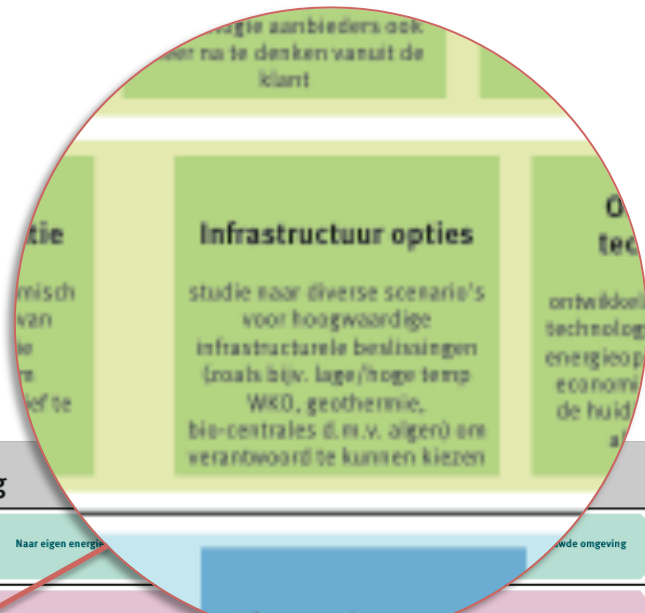
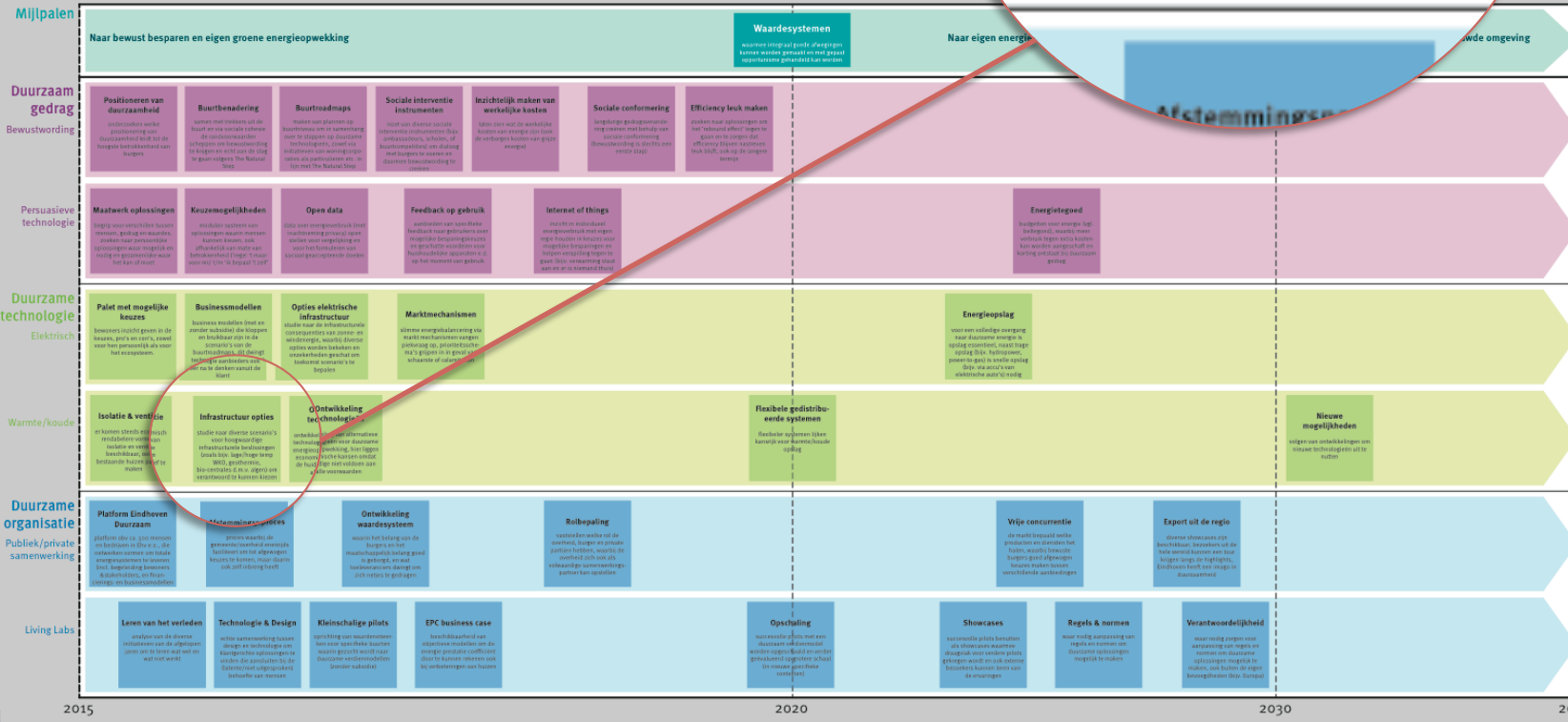
- Uitvoeren van een tiental interviews/kleinschalige workshops met experts uit bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheidsorganisaties op het gebied van energie-infrastructuur om inzicht te krijgen in de technologische mogelijkheden die op kortere en langere termijn die geschikt zijn voor Eindhoven.
- Uitwerken van de interviews tot een eerste overall-plaatje waarin de verschillende perspectieven en opties worden weergegeven (format roadmap met tijdslijn)
- Workshop met de betrokkenen om de resultaten door te spreken, verbanden te leggen en te checken of de bekende en verwachte beste opties voor Eindhoven voldoende zijn afgedekt.
- Eindrapportage (dit verslag).



De publicatie 'Visie en Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045 in de gebouwde omgeving' kan worden gedownload van:

<http://www.tue-lighthouse.nl/FhvEnergyneutral2045.html>

Roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045 - Energie in de gebouwde omgeving



Eindhoven in 2045



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 gebied 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.

10 februari 2014

Visie en roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045

Vorig jaar is de visie en roadmap Eindhoven Energieneutraal 2045 voor de gebouwde omgeving ontwikkeld in co-creatie met diverse stakeholders.

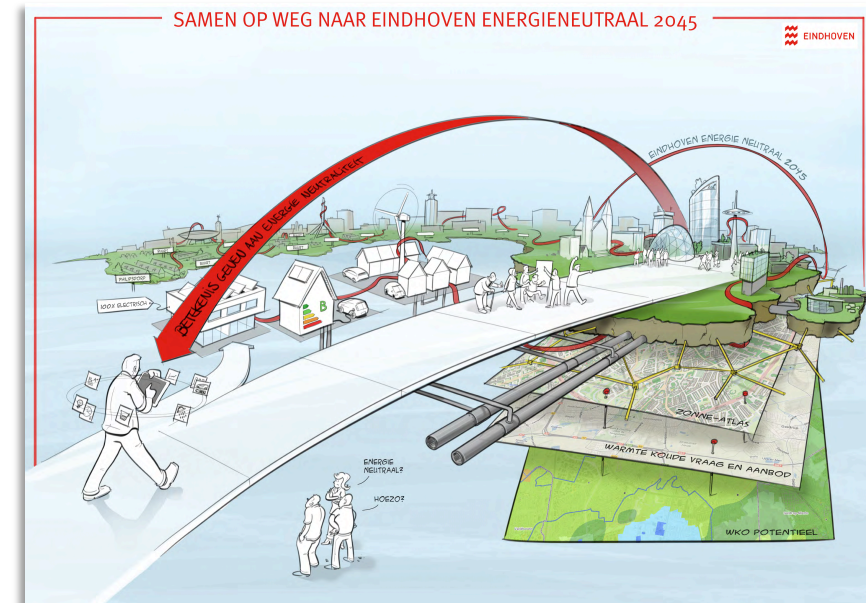
Hierin zijn een drietal actielijnen benoemd die op dit moment worden uitgewerkt:

- **Energietransitie** (energie / nota-loze woningen en zelfregie van de bewoners)
- **Energiesystemen** (technologieveld energiesysteem perspectief)
- **Energie-infrastructuur** (stedelijke energie-infrastructuur)

In de roadmap is aangegeven dat een van de eerste stappen het uitvoeren van een studie naar diverse scenario's is voor hoogwaardige infrastructurele beslissingen. Daarom is een van de eerste activiteiten van de werkgroep energie-infrastructuur het verkennen van de opties die er op infrastructureel gebied zijn voor de specifieke context van Eindhoven.

Hiertoe is zijn verschillende mensen uit het veld betrokken via interviews en workshops om in de breedte in kaart te brengen wat mogelijke opties voor Eindhoven zijn.

Dit rapport doet verslag van de resultaten van deze verkenning.



Energieinfrastructuur

In een aantal interviews en workshops zijn de verschillende mogelijkheden in kaart gebracht voor de stedelijke infrastructuur. Het resultaat is een roadmap waarin de verschillende opties die voor Eindhoven interessant kunnen zijn ten aanzien van een zestal onderwerpen op een tijdlijn zijn uitgewerkt (zie ook de figuur hiernaast):

- **Bronnen:** welke duurzame energiebronnen zijn relevant in de context van Eindhoven?
- **Technieken:** welke technieken voor duurzame opwekking en opslag zijn relevant?
- **Netwerken:** welke netwerken zijn relevant en welke verandering zouden deze kunnen ondergaan op de korte en langere termijn?
- **Energievraag:** hoe veranderd de vraag naar energie over de looptijd van de roadmap naar energie-neutraliteit?
- **Rollen van partijen:** hoe veranderd het speelveld en de rollen van de partijen daarin, welke nieuwe rollen zullen ontstaan?
- **Beleidsontwikkeling:** welke maatregelen worden verwacht en/of moeten genomen worden om de ambitie energie-neutraliteit te realiseren?

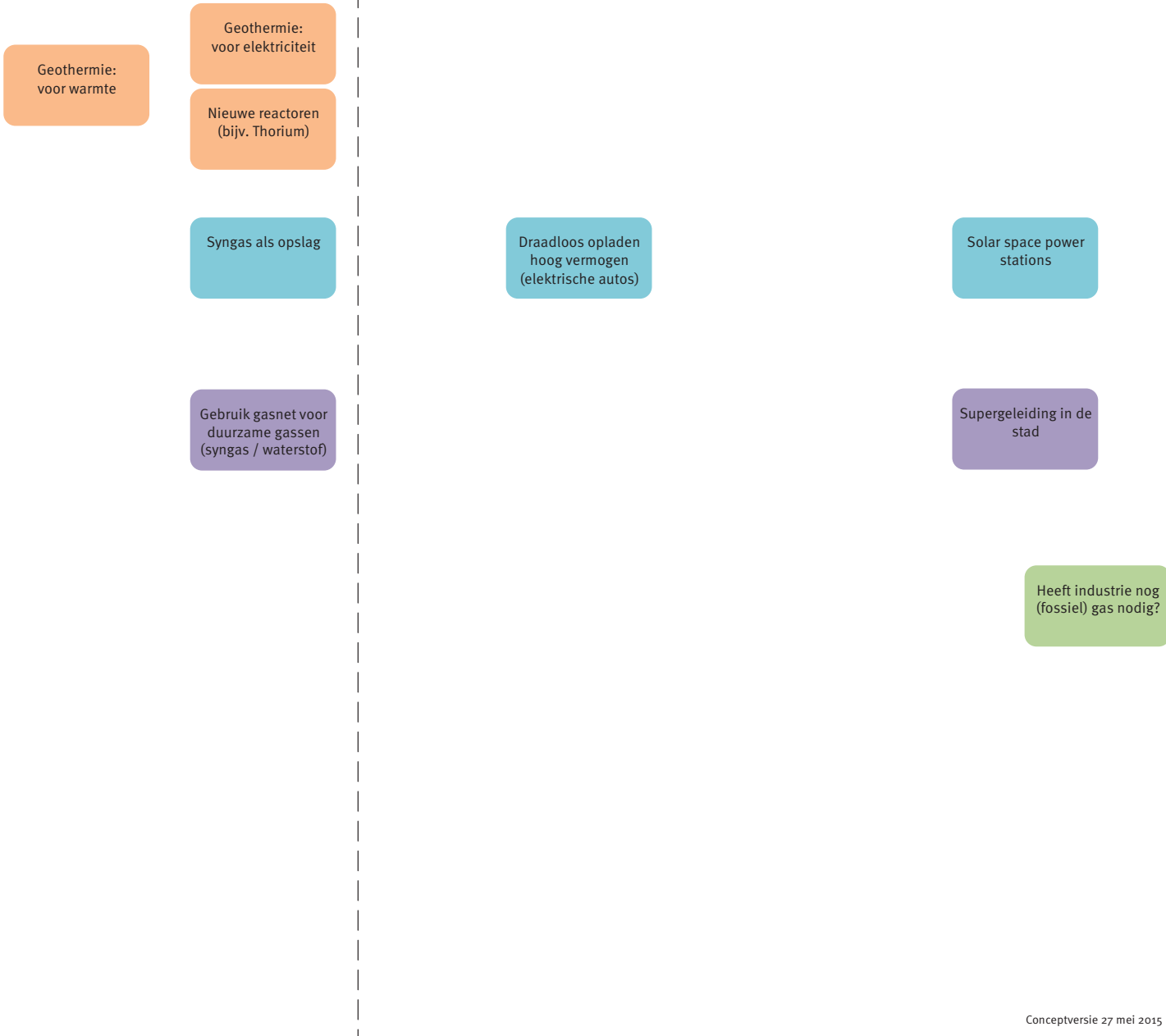
Op de volgende pagina's wordt eerst het totale overzicht gegeven, waarna elk van deze lijnen apart kort wordt toegelicht.

Roadmap met opties voor de energie-infrastructuur

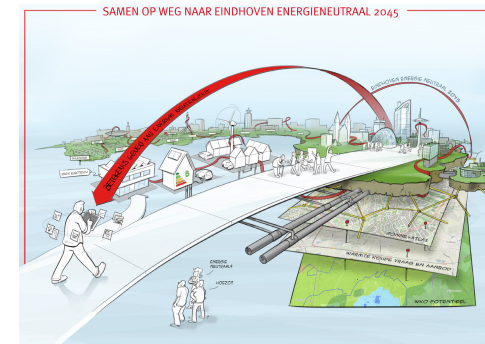


2015

2020



Eindhoven in 2045



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 **leving**.

In 2045 worden vooral bezig met 'doen', er wordt **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.

Duurzame bronnen

Nieuwe opties voor lokale winning

Zon:
lokale opwekking
elektriciteit

Water:
molens en stuwen

Zon:
lokale opwekking
warmte (water)

Groen (plantsoenen):
extra biomassa

Solcalor: hoog rende-
ment zonne-boilers

Wind:
turbines langs snel-
wegen

Riothermie

Biomassa:
productie warmte en
elektriciteit

Slib:
vergisting lokaal of
centraal

Water:
warmte of koeling
van drinkwater

Groen gas uit afval
(slurrie) - evt ook uit
oude stortplaatsen

BIPV - building inte-
grated photo-voltaic

Micro-WKK
warmte-kracht kop-
peling

Bloombox:
conversie gas naar
electra

Kleinschalige
nucleaire reactors
voor in-huis

Wind voor stedelijke
omgeving
(bijv. nokturbines)

2015

2020

Duurzame bronnen

Op korte termijn liggen de opties voor Eindhoven op het gebied van duurzame bronnen vooral in zon en biomassa. Wind en water zijn minder geschikt vanwege het gebrek aan locaties waar dit gewonnen zou kunnen worden voor windturbines en te weinig energie-inhoud voor waterkracht. Er kan wel gezocht worden naar uitbreiding van biomassa door bijvoorbeeld benutting van groen uit plantsoenen of de winning van groen gas uit afval en oude stortplaatsen. Er bestaat een groot, nu al financieel rendabel, potentieel voor zonnepanelen (PV). Bij de huidige marktprijzen zouden minimaal 1 miljoen zonnepanelen geplaatst kunnen worden met een rendabele terugverdientijd.

Nieuwe opties

Op iets langere termijn komen een aantal opties beschikbaar als aanvulling op zon en biomassa. Gedacht kan worden aan riothermie. Kleinschalige nucleaire reactors voor in-huis toepassingen zijn nu in proefopstellingen toegepast in bijv. Japan. De kanttekening daarbij is dat deze niet volledig energieneutraal zijn, omdat het gebruikte uranium en thorium op raken. Ook is de verwachting dat mogelijkheden voor de winning van energie uit wind voor de stedelijke omgeving zich zullen ontwikkelen. Voorbeelden daarvan zijn kleinschalige windturbines voor op de nokken van daken.

Bronnen voor de langere termijn



Bronnen voor de langere termijn

Op de langere termijn is het mogelijk dat er grotere doorbraken komen voor geothermische oplossingen die ook voor Eindhoven geschikt zouden kunnen zijn. In eerste instantie voor de winning van warmte, maar in tweede instantie ook voor de winning van elektriciteit. Geothermie is wel voldoende bewezen, maar onderzoeken geven in de ondergrond van Eindhoven vooralsnog een zeer onzekere potentie aan. Dat kan beter worden als we meer kennis over de diepere ondergrond verkrijgen, bijvoorbeeld bij geothermie projecten in Brabant op kansrijkere locaties. Dergelijke oplossingen zijn deels wel beschikbaar, maar nog onvoldoende bewezen en vragen grote aanpassingen in de energie-infrastructuur en zijn daarom op korte termijn geen realistische optie.

Ook nieuwe duurzame reactoren zouden op langere termijn beschikbaar kunnen komen (bijv. Thorium).

Lokale systemen

Opslag & draadloze oplossingen (laag vermogen)

Koude/warmte opslag & combinatie met bijv. blusputten

Warmtepompen

Hogere leveringstemperatuur van het drinkwater

Warmte/koude opslag/winning in oppervlakte & gezuiverd afval water

Hybride warmtepompen voor bestaande wijken

Opslag piekenergie in accu's van auto's

Opslag en transport zonne-energie via waterstof

Integratie via meet- & regelsystemen (op verschillende schaal: wijk/stad/regio)

Draadloos opladen & andere slimme technieken

Warmteterugwinning in huishouden (douche, ...)

Restwarmte benutting

Lokale vergisting van sanitatie (wijkniveau)

Opslag in batterijen (bijv. Tesla Powerwall)

Koeling in zomer met overcapaciteit warmte uit biomassa

Slimme thermostaat

Potentie van weginfra (asfalt)

2015

2020

Lokale systemen

De technieken die op korte termijn voor Eindhoven relevant kunnen zijn zijn vooral lokale systemen. Met name technieken voor warmte/koude zijn daarbij belangrijk om het gebruik van fossiele brandstoffen te reduceren. In Eindhoven zijn nog diverse opties die verder kunnen worden benut voor koude/warmte opslag, zoals blusputten en later eventueel ook oppervlaktewater. Warmte kan ook gewonnen worden uit restwarmte of afvalwater. Hier liggen zowel op kortere als langere termijn mogelijkheden. Een interessante optie kan ook de levering van drinkwater met een hogere temperatuur zijn, in combinatie met het gebruik van de temperatuur van het drinkwater voor koeling of verwarming. Dit is vooral effectief omdat het grootste deel van het drinkwater warm wordt verwarmd voor gebruik.

Opslag en draadloze oplossingen

Op iets langere termijn is de verwachting dat verschillende opties voor opslag ontwikkeld worden. De eerste opslagsystemen voor thuisgebruik op basis van batterijen worden inmiddels commercieel verkrijgbaar (Tesla). De verwachting is dat in de loop van de jaren meerdere opties ontwikkeld worden, waaronder waterstof.

Daarnaast komen er systemen voor draadloos opladen. In eerste instantie vooral op laag vermogen.

Een belangrijke techniek voor Eindhoven zal ook de integratie van verschillende meet- en regelsystemen zijn. Netwerken op verschillende schaalniveaus (wijk, stad, regio) kunnen dan worden gekoppeld.

Nieuwe technologieën

Syngas als opslag

Draadloos opladen
hoog vermogen
(elektrische autos)

Solar space power
stations



2030

2045

Nieuwe technologieën

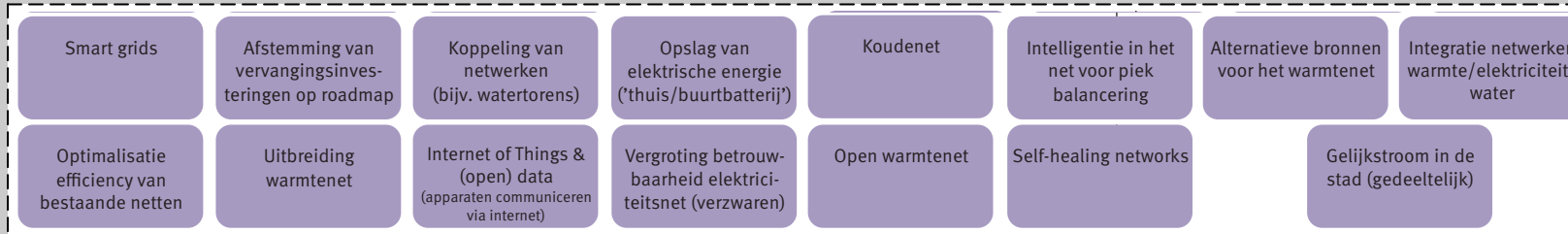
Op de langere termijn komen een aantal nieuwe technieken beschikbaar. Opties daarbij zijn bijvoorbeeld syngas (door vergassen steenkool of biomassa met water) als opslagmedium. Maar ook het draadloos kunnen opladen met hoog vermogen, zodat bijvoorbeeld ook elektrische auto's draadloos kunnen worden geladen.

Verschillende bedrijven zijn ook bezig met de ontwikkeling van space power stations die draadloos zonne-energie naar de aarde kunnen sturen, waardoor een hoge concentratie energie beschikbaar komt voor stedelijk gebruik.

Netwerken

Vervangen & uitbreiden

Integratie en 'slimmer' maken



2015

2020

Vervangen en uitbreiden

In eerste instantie moet de focus bij netwerken gelegd worden op het slim vervangen van netwerken bij gepland onderhoud. De mogelijkheden van het Internet of Things en (open) data, waardoor apparaten kunnen communiceren via internet, spelen daarbij een belangrijke rol in burgerparticipatie en in efficiëntie van systemen.

Met 'slim' vervangen kan naast de 'gewone' optimalisatie van de efficiency van de bestaande netten, ook meteen een toekomstgerichte uitbreiding of aanpassing worden gedaan.

Het elektriciteitsnetwerk zal ook moeten worden verzaard om de verwachte groei in elektrisch energiegebruik te kunnen opvangen (zoals het gebruik van warmtepompen en elektrische auto's).

Integratie en 'slimmer' maken

Op iets langere termijn zal de focus voor Eindhoven liggen in het benutten van opties voor het slimmer maken van de netwerken, en de integratie van verschillende netwerken (warmte, elektriciteit en water) om nieuwe bronnen, nieuwe mogelijkheden voor opslag van energie en uitnutten van de capaciteiten van de verschillende netten mogelijk te maken.

Nieuwe technologieën

Gebruik gasnet voor duurzame gassen (syngas / waterstof)

2030

Supergeleiding in de stad

2045



Nieuwe technologieën

Op de langere termijn moeten de netwerken de toepassing van nieuwe technologieën mogelijk gaan maken. Bijvoorbeeld door het huidige (fossiele) gasnet beschikbaar te maken voor syngas en/of waterstof.

Een optie die nog ver weg ligt maar door sommigen als interessant wordt gezien is een supergeleidend netwerk in de stad.

Energievraag

Reduceren van vraag

Nieuwe financiering & business modellen

Reductie door meerjarenafspraken industrie

Daling warmte vraag (isolatie) & toename behoefte koeling

Levering warmer water: daling elektriciteitsvraag

Toename elektriciteitsvraag warmtepompen & EV

Toename vraag naar warm water

Elektrificatie van vervoer

Flexibele energiebeprijzing

Financieringsmodellen voor huishoudelijke energie

Bouwen op klimaatverandering (verbreden duurzaamheidsdefinitie)

Spelen met comfort niveau in gebruik

Besparing door bestrijding hittestress

Waterzuivering in rietvelden

Toename bereidheid tot betaling voor koeling

Geen warmtevraag nieuwbouw (EPC=0)

2015

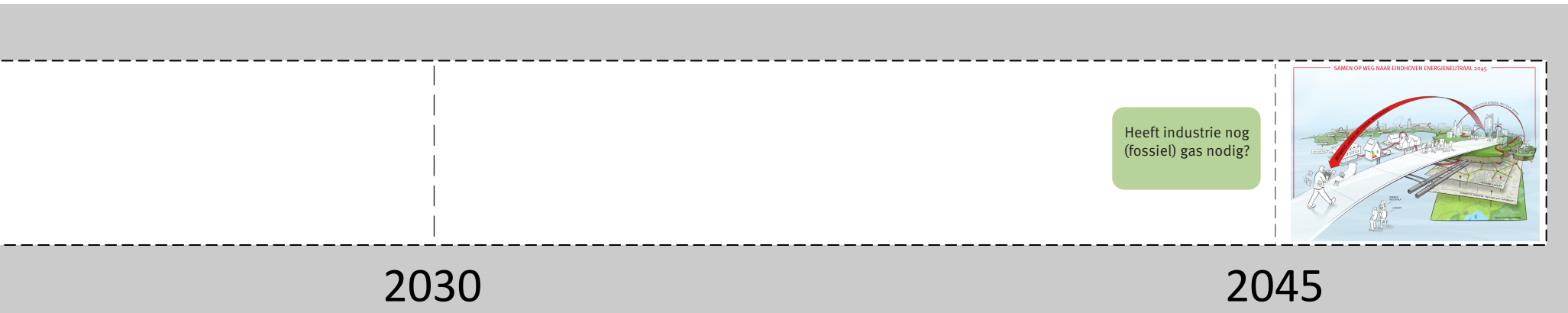
2020

Reduceren van de vraag

Op de korte termijn zijn er een aantal opties om te zorgen dat de vraag naar energie wordt gereduceerd. Hieronder valt vooral een aantal langdurige afspraken die door de gemeente kunnen worden geïnitieerd (er zijn al meerjarige afspraken met de industrie, maar er zouden ook meerjarige afspraken gemaakt kunnen worden voor nieuwbouw die anticipeert op klimaatverandering – verder dan de EPC aanscherping die al in regelgeving is gevangen). Ook door bestrijding van hittestress in de stad kan de energievraag worden beperkt

Nieuwe financiering & business modellen

Op de iets langere termijn zijn er opties voor nieuwe financiering van verduurzaming en flexibele energiebeprijzing waardoor het gedrag van mensen kan worden beïnvloed richting duurzame alternatieven.



Duurzame oplossingen

Op het moment dat alle energie die gebruikt wordt duurzaam is, is er geen noodzaak meer tot verdere besparing.

De vraag zal zijn hoe de industrie zich in deze context gaat ontwikkelen, maar dit valt buiten de scope van de roadmap 'energie in de gebouwde omgeving'.

Rollen van partijen

Regelgeving

Intelligente sturing

Lokalisering van energieorganisatie (cooperaties)

Aanpassing regelgeving tbv energieneutraliteit

Consolidatie netbeheer in EU

Kaderwet ("Stroom") met ruimte voor experimenten

Nieuwe rollen en verdienmodellen netbeheer

Digitale huishouding & verbanden tussen systemen (breder dan huidig netbeheer)

Rol voor lokale energieregisseur (op stads- / regio niveau)

Beschikbaarheid van data voor intelligente sturing

Lokaal energiemanagement systeem

2015

2020

Regelgeving

Overheidsorganisaties, waaronder de gemeente en provincie, kunnen via regelgeving sturen richting duurzame oplossingen. Ook op nationaal en Europees niveau zijn er al ontwikkelingen, en zullen er ongetwijfeld nog meer komen. Belangrijk daarbij is de ruimte om te experimenteren, zodat Eindhoven zijn ambitie om proeftuin te zijn voor slimme en duurzame oplossingen kan invullen.

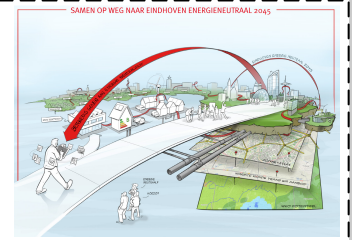
Intelligente sturing

Op de iets langere termijn komt er behoefte aan een lokale energieregisseur die op stads/regio niveau overziet waar de problemen en kansen liggen en welke opties er zijn. Om hier de juiste beslissingen te kunnen nemen is de beschikbaarheid van data, maar ook inzicht in de verbanden over de verschillende systemen heen nodig. Alleen dan kan een goed lokaal energiemanagement systeem worden ingericht.

Wanneer het systeem goed is ingericht en de rollen van de verschillende organisaties goed ingevuld, dan kan daarmee de transitie naar een energie-neutrale stad worden gemaakt.

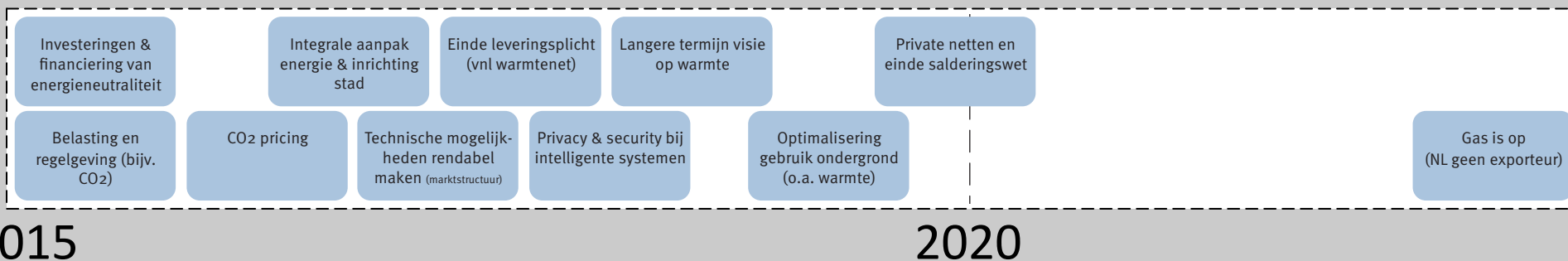
2030

2045



Beleidsontwikkeling

Stimulering & regelgeving



Stimulering en regelgeving

xxx

De belangrijkste opties op het gebied van beleidsontwikkeling liggen in het stimuleren van duurzame oplossingen.

xxx

Technisch is er al heel veel mogelijk, maar de marktstructuur is (nog) niet gericht op duurzame alternatieven. Door de goede regelgeving kunnen duurzame oplossingen aantrekkelijker worden en minder duurzame minder aantrekkelijk. Dit is nodig om het voor burgers interessant te maken om andere oplossingen te adopteren.

2030

2045



Volgende stappen

Tijdens het project zijn diverse suggesties gedaan voor volgende stappen op het gebied van energie-infrastructuur om de doelstelling om Eindhoven energie-neutraal te maken te realiseren. In dit rapport worden deze ingedeeld in twee categorieën: activiteiten rondom het beleid en implementatie en onderzoeksactiviteiten:

Beleid & implementatie

- Scenario's opstellen voor de transitie naar duurzame oplossingen en monitoren van de actuele situatie zodat tijdig herkent kan worden welk scenario zich afspeelt.
- Zetten van kaders door de gemeente Eindhoven om de doelstellingen om te zetten in actie.
- Opzetten van een circulaire economie met water (in samenwerking met Brabant Water).
- Experimenteren met energieopslag (bijv. In auto's).
- Platform bieden voor experimenten en onderzoek (zie hiernaast).

Onderzoek

- Opstellen van een integrale duurzaamheids"meter" voor huizen (energie+ water+...)
- Maken van een kansenkaart voor warmtewinning in Eindhoven (bijv. uit water en afvalwater)
- Onderzoeken wat de impact van elektrificering voor Eindhoven is en waar dan de bottlenecks zitten (bijv. waar knelpunten in het net zitten)
- Pilot en/of simulatie doen van flexibele energieprijzen en de invloed daarvan op het gedrag van mensen
- Massa balansberekening voor energie en afvalstoffen in Eindhoven
- Uitwerken van een hittestressaanpak (vergelijkbaar met Parijs)
- Onderzoekspuit maken voor geothermie, zodat de werkelijke kansen voor Eindhoven daarmee kunnen worden verkend.

Concreet is het voorstel om een pool van studenten op verschillende niveaus (BSc, MSc, PDEng, PhD, PostDoc) te maken die op structurele basis via reguliere vakken en afstudeer of onderzoeksprojecten werken aan de vragen die in het kader van de roadmap energie opkomen.

Door structurele samenwerking is het dan ook gemakkelijker om in te spelen op mogelijkheden voor subsidies voor onderzoek in nationaal en internationaal verband. Dit kan plaatsvinden in het kader van het convenant dat in voorbereiding is tussen de TU/e en de gemeente.

Dankwoord

Aan dit project hebben de volgende mensen een waardevolle bijdrage geleverd:

- Sjef Cobben, TU/e Electrical Engineering
- Bas van Dun, Brabant Water
- Teus van Eck
- M. Gibescu, TU/e Electrical Engineering
- Bjorn Janson, Endinet
- Jarno de Jonge, Waterschap De Dommel
- Paulus Karremans, Endinet
- Wil Kling, TU/e Electrical Engineering
- Richard Moerman, Waterschap De Dommel
- Luuk Postmes, Gemeente Eindhoven
- Ger Renkens, Gemeente Eindhoven
- Jan Roggeband, Brainport Development
- Antoine Stultjens, Ennatuurlijk



/ expertise in smart cities & smart lighting solutions at TU/e

Deze publicatie over de Roadmap Energie-infrastructuur behoort bij het project Eindhoven energieneutraal in de gebouwde omgeving en is een verder uitwerking van de Visie en Eindhoven Energie-neutraal 2045. In dit rapport wordt verslag gedaan van de resultaten van de diverse gesprekken en workshops om een beter zicht te krijgen op de mogelijkheden die de gemeente Eindhoven nu en in de toekomst heeft om met de energie-infrastructuur haar doelstellingen om energie-neutraal te worden te ondersteunen. Het doel van deze publicatie is een beschrijving te geven van mogelijkheden die specifiek voor de gemeente Eindhoven gelden, alsmede op welke tijdstermijn deze kunnen spelen. Het onderzoek is niet uitputtend geweest, en daarnaast kunnen zich nieuwe mogelijkheden voordoen. Maar met deze rapportage hopen we een beeld te geven van de opties die er zijn en aankomen, zodat verdere stappen kunnen worden gezet om de visie ook daadwerkelijk te realiseren.

Mei 2015