DELTAGRID 2050

PERSPECTIEVEN VOOR DE ZUID-HOLLANDSE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR

SMART.
MULTI.
COMMODITY.
GRID_2

STUDIOMARCOVERMEULEN architectuur stedenbouw landschap onderzoek
FABRICations.
WOLF PACK
kamangir dream · develop · do
EnergyInnovation Board Zuid-Holland

DELTAGRID 2050

PERSPECTIEVEN VOOR DE ZUID-HOLLANDSE ENERGIE-INFRASTRUCTUUR

**SMART.
MULTI.
COMMODITY.
GRID_2**

Juni 2019

STUDIOMARCOVERMEULEN

FABRICations.

WOLF PACK

kamangir
dream • develop • do

Cover: DeltaGrid 2050; Patchwork + Mainframe

*Afb. 1: West-Europa en Nederland vanuit ruimtestation ISS.
Bron: NASA (bewerking).*

VOORWOORD

“Learn how to see. Realize that everything connects to everything else”

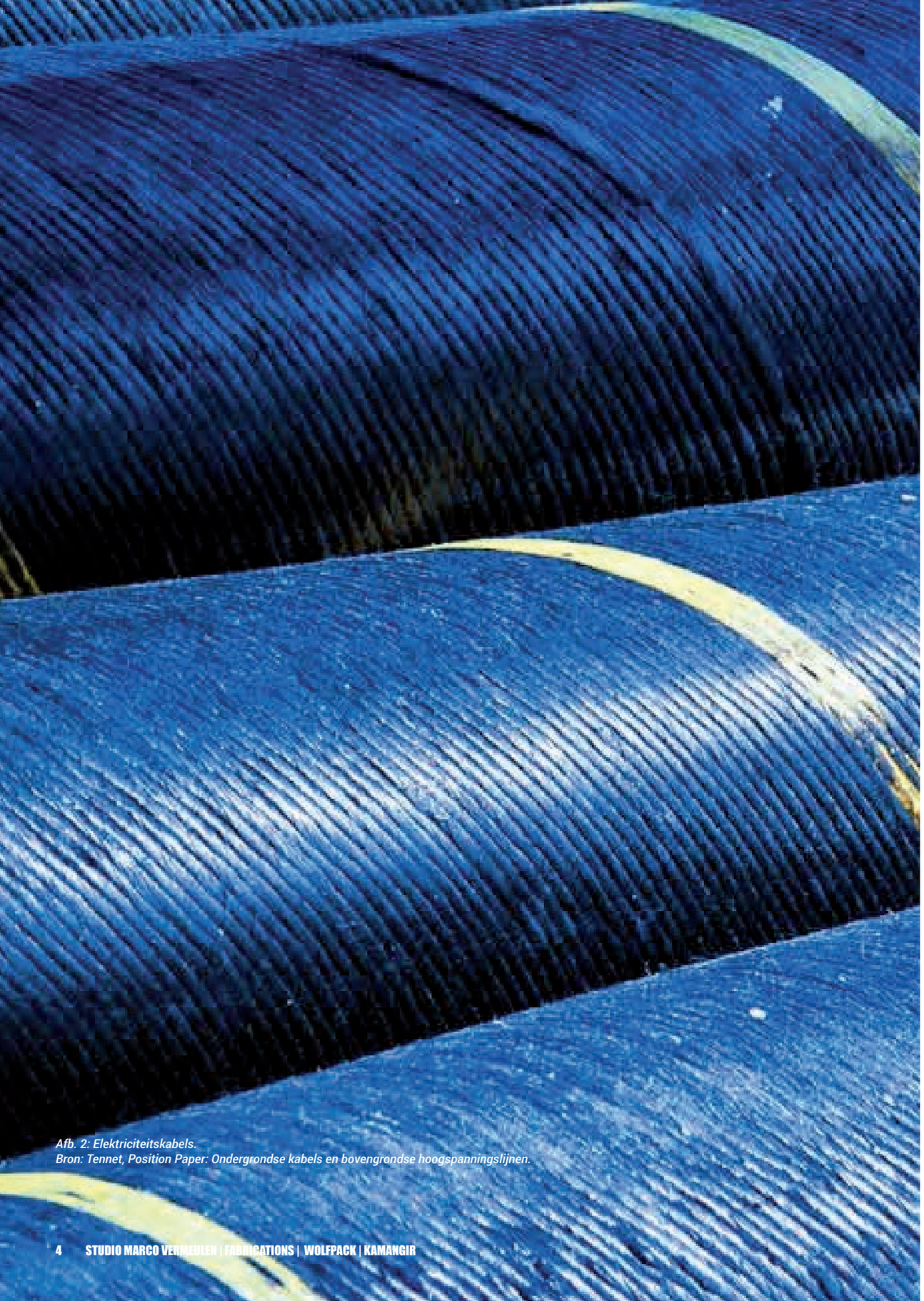
- Leonardo da Vinci

Alles is verbonden. En sinds 1989, toen Tim Berners Lee het www-protocol schreef, heeft het gros van de mensen toegang verkregen tot alle kennis en informatie die er in de wereld bestaat. Onze universele verbondenheid als mensheid is verrijkt met een verbinding in de vorm van bits en bytes. En deze digitale verbinding verschaft ons nu, dertig jaar later, de mogelijkheid om ook energetisch met elkaar verbonden te zijn. We schuiven zo van “energie is van niemand”, de realiteit tot omstreeks 1850, via “energie is van enkelen” toen wij grootschalig fossiele bronnen gingen ontginnen en energiemacht konden concentreren, naar “energie is van iedereen, voor iedereen en door iedereen”: de realiteit van een Internet of Energy.

Hernieuwbare energie is wereldwijd in opmars. In 2017 werd in totaal $280 miljard geïnvesteerd[1] in energieproductie uit hernieuwbare bron. Overigens: 40% hiervan nam China voor diens rekening. Volgens de International Renewable Energy Agency biedt de hernieuwbare energiesector nu al 11 miljoen banen[2], waarvan er ruim 3 miljoen in de afgelopen 5 jaar bij zijn gekomen. De transitie waar wij nu in zitten geeft grote uitdagingen, maar ook enorme kansen voor een bruisende, innovatierijke en toekomstgerichte economie.
Voor u ligt het rapport “DeltaGrid 2050”. Een uitgebreide verkenning naar een sterk onderling verbonden, CO_2-vrij Zuid-Hollands energiesysteem in 2050. Een verkenning waarin gewerkt wordt vanuit twee uiterste perspectieven –mainframe en patchwork-, beiden sterk geschoeid op en verrijkt met een hypermoderne digitale leest. De twee perspectieven, geconstrueerd op basis van ontworpen diepte-cases, zijn met geheel andere uitgangspunten opgebouwd, en daar komen dan ook heel verschillende conclusies uit voort.
Dit document spreekt veel over transport, opslag en conversie. Drie zaken die misschien weinig zeggen, maar in de context van een steeds complexere realiteit van miljoenen energievragers en –aanbieders zijn dit de drie factoren waarmee wij vraag en aanbod kunnen balanceren. Op dit ogenblik gaat tussen opwek en finaal gebruik in Nederland minimaal 22,7%[3] van de energie verloren door transportverlies, conversieverlies en opslagverlies (exclusief de verliezen die bij het verbruik zelf optreden). Door deze drie factoren optimaal te regelen, intelligentie toe te passen die bepaalt op welk moment en op welke plek een bepaalde conversie of opslag moet plaatsvinden, kan het energiesysteem veel efficiënter werken, en stabiel gehouden worden. Waar vindt conversie plaats? Tussen welke punten beweegt energie zich voort? In de vorm van moleculen, elektronen of warmte? En in welke vorm is opslag het meest efficiënt? Zo kan met de laagste maatschappelijke, financiële en ruimtelijke kosten een systeem ontworpen worden waar de diversiteit aan Zuid-Hollandse energiegebruikers optimaal mee wordt geholpen.

In de afgelopen anderhalf jaar hebben Kamangir, Studio Wolfpack, Fabrications en in de laatste driekwart jaar ook Studio Marco Vermeulen in samenwerking met de Provincie Zuid-Holland en een aantal bijzondere experts en in opdracht van de Energy Innovation Board Zuid-Holland samengewerkt. Zo probeerden wij te komen tot een breed gedragen visie, een realistisch, menselijk en toekomstbestendig handelingsperspectief en een basis voor te ontwikkelen actieprogramma’s ten aanzien van de ontwikkeling van een CO_2-vrij Zuid-Hollands energielandschap. Met focus op de verbindende energie-infrastructuur, en de nodige elementen voor transport, opslag en conversie van energie om te komen tot een stabiel en gebalanceerde wisselwerking tussen miljoenen aanbieders en afnemers.

1. http://www.ren21.net/gsr-2018/pages/summary/summary/
2. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Jun/IRENA_RE_Jobs_2019-report.pdf
3. http://www.energieinnederland.nl/download



Afb. 2: Elektriciteitskabels.
Bron: Tennet, Position Paper: Ondergrondse kabels en bovengrondse hoogspanningslijnen.

INHOUDSOPGAVE

	VOORWOORD	3
	SAMENVATTING	6
	INLEIDING	10
	De opgave voor Patchwork en Mainframe	22
1.	INTERNET OF ENERGY	26
	Alles raakt verbonden	28
	Kansen voor ondernemers	30
	Uitdagingen	34
	Conclusies en aanbevelingen	38
2.	PATCHWORK	40
	Positionering	45
	De Patches	50
	Ruimte	56
	Case: Energierijk Den Haag	64
	Case: Energielandschap Spookverlaat	66
	Case: Nieuw Reijerwaard	68
	Implicaties en conclusies	72
3.	MAINFRAME	76
	Positionering	81
	Kostenefficiënte CO_2eq-maatregelen	84
	Realms	90
	Case: Redundantie door Smart Multi Commodity	108
	Case: Smart Thermal Grid	110
	Case: Zuid-Houtland	112
	Implicaties en conclusies	116
4.	SYNTHESE	120
5.	BEVINDINGEN EN CONCLUSIES	128
	VERKLARENDE WOORDENLIJST	136
	COLOFON	

SAMENVATTING

De delta van Zuid-Holland omvat een wereldhaven, een enorme energie- en petrochemische industrie, een tuinbouwgebied van 50 km^2 en een dichtbevolkt gebied met 3,6 miljoen inwoners. Vanwege het grote en diverse energiegebruik op een beperkt oppervlak, speelt de infrastructuur een sleutelrol in de transitie naar een duurzaam energiesysteem. De infrastructuur definiëren we daarbij breed. Het omvat alle schakels tussen primaire energieproductie en finale consumptie: de netten, buizen, opslag en conversies, maar ook de data, rollen en markten die dit geheel aansturen. Deze infrastructuur ziet er in 2050 heel anders uit. Industrie, mobiliteit en glastuinbouw zullen nog steeds een grote rol spelen, maar meer in symbiose met de omgeving. Deze diepgaande integratie wordt aangegaan in fysieke infrastructuur én in virtuele, digitale infrastructuur die tot diep in de bedrijfsvoering en de gebouwde omgeving is geïntegreerd.

De focus op infrastructuur past Zuid-Holland. Ook nu is het een gebied waar energie in grote mate wordt getransporteerd, opgeslagen en omgezet. En hoewel niet iedereen dit scherp op het netvlies heeft staan, is de 'infrastructuurtransitie' in grootte economisch en bestuurlijk vergelijkbaar met de overgang naar duurzame energiebronnen. Tot slot biedt een goede infrastructuur economische en duurzaamheidskansen door zeer diverse vormen van vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen en warmtebronnen uit de industrie en ondergrond te benutten. Bestuurders, bedrijven en bewoners zetten daarom in op een 'Smart Multi Commodity Grid': een digitaal aangestuurd en verbonden peer-to-peer infrastructuur voor elektronen, moleculen en warmte: het Zuid-Hollandse DeltaGrid.

Nadat in een eerdere studie -Smart Multi Commodity Grid - de Zuid-Hollandse energie-infrastructuur in kaart (2018)- de bestaande infrastructuur in kaart is gebracht, tekent deze verkenning de kaarten voor 2050. Centraal staat het ontwerp van een DeltaGrid in 2050. Het vertrekpunt is de stand van zaken in 2030, die in grote lijnen al afgesproken is in het klimaatakkoord. Door de lange levensduur van infrastructuur en haar sturende invloed op het energiegebruik en opwekking, is deze lange termijn blik noodzakelijk. Met behulp van Consultative Scoping, ruimtelijk ontwerp en vele experts zijn de ontwerpen tot stand gebracht. De verkenning bestaat uit een analyse van de rol die digitalisering speelt in de energietransitie (het Internet of Energy - IoE) en twee perspectieven op infrastructuurontwikkeling (Patchwork en Mainframe).

Digitaal speelt een cruciale rol in het DeltaGrid. Een duurzaam energiesysteem vraagt slimme coördinatie tussen energiedragers en tussen sectoren. Steeds meer apparaten raken digitaal onderling verbonden en kunnen daardoor hun energiegebruik, productie en reststromen op elkaar afstemmen. Zo ontstaat een energienet waarop miljarden apparaten zo effectief mogelijk en met zo klein mogelijke verliezen energie uitwisselen: het Internet of Energy. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het inzetten van elektrische auto's om het net te balanceren, het delen van eigen restwarmte met de buren of het automatisch switchen tussen stoom, elektriciteit en biogas als energiebron voor een industrieel proces. De digitalisering zelf vraagt overigens ook steeds meer energie. Dit betekent dat niet alleen het duurzame energiesysteem zal digitaliseren, maar ook de digitalisering zelf zal moeten verduurzamen. Bijvoorbeeld door in te zetten op edge computing, fotonica, en het inpassen van datacenters in het energiesysteem. Technisch hangt de ontwikkeling van het IoE samen met die van het Internet of Things (voor de datavoorziening), kunstmatige intelligentie (voor het interpreteren en nemen van beslissingen) en bijvoorbeeld blockchain technologie (voor de verwerking van transacties). De grootste uitdagingen liggen echter niet bij de ICT maar bij het verkrijgen van de juiste data. En bij het anders organiseren van de energiemarkten zodat (1) conversies, flexibiliteit en efficiëntie beter lonen en (2) meer partijen open toegang hebben tot de infrastructuur en markten. Het organiseren hiervan hangt nauw samen met allerlei maatschappelijke vragen. Bijvoorbeeld rond het eigendom van energiedata, de verdeling van lusten en lasten en de balans tussen solidariteit en prijsprikkels. De sleutel voor een snelle ontwikkeling van het IoE ligt dan ook in het op verantwoorde wijze beschikbaar maken van data, ontwikkelen van nieuwe, eerlijke en inclusieve marktregels en het aantrekken en koppelen van startups, corporates en internationale IoE initiatieven. Belangrijke toepassingen daarbij zijn de industrie (vanwege het volume), de tuinbouw (actieve rol), elektrisch vervoer (grootste uitdaging in de stad) en de koppeling met warmte en moleculen (unieke positie). De vorm die het IoE zal aannemen hangt sterk samen met de ontwikkeling van het fysieke energiesysteem.

Dit fysieke systeem is vanuit twee perspectieven ontworpen. Het Mainframe perspectief is de ultieme energieverzorgingsstaat. Uitgaande van een centraal bepaalde infrastructuur waarbij planners (publiek of privaat) de leidingen, opslag en conversiepunten bepalen en daarmee ook grote invloed hebben op de keuzes van kleinere spelers in het energiesysteem. Het ontwerp van het grid bepaalt het gebruik. Bijvoorbeeld hoe zij hun woningen bouwen en verwarmen. Het Patchwork is juist de ultieme energievrijstaat, en gaat uit van maximale lokale vrijheid, terwijl verdere ontwikkeling van nationale of regionale energie-infrastructuren na 2030 uitblijft. In Patchwork bepaalt het gebruik -en de individuele keuzes die elke gebruiker kan maken- het grid. Bij het Mainframe bepaalt de infrastructuur de manier waarop lokaal energie gebruikt wordt, terwijl bij het Patchwork het lokale gebruik de infrastructuur bepaalt.

Het Patchwork ontwerp is een soort *back to the future*: de lokale energiesystemen van begin 20e eeuw, komen deze eeuw terug in een modern jasje. Vooral dankzij technische ontwikkelingen die kleinschalige energiemarkten, -productie en -opslag steeds efficiënter en goedkoper maken. De schaalverkleining qua energiespelers die we nu ook zien, zet door. Steeds meer boeren, bedrijven en buurten dragen bij aan de energievoorziening. Verschillende factoren bepalen hoe die energievoorziening eruit komt te zien. Bijvoorbeeld als gevolg van hoe groen of vermogend de energiegebruikers zijn, de leeftijd van gebouwen, de aanwezige ruimte en de mix aan functies die uitwisseling van energie mogelijk maakt. Dat leidt tot duidelijke verschillen tussen gebieden. Niet alleen het technisch systeem wordt diverser, ook de ruimtelijke diversiteit groeit. Van de energy cowboys op het platteland die energie leveren tot de easy adopters die graag ontzorgd willen worden. En van de pioneers die gaan voor 24/7/365 zelfvoorziening tot hot spots en regionale hubs die flexibiliteit en energie juist importeren en exporteren. De patches vragen om allerlei lokale slimmigheden. Bijvoorbeeld een heel arsenaal aan multi-commodity hubs (een soort transformatorhuisje XXL) waar lokale warmte, stroom en moleculen worden gekoppeld en uitgewisseld zonder directe afhankelijkheid tussen leverancier en afnemer te creëren. Of verticale zonnecellen op de oost- en westgevels die weliswaar veel minder stroom produceren, maar wel op die momenten van de dag dat er veel vraag is. Of allerlei kleine energieklusjes waarmee bewoners een paar honderd euro per jaar verdienen via energie apps. Al dit soort relatief kleine veranderingen hebben gezamenlijk een grote invloed op een patch. En samen heeft dit Patchwork een grote impact op de provincie. Dit betekent:

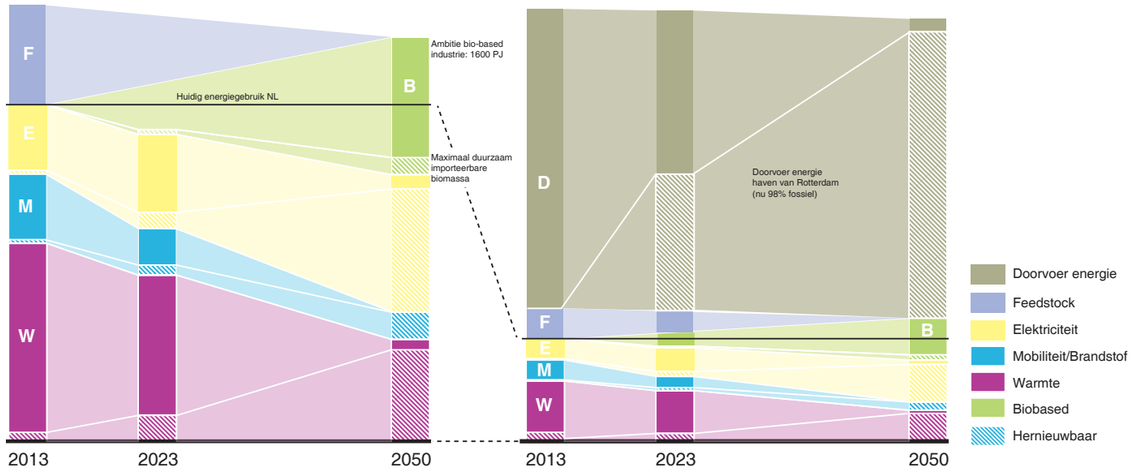
> Maximale benutting van lokale energiebronnen. Vooral wanneer ze minder complex zijn en kleinere investeringen vragen. Heel veel zonne-energie en eerder biogas dan geothermie voor verwarming.

- > Deze energietransitie zal ongeveer 10 tot 15% van de ruimte in de provincie innemen voor isolatie, opwek, buffering, infrastructuur, etc. Zeker waar ruimte schaars is en de vraag hoog, zal energie, mooi of lelijk, de omgeving bepalen. Ultieme consequentie is een nieuwe suburbanisatie om meer ruimte te creëren.
- > Voor grote delen van de provincie is patchwork kansrijk. Patchwork is niet 'one size fits all', maar eerder 'many sizes fit many'.
- > Met name seizoensopslag voor warmte en back-up voor weken met weinig zon en wind, kunnen decentraal moeilijk gerealiseerd worden.
- > Patchwork vraagt beleid dat gedeelde assets, zelfconsumptie, crowdfunding en gebouwgebonden financiering stimuleert.
- > De lokale energie verbindt mensen en stimuleert daarmee gemeenschapszin en identiteit. Overigens op voorwaarde dat lokaal of nationaal rekening gehouden wordt met hen die niet in de positie zijn om zelf te investeren en/of flexibel te zijn.
- > Digitalisering en simpele manieren om onderling te handelen, investeren en onderhoud te plegen vormen een noodzakelijke voorwaarde. Dat vraagt ook andere regelgeving. Bovendien bestaat de kans dat er met de digitale platforms opnieuw grote partijen ontstaan die de energievoorziening domineren. Dit is tegen de geest van het Patchwork perspectief.

Het Mainframe ontwerp kijkt vanuit Zuid-Holland juist integraal naar het hele energiesysteem. Zowel naar de positie van Zuid-Holland in (inter-) nationale ketens als naar een integrale aanpak binnen de provinciegrenzen. Met een heldere en eenduidige planning worden alle opties op een rij gezet: welke maatregelen leveren de grootste CO_2 winst tegen de laagste kosten? Wat zijn de beste plek voor grootschalige opslag en conversies? Hoe koppelen we de grondstoffentransitie aan de energietransitie? Grootschalige en centrale aansturing van de infrastructuur dus, net als nu. Dat heeft niet alleen op grote schaal implicaties, maar, interessant genoeg, ook juist op lokale schaal.

- > De nieuwe infrastructuur volgt en transformeert de huidige infrastructuur. Bestaande gasvelden worden gebruikt voor opslag, buizentracés volgen bestaande tracés, regionale gascentrales worden uitwisselingspunten tussen elektronen, moleculen en warmte.
- > Waterstofopslag in lege gasvelden, in combinatie met omzetting naar elektronen en warmte in aangepaste gascentrales is aantrekkelijker dan opslag via batterijen. Bovendien is hiermee seizoensopslag en reservecapaciteit voor donkere, windstille perioden mogelijk.
- > Maatregelen in de industrie zoals recycling en grotere procesefficiëntie, zijn economisch veel aantrekkelijker dan bijvoorbeeld warmtepompen en nul-op-de-meter woningen.
- > Groot denken is essentieel voor bijvoorbeeld een CO^2-infrastructuur en gekoppelde warmtenetten.
- > Restwarmte en geothermie zijn een factor drie goedkoper, zijn technisch eenvoudiger en nemen minder ruimte in dan alternatieven zoals warmtepompen of waterstof. Een centrale planning van de bronnen, seizoensopslag en netwerken levert de meest efficiënte exploitatie op waarbij de provincie mogelijk zelf warmte kan exporteren. Een 'design for transition' aanpak is nodig om te zorgen dat de warmtebronnen in 20 jaar verschuiven van industriële restwarmte naar geothermie.
- > Het mainframe is ook sturend op kleine schaal. Zo levert de overstap van staal en beton, naar houtbouw en andere biobased materialen voor de nieuwbouw 100 MTon CO2 op. Dat zou dan dus ook voor iedere woning moeten worden gedaan. Om de warmtenetten maximaal rendabel te laten zijn, zal elk gebouw dat zich bij een warmtenet bevindt, hierop aangesloten moeten worden.
- > Collectieve, planmatig uitgerolde systemen met aansluit- en leveringsgaranties bieden niet alleen schaalvoordelen, maar reduceren ook de risico's. Deze duidelijkheid kan het draagvlak vergroten en het voor institutionele beleggers aantrekkelijk maken om te financieren.

Wanneer de meest kansrijke gebieden voor Patchwork en Mainframe naast elkaar gezet worden, valt op dat overal in de provincie ten minste één perspectief kansrijk is. Ook waar beiden perspectieven kansrijk zijn, is een harde keuze niet noodzakelijk. Radicaal kiezen voor een Patchwork- of Mainframe-benadering leidt niet tot een wenselijk energiesysteem. Waar het gaat om systeemarchitectuur, ontwerpprincipes, kritieke infrastructuur voor moleculen, warmte en elektronen biedt een Mainframe-benadering een gezonde start om te zorgen dat energie beschikbaar, betrouwbaar en betaalbaar is en blijft. Zorg ervoor dat dit systeem flexibel genoeg is om lokale initiatieven te integreren.
Waar het gaat om lokale optimalisatie, toepassing van verduurzamingsmaatregelen door gebruikers, en een gebieds- of wijkgerichte aanpak leent juist een Patchwork-benadering zich beter.
Het Internet of Energy is in ieder van de Patchwork en Mainframe perspectieven belangrijk. In Patchwork zal IoE een grote rol spelen bij het lokaal balanceren van voornamelijk elektronen. In het Mainframe-perspectief speelt het IoE voornamelijk een grote rol bij (de koppelingen met) warmte.
DeltaGrid 2050 zet in op optimale interconnectiviteit en interoperabiliteit. Fysiek (multi-commodity), in aansturing (IoE, en ook het ontstaan van nieuwe markten en rollen), en in dynamiek (iedere gebruiker wordt prosument, alle energieverkeer is bi-directioneel en peer-to-peer). Patchwork en Mainframe versterken elkaar wanneer lokale en individuele optimalisatie zich kan verbinden aan een sterke en flexibele ruggengraat.



Afb. 3: De belasting van het grid gaat enorm veranderen bij verduurzaming van het energiesysteem. De totale energievraag neemt in dit scenario af door efficiëntere processen, beprijzing en besparing, maar de balans van carriers helt steeds meer over naar elektronen en biomassa. En laten juist deze nu relatief duur zijn om te transporteren én een relatief lage energiedichtheid hebben.

Door de transitie van de industrie naar bio-based energie gaan grondstoffenstromen daarnaast steeds meer concurreren en uitwisselen met energiestromen. Volgens onderzoek van het PBL kan Nederland in de toekomst maximaal 200 PJ equivalent biomassa importeren en/of zelf produceren wanneer we kijken naar de wereldwijde potentie. Dit terwijl wanneer de ambities van alle sectoren (energie en overige industrie) bij elkaar opgeteld worden, er al een vraag zal zijn van 1600 PJ equivalent. Met andere woorden: ook wanneer we stevig inzetten op biomassa is de vraag of we dan kunnen spreken van duurzaam en hiernieuwbaar.

De rechter afbeelding toont hetzelfde beeld inclusief de doorvoer van energie in de Rotterdamse haven. Omdat ook de doorvoer gaat verduurzamen, geldt qua opslag en transport-infrastructuur eenzelfde opgave als voor het energiegebruik binnen de provincie.

Bronnen: Marco van Steekelenburg, PBL, Energy Transition Model

INLEIDING

Anderhalf jaar geleden begon onze samenwerking met het in kaart brengen van het huidige Zuid-Hollandse energiesysteem. Dit hebben wij opgetekend in het vorige rapport: Smart Multi Commodity Grid - de Zuid-Hollandse energie-infrastructuur in kaart (2018). En dit is weer onder meer gebaseerd op het rapport Van Volume naar Waarde – Handelingsperspectief voor een waardevol en schoon Zuid-Hollands energielandschap in 2050 (2016) en het rapport Zuid-Holland op St(r)oom, ruimte voor de energietransitie (2013).

Deze onderhavige studie -DeltaGrid 2050- is gewijd aan het ontwikkelen van een visie en mogelijke handelingsperspectieven om te komen tot dit Smart Multi Commodity Grid, en omvat een visie op een sterk gedigitaliseerd Zuid-Hollands energiesysteem: het Internet of Energy (IoE). Dit alles met CO_2 als de contramal, en het datasysteem als katalysator die dit transitieproces mogelijk maakt en versnelt.

In het rapport “Stroomvoorziening onder Digitale Spanning” van RLI[1] wordt duidelijk dat inzetten op één bron of drager onwenselijk is, en het systeem onnodig kwetsbaar maakt. Het credo *“all-electric”* gaat bijvoorbeeld niet op. Al die elektriciteit moet uit verschillende bronnen komen, en als de primaire vraag van een industriële gebruiker warmte is, is het weinig zinvol om daar eerst bijvoorbeeld geothermische warmte voor in elektriciteit om te zetten.

Alles is verbonden: van IoT tot IoE

Wereldwijd zijn inmiddels –computers en telefoons niet meegerekend- 8,3 miljard apparaten actief op het Internet of Things (IoT). Dit aantal groeit tot 21,5 miljard in 2025[2]. Al deze apparaten (inclusief auto’s, huizen, industriële installaties en misschien binnenkort zelfs onze kleding) staan ten dienste van de mens. Van onze economie, van ons comfort, van onze mobiliteit, onze behoefte aan licht en warmte. Een ding weten we zeker: elk van deze apparaten heeft energie (moleculen, elektronen of warmte) nodig om te functioneren. En veel van deze apparaten hebben zelfs als primaire functie dat ze energie produceren: zonnepanelen en windturbines bijvoorbeeld. Maar heel veel van deze apparaten produceren ook energie als reststroom van hun primaire proces, restwarmte van een industriële oven bijvoorbeeld. Hoe zou het zijn als al deze apparaten elkaars energiebehoefte kunnen vervullen? Als al deze apparaten gezamenlijk een regionaal of zelfs wereldwijd netwerk vormen waar energie uit iedere mogelijke (hernieuwbare) bron en in iedere denkbare vorm –moleculen, elektronen, fotonen, warmte- met elkaar uitgewisseld wordt? Als vraag en aanbod continu met behulp van slimme algoritmes worden gebalanceerd door slim om te gaan met transport, opslag en conversie van de ene in de andere vorm? Uitgangspunt is dat ieder aangesloten apparaat –van led-lamp tot windturbine en van industriële oven tot waterstoffabriek- energie met elkaar kan “communiceren” en zo geautomatiseerd en volcontinu zoekt naar optimale balans op het gehele, 100% duurzame systeem van moleculen, elektronen en warmte.
Dit is het Internet of Energy. Een mondiaal geautomatiseerd energienet waarop miljarden apparaten zo effectief mogelijk en met zo klein mogelijke verliezen energie uitwisselen. En vertaald naar Zuid-Holland noemen we dit het DeltaGrid.

Top-down of bottom-up? Een vrijheidsparadox

Wij ervaren vrijheid pas wanneer er duidelijke regels bestaan. Het lijkt paradoxaal, maar een kader dat bestaat uit afspraken, regels, gewaarborgd door autoriteit, is noodzakelijk om ons als individuen veilig, en daarmee vrij te laten voelen. In iedere omgeving waar we in onze samenleving mee te maken hebben geldt dit principe: ons huishouden, onze werkplek, de openbare weg, ons land, en zelfs onze hele planeet. We leren hieruit dat in een goed ontworpen systeem altijd een kader wordt geschetst door een autoriteit, en dat in dat kader een vrijheidsgraad bestaat waarbinnen wij vrij kunnen kiezen, handelen en bewegen. Maar waar ligt deze overgang? En specifiek: waar ligt deze overgang binnen ons snel en fundamenteel veranderende energiesysteem? Tot waar is het wijs om het grid te laten bepalen hoe energiestromen

1. https://www.rli.nl/publicaties/2018/advies/stroomvoorziening-onder-digitale-spanning
2. https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/

lopen -het Mainframe-perspectief-, en vanaf waar is het wijs om individuele keuzes van gebruikers het grid te laten meebepalen –het Patchwork-perspectief-?

Grid bepaalt gebruik: Mainframe, de ultieme top-down energieverzorgingsstaat

Het Mainframe-perspectief gaat uit van een top-down beweging, waarbij een heel duidelijk kader gesteld wordt voor een veelheid aan energiegebruikers: Mainframe. Bij Mainframe begint het ontwerpproces op regionaal, nationaal, of zelfs Europees niveau. Uitgegaan wordt van een leidende en investerende macht.

Een centrale overheid of private instelling die bepaalt wat de gebruiker is, kan, mag en doet. Vanuit deze macht wordt het energiesysteem ontworpen, worden grote investeringen in hoofdinfrastructuur voorzien en worden de spelregels bedacht en randvoorwaarden gedefinieerd voor de verschillende gebruikers. Mainframe kan omschreven worden als de ultieme directieve energie-verzorgingsstaat. Hier bepalen de keuzes voor het ontwerp van het grid hoe het gebruikt zal worden, door wie, in welke mate, en wanneer.

Gebruik bepaalt grid: Patchwork, de ultieme bottom-up energievrijstaat

Daartegenover staat het bottom-up perspectief Patchwork. Wat als iedere gebruiker (of groep gebruikers in elke mogelijke samenstelling) alle vrijheid heeft om te doen en laten wat hem goed dunkt? Patchwork is de viering van de keuzevrijheid voor iedere gebruiker, iedere actor die iets met het energiesysteem van doen heeft. Het ontwerp begint hier vanaf de keuzes die elke individuele gebruiker kan maken: koop ik energie van een ander in, of maak ik deze zelf? Ga ik *on-grid of off-grid*? Wil ik elektriciteit, gas, warmte, of alle drie? Wil ik thuis opslaan of laat ik balancering over aan een andere partij? Patchwork is de ultieme energie-vrijstaat, maar wel een waar de niet of in beduidend mindere mate voorzien kan worden in centrale infrastructuur, zoals bijvoorbeeld een warmtenet.

De onderling verbindende infrastructuur wordt aangelegd op basis van de keuzes die per patch of individuele gebruiker gemaakt worden: het gebruik bepaalt het grid.
Ergens in de ruimte tussen deze twee perspectieven moet een werkbaar en prettig handelingsperspectief liggen voor iedere stakeholder, van regelgever tot dienstverlener, producent of gebruiker.

Er is door ons gekozen om vanuit Patchwork en Mainframe naar een midden toe te werken. Vaak komen we er immers pas achter hoe goed een keuze is als we deze in een overdreven perspectief uitwerken. En door Mainframe en Patchwork diepgaand te onderzoeken, te testen, te laten toetsen en verrijken door een vijftiental experts op het gebied van onder meer netwerken, regelgeving, ICT, ruimtelijk ontwerp, en energievoorziening, zijn wij gekomen tot een tweetal goed uitgewerkte perspectieven. Deze laten allebei zien hoe het energiesysteem zich zou kunnen ontwikkelen in de komende 30 jaar als wij verschillende keuzes maken ten aanzien van het gebruik van onze kostbare en schaarse ruimte, het ontwerp van infrastructuur en technologieën die energie leveren, transporteren, opslaan, of omzetten.

Een paar dingen weten we zeker: zowel Mainframe als Patchwork bevatten zeer waardevolle elementen die van toepassing zijn in een wenselijk perspectief. Beide benaderingen zijn in bepaalde mate noodzakelijk, en de beide perspectieven kennen zelfs een overlap. Een andere zekerheid is dat digitalisering een cruciale rol speelt in het energiesysteem van de toekomst, welke aanvliegroute er ook gekozen wordt om te komen tot een veerkrachtig en toekomstbestendig energiesysteem. Hierom hebben wij ervoor gekozen om digitalisering een integraal onderdeel te laten zijn van deze studie, en verkennen wij de mogelijkheden van een verregaand geautomatiseerd energiesysteem voor de Provincie Zuid-Holland. Een Zuid-Hollands perspectief op het Internet of Energy.

Maatschappelijke weerstand en bestuurlijke moed

Bij vrijwel iedere uit te voeren maatregel zal men op maatschappelijke weerstand stuiten. Dat is logisch: de transitie is onvermijdelijk, kost veel geld, verandert het landschap en de leefomgeving die wij gewend zijn en kost zelfs dure vierkante meters in onze woningen. We hebben logischerwijs veel tijd besteed aan polderen, het bereiken van consensus, en kijken terug op kostbare jaren waarin weinig concreet is gerealiseerd om de CO_2-uitstoot en de afhankelijkheid van fossiele bronnen drastisch terug te dringen. Een ander aspect waar te weinig aandacht aan is besteed is een regelgevingskader dat uitgaat van en afstevent op een maatschappij die primair werkt met hernieuwbare bronnen, en waar de vrijheid tot productie en handel, de vrijheid tot aansluiting en de vrijheid tot dispatch[3] bij iedere gebruiker -klein en groot- geborgd is in een snel veranderend energielandschap. Ten derde is er te weinig aandacht besteed aan het vergroten van maatschappelijk en economisch draagvlak voor maatregelen die verder reiken dan een marginale verbetering van het energiehuishouden in de gebouwde omgeving. De transformatie van onze industrie, mobiliteitssector en de agrarische sector bijvoorbeeld. In bijna iedere huidige energietransitie-situatie geldt “het is te laat om nog langer te wachten, of nog even niets te doen”.
Er is impactvolle actie nodig, en inmiddels gaat dit niet meer altijd met een keurig op voorhand bepaalde set regels, en zonder te wachten op een akkoord van iedere stakeholder. Langer wachten maakt de pijn alleen maar groter. Dit betekent ook dat er nu bij het uitvoeren van transitieplannen in wijken en gemeentes rekening gehouden moet worden met weerstand, terwijl deze weerstand de uitvoering van het plan niet in de weg mag staan, tenzij deze met bijzonder goede steekhoudende argumenten onderbouwd wordt, en voorzien is van een uitvoerbaar en in het grotere geheel passend beter alternatief. Hier is een hoge mate van bestuurlijke moed voor nodig, en bestuurlijke kennis van de ins en outs van de uit te voeren maatregelen. Het klinkt contra-intuïtief en ondemocratisch, maar dit lijkt inmiddels het onvermijdelijke en noodzakelijke leiderschap voor een succesvolle energietransitie.

3. https://www.netbeheernederland.nl/_upload/Files/Rapport_Marktdesign_Elektriciteitsvoorziening_110.PDF

Afb. 4: Bijeenkomst DeltaGrid 2050

De aanpak – Consultative Scoping

Om te komen tot twee perspectieven en een verrijkende én erreikende visie op een gedigitaliseerde energierealiteit is ontwerpend onderzoek gedaan. Er is gebruik gemaakt van Consultative Scoping. Deze methode kenmerkt zich door een iteratieve aanpak waarin – samen met verschillende experts - de grenzen van de toekomstige energievoorziening verkend worden door deze al ontwerpend de schetsen en de achterliggende waarden en effecten inzichtelijk gemaakt worden, alsmede de bandbreedte. Hiervoor wordt een te ontwikkelen perspectief in verschillende stappen afgebakend – gescoped - waarbinnen een nieuwe focus ontstaat en inzicht in keuzen.
Het meest cruciale element in Consultative Scoping is de aanwezigheid van expertise, gecombineerd met het scheppen van een omgeving waarbinnen deze expertise zich vrij langs verschillende invalshoeken, meningen en de kennis van anderen kan bewegen. Experts zijn geselecteerd op basis van hun persoonlijke merites, en niet de organisatie die zij vertegenwoordigen. Er wordt een omgeving geschapen waarbinnen de groep met elkaar “vanuit de gewenste toekomst naar het heden toe redeneert” in plaats van uit te gaan van de -vaak suboptimale- realiteit van vandaag. Er is gedurende 4 sessies in groepsverband geconsulteerd. De experts wierpen hun licht op de kenmerken van een toekomstig energiesysteem, elk vanuit hun eigen achtergrond en ervaring. Op basis hiervan zijn cases geselecteerd en door de ontwerpbureau’s doorontwikkeld, om zodoende de perspectieven Patchwork en Mainframe te creëren.

Hierna zijnde experts nog eenmaal gevraagd bijeen te komen om de ontwerpen tot dusver te toetsen. Iedere expert nam gedurende deze sessies niet alleen diens eigen standpunten in, maar werd ook gevraagd een tegengestelde visie te verdedigen. Door zich te verplaatsen in een heel ander perspectief, en te back-casten vanuit een toekomstig scenario in plaats van uit te gaan van stapsgewijze innovaties op het huidige systeem hebben wij een basis gelegd waarop een houdbaar en antifragiel[4] Zuid-Hollands energiesysteem ontwikkeld kan worden.

Technologie, Economie, Maatschappij, Instituten

In onze verkenningen hebben technologische aspecten een belangrijke en zichtbare rol gespeeld. Maar een transitie is veel meer dan het vervangen van de ene technologie door de ander, meer dan het switchen van de ene bron, productiefaciliteit of infrastructuur naar de ander.
We kunnen pas van een transitie spreken als de technologie die wordt voorgestaan ook economisch relevant, maatschappelijk gedragen en institutioneel gefaciliteerd is[5]. Hierom hebben wij in dit document speciale aandacht gegeven aan de vier pijlers Technologie, Economie, Maatschappij en Instituten (TEMI). In de perspectieven Mainframe, Patchwork en het hoofdstuk Internet of Energy wordt TEMI als kapstok gebruikt.

> **Technologie:** Er moet toepasbare en bereikbare technologie bestaan die ons als samenleving in staat stelt een systeem anders in te richten. In het geval van energie gaat het bijvoorbeeld om productiecapaciteit van hernieuwbare energie, energiemanagementsystemen, opslagcapaciteit, infrastructuren die twee richtingen op kunnen werken en waar gebruikers niet alleen van hoeven af te nemen maar er ook energie aan toe kunnen voegen.

> **Economie:** Technologieën zullen pas toegepast gaan worden als ondernemers, overheden en gebruikers er in economische zin mee overweg kunnen. Bestaan er businessmodellen die de uitrol van een technologie ondersteunen? Zijn er ondernemers die hierin willen investeren? Kan er duurzaam waarde mee gecreëerd worden? Hierover bestaat onzekerheid in een fundamenteel veranderend systeem. De grondslag waarop wij waarde gewend zijn geweest te creëren –arbeid, product en kapitaal- is niet langer ons houvast. En wanneer energie nagenoeg gratis te oogsten is door iedereen zal ook het investeringsklimaat veranderen.

> **Maatschappij:** Participatie wordt meer en meer erkend als cruciaal onderdeel in elke transitie. Bij onvoldoende participatie treedt weerstand op –en dit begint al bij gebrekkige educatie of voorlichting, of het onvoldoende ontwikkelde vermogen van marktpartijen en overheden in scheppen van situaties waarin alle betrokken partijen de voordelen van een innovatie genieten-. Het voorkomen van weerstand door middel van participatie en een cultuur van delen is zowel complexer als makkelijker dan het overkomen van weerstand –hoe onvermijdelijk ook-. Zolang de gebruiker niet meegenomen wordt in een transitie en voor volwaardige partij (prosument, dus afnemer én aanbieder) wordt aangezien zal iedere voorgestelde verandering met weerstand onthaald worden. De verschuiving van eigendomsverhoudingen in bijvoorbeeld gezamenlijk bezit van windparken neemt al een groot deel van deze weerstand weg. Als niet alleen een multinationale energieaanbieder de eigenaar is die de voordelen van diens eigendom geniet, maar ook de gebruiker zelf eigenaar is, samen met de buren, zal er al heel anders gereageerd worden op een plan om het uitzicht te verrijken met torenhoge masten die in onze elektriciteitsbehoefte voorzien. Hier is educatie, voorlichting noodzakelijk, maar zeker ook de durf om tot heel nieuwe businessmodellen, eigendomsmodellen te komen.

> **Instituten:** De technologie kan gereed zijn, er kan een markt mee bediend worden, en er is wens en draagvlak vanuit de maatschappij, maar als het beleid, de wet- en regelgeving niet op een innovatie toegerust is kan deze simpelweg niet doorbreken. Beleid maken en wijzigen duurt lang, en moet van meet af aan de volle aandacht krijgen om te voorkomen dat het wettelijk kader de verbinding verliest met de nieuwe en continu veranderende realiteit. Bevordering van innovatie op technologisch, economisch en sociaal vlak moet een integraal onderdeel vormen van te ontwikkelen beleid, en dit beleid zelf zal vervolgens onderhevig aan deze innovaties veranderen. Met een energiesysteem dat van een hele nieuwe verdeling uitgaat, waarin productievermogen wordt gedemocratiseerd, is dus ook aandacht nodig voor herregulering, en het herdefiniëren van maatschappelijke en economische waarde.

Afb. 5: Bijeenkomst DeltaGrid 2050

4. https://fs.blog/2014/04/antifragile-a-definition/
5. https://books.google.nl/books?id=cAoT3Qfz6YIC&pg=PA135&lpg=PA135&dq=KENGi+partners+and+their+currencies&source=bl&ots=sC5wQPxfJb&sig=ACfU3U0RQysvkpdsFWdK8CxUYUt-cv8460w&hl=en&sa=X&ved=2ahUKEwisptKuwvXiAhWPTcAKHWFtBvgQ6AEwAHoECAkQAQ#v=onepage&q=KENGi%20partners%20and%20their%20currencies&f=false

4 nieuwe paradigma's

Welke veranderingen zijn nou zo cruciaal in de ontwikkeling van een nieuw energielandschap? Waar moeten wij op inzetten? En waarop juist niet meer? Vier ontwikkelingen –alle vier gedreven door digitalisering- vormen het draad waaruit de nieuwe energie-economie wordt geweven.

Volume naar Waarde

Steeds minder economisch relevant is het om grote volumes te verplaatsen, te produceren of te verkopen. Wát er met die volumes gebeurt is veel belangrijker. Alhoewel de integrale kosten per eenheid energie een stijgende lijn hebben vertoond over de afgelopen jaren is de prijs per geproduceerde eenheid energie gedaald. De kostenstijging is vooral toe te wijzen aan stijgende netwerkkosten en belastingen. De prijs per geproduceerde eenheid energie daalt onder meer als gevolg van lage olieprijzen, maar vooral ook omdat een eenheid geproduceerde hernieuwbare energie steeds minder kost. Naarmate de assets –zonneweides, windparken, geothermische putten- waarmee deze energie worden opgewekt steeds minder kosten daalt de prijs per geproduceerde eenheid mee. Er zijn immers geen grondstofkosten meer omdat de bron zelf –zonlicht, wind, aardwarmte- gratis en niet toe te eigenen is. Deze daling van eenheidsprijzen zorgt er ook voor dat in steeds meer situaties hernieuwbaar de economisch voordeligere keuze is voor investeerders. Zij weten zich immers zeker van een productiecapaciteit die naarmate deze groeit ook een natuurlijk prijsplafond oplegt aan energie uit niet-hernieuwbare bronnen. Met andere woorden: naarmate hernieuwbare energie goedkoper wordt, en daarmee meer ingezet wordt, kan de prijs van fossiele energie ook niet langer hoger zijn. Er zou dan buiten de milieueffecten en geopolitiek die onlosmakelijk met fossiele energie verbonden is namelijk ook op economische gronden niet meer voor gekozen worden.
Overigens: zou de daling van energieproductiekosten nog lager worden, zullen we ook zien dat institutionele investeerders zich meer terug zullen trekken. Er is immers geen winst meer op te behalen. Energie raakt dan "decommoditized" en de productie zal meer en meer verschuiven naar commons en andere publieke vormen. Investeringen in de infrastructuur blijven dan voor hen juist wel interessant, want deze zal nodig blijven om vraag en aanbod met elkaar te balanceren.

Assets naar Access

Sharing economy, circulaire economie, *doughnut economy*[6], platformeconomie. Over de hele wereldeconomie zijn trends te definiëren waaruit blijkt dat consumentengedrag in de basis verandert. Het is steeds minder interessant om eigenaar van een goed te zijn. Veel relevanter is het om op het gewenste moment toegang te hebben tot precies die assets die op dat moment nodig zijn. Dit geldt voor taxi's en reisbedden maar ook voor energieproductie. Zeker wanneer de prijs per eenheid geproduceerde energie daalt gaat het niet meer om de business case die gemaakt kan worden omdat iemand eigenaar is van een set zonnepanelen. De energie die eruit komt is namelijk alleen heel veel waard als deze direct aangewend kan worden om een gebruiksdoel te dienen, of kan worden opgeslagen voor later gebruik.

Schaarste naar Overvloed

Op olie, kolen en gas kan makkelijk een prijs gezet worden. De bronnen zijn gebonden aan specifieke locaties, waar een vlag op geplant kan worden, een concessie voor vergeven kan worden aan een bedrijf, en waar in het geval van olie een kartel bepaalt op basis van schaarste of het kunstmatig manipuleren van de balans tussen vraag en aanbod hoe de prijs zich ontwikkelt.
Voor hernieuwbare bronnen geldt een heel andere dynamiek. Niemand kan zich de zon toe-eigenen, of de wind. Deze bronnen produceren een veel grotere hoeveelheid energie dan de mensheid als geheel nodig heeft. De hoeveelheid zonne-energie die het aardoppervlak in de vorm van licht raakt bedraagt bijvoorbeeld meer dan 1.400 maal de totale energiebehoefte van de mensheid. Door slechts 0,07% van deze immense hoeveelheid energie te oogsten en in de vorm van elektriciteit, moleculen of warmte te distribueren is de gehele wereldbevolking voorzien. Dat verandert energie-businessmodellen grondig. Prijsvorming is ineens aan een heel andere dynamiek onderhevig. Als de marginale productiekosten van energie vanwege deze overvloed een nulpunt benaderen of zelfs onder nul dalen (en dat doen ze op windrijke zonnige dagen al regelmatig) wordt het balanceren van vraag en aanbod op het energiesysteem een duurdere post dan de energie zelf. Dit versnelt de beweging naar bijvoorbeeld flat-fee energie-abonnementen. De gebruiker betaalt dan net als bij zijn internetaansluiting een vast bedrag gebaseerd op de capaciteit die deze gelijktijdig nodig heeft, en in hoeverre deze capaciteit ook daadwerkelijk benut wordt doet minder ter zake. We zullen dan zien dat gebruikers beloond worden wanneer ze bijdragen aan de balans tussen vraag en aanbod op het systeem, bijvoorbeeld door demand-side management, het toestaan dat de netbeheerder diens apparaten op afstand aan- en afschakelt, of het inzetten van opslagcapaciteit achter de meter, bijvoorbeeld door een elektrische auto aan te sluiten.

Companies tot Commons

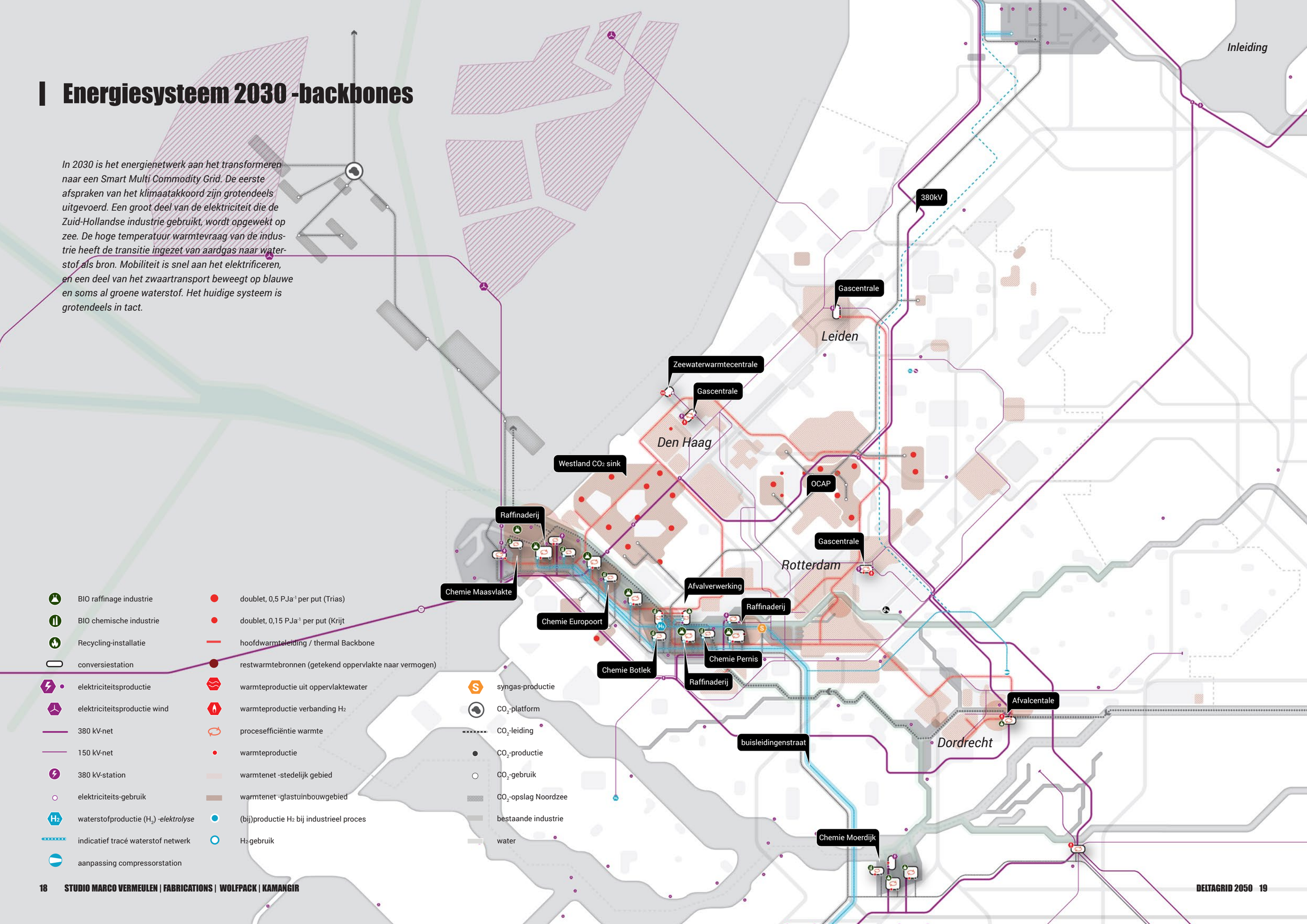
De drie bovengenoemde bewegingen maken ook dat sommige activiteiten die nu commercieel heel aantrekkelijk zijn –het uitbaten van een olieveld, of het verkopen van elektriciteit- vanwege de opkomst van waardengedreven businessmodellen, het delen van assets en overvloed aan de aanbodzijde van energie niet meer in de traditionele zin bedrijfsmatig aantrekkelijk zijn.
Niettemin is energie een basisbehoefte en er zal altijd vraag naar bestaan. Het is dus heel denkbaar dat we na enkele decennia van privatisering opnieuw moeten nadenken over het collectiviseren of opnieuw nationaliseren van delen van onze energievoorziening. *Commonization*[7] dus. Deze beweging wordt nog verder versterkt door gedistribueerde governance-modellen die mogelijk gemaakt worden door nieuwe technologieën zoals blockchain.

6. https://www.kateraworth.com/doughnut/

7. https://medium.com/@rutgervz/blockchain-and-tokenization-beyond-the-hype-8bacd3c43481

Energiesysteem 2030 -backbones

In 2030 is het energienetwerk aan het transformeren naar een Smart Multi Commodity Grid. De eerste afspraken van het klimaatakkoord zijn grotendeels uitgevoerd. Een groot deel van de elektriciteit die de Zuid-Hollandse industrie gebruikt, wordt opgewekt op zee. De hoge temperatuur warmtevraag van de industrie heeft de transitie ingezet van aardgas naar waterstof als bron. Mobiliteit is snel aan het elektrificeren, en een deel van het zwaartransport beweegt op blauwe en soms al groene waterstof. Het huidige systeem is grotendeels in tact.



Energiesysteem 2030 - distributie

In de woonwijken zijn er meer warmtenetten, gevoed door restwarmte en geothermie. Overal liggen de straten open om gasleidingen te vervangen of verwijderen. Grootschalig gerenoveerde wijken zijn meestal alleen aangesloten op warmtenetten, of zijn all electric. Nieuwbouw is veelal all electric of van bronnetten voorzien. Na 2030 ligt de toekomst meer open, en is het afhankelijk van de ontwikkeling van lokale initiatieven, technische ontwikkelingen en grootschalige infra hoe deze er uit ziet.

LEGENDA

- Buisleiding aardgas
- Buisleiding aardolie
- Regionale en lokale gasnetten (excl. Westland Infra)
- Boorpunten

Elektriciteit

- Windparken op zee
- Im- en export elektriciteit internationaal
- Gepland elektriciteitsnetwerk (zee)
- Windturbines
- Lokale elektriciteitstransformator

Hoogspanningsnetwerk

- 380kV bovengronds
- 380kV ondergronds

Hoog- en middenspanning

- 150kV bovengronds
- 150kV ondergronds

Distributienetten (AC, DC)

- 50kV bovengronds
- 50kV ondergronds

Warmtebronnen

- geothermie
- restwarmte/WKK
- WKK
- stoomnet

Warmtenetten naar brontype

- WKK
- restwarmte + WKK
- geothermie
- restwarmte

Inleiding

Leiden

Den Haag

Rotterdam

Dordrecht

DE OPGAVE VOOR PATCHWORK EN MAINFRAME

Uitgangspunt van de twee perspectieven is dat tussen 2030 – als de huidige nationale afspraken van het klimaatakkoord volgens planning zijn gerealiseerd – en 2050, alle nieuwe ontwikkelingen plaatsvinden binnen het Patchwork óf Mainframe perspectief. Binnen de opgesomde maatregelen uit het energieakkoord (2020) en het klimaatakkoord (2030) gaat een deel over grootschalige opwekking en infrastructuur uitgevoerd en gefaciliteerd door grote netbeheerders en energiebedrijven: Mainframe ingrepen, terwijl een deel bestaat uit het stimuleren van individuen en bedrijven om energie te besparen en op te wekken: Patchwork initiatieven.

Energieakkoord – -25% CO_2eq tot 2020

n het energieakkoord, waarbij 25% vermindering van de CO_2-uitstoot voor 2020 ten opzichte van 1990 wordt geambieerd, wordt het overgrote deel van de reductie van CO_2 uitstoot gerealiseerd door 'Mainframe maatregelen' zoals het sluiten van kolencentrales en het realiseren van windturbineparken op zee. Het stimuleren van zonne-energie op daken is een van de weinige 'Patchwork' maatregelen. Hierrdoor zal tot 2020 ongeveer 4 procentpunt van de (tot 2050) te bereiken CO_2-reductiedoelstellingen met Patchwork maatregelen wordt gerealiseerd, tegenover 21 procentpunt door middel van Mainframe maatregelen.

Klimaatakkoord[8]- -49% CO_2eq tot 2030

In het klimaatakkoord is aan de hand van vijf overlegtafels bepaald waar en hoe CO_2-uitstoot verminderd gaat worden. Gebaseerd op de doelstellingen per tafel (Elektriciteit, Industrie, Gebouwde Omgeving, Landbouw en Natuur, Mobiliteit) en de bijbehorende maatregelen kan bepaald worden welk onder Patchwork en welk onder Mainframe te scharen is.

Klimaatwet : -95% CO_2eq tot 2050

De ambitie in de nieuw ontworpen klimaatwet is dat in 2050 nog slechts 5% van de hoeveelheid CO_2 uitgestoten wordt ten opzichte van 1990. Uitgangspunt van beide perspectieven is dat alle ontwikkelingen na het klimaatakkoord 'Patchwork' óf 'Mainframe' zijn. De werkelijkheid is natuurlijk altijd een combinatie van die twee.

Vervangingsopgave

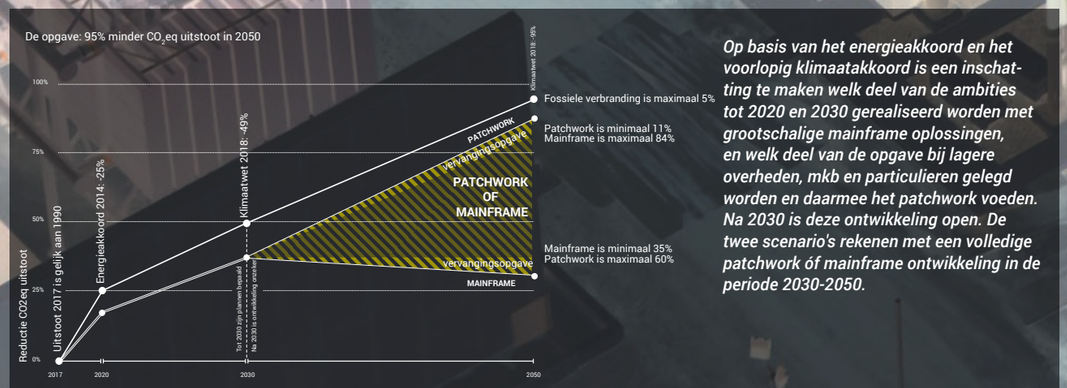
Naast het realiseren van de geplande opwekkingsinfrastructuur, wordt er ook continu geïnvesteerd in de vervanging van energie-infrastructuur, zoals het 're-poweren' van windenergie. Doordat deze vervangingsopgave plaatsvindt naast de ambities uit de diverse akkoorden, zullen zij een aanvullend versterkend effect hebben op de twee perspectieven.

Redundantie: hoe Smart Multi Commodity terugvalopties biedt

Een Smart Grid wordt meestal aangeduid als een elektriciteitssysteem dat gebruik maakt van informatie, communicatietechnologieën en computerintelligentie voor het actief beïnvloeden van de elektriciteitsvraag (vraagsturing) en de elektriciteitsproductie (production curtailment). Zo wordt optimaal gestuurd op het balanceren van vraag en aanbod op het elektriciteitsnet om overbelasting te voorkomen. Als we dit principe van een smart elektriciteitsgrid ook toepassen op andere energiedragers, zoals moleculen, CO2 en warmte, spreken we van een Smart Multi Commodity Grid (SMCG). In een SMCG worden alle energiesystemen met elkaar verbonden, waardoor energie met elkaar uitgewisseld kan worden, opgeslagen en hergebruikt. Als een van de elementen in het systeem om welke reden dan ook uitvalt zal het systeem als geheel alsnog stevig blijven staan. Dit is redundantie. Een Smart Multi Commodity Grid is een slim energienet waarin optimaal wordt gestuurd op het balanceren van vraag en aanbod van alle energievormen, op elk moment, in iedere situatie. Reststromen worden ontsloten en gedistribueerd om het totale energiegebruik te reduceren. In Zuid-Holland heet dit SMCG het DeltaGrid.

Energiesysteem 2030

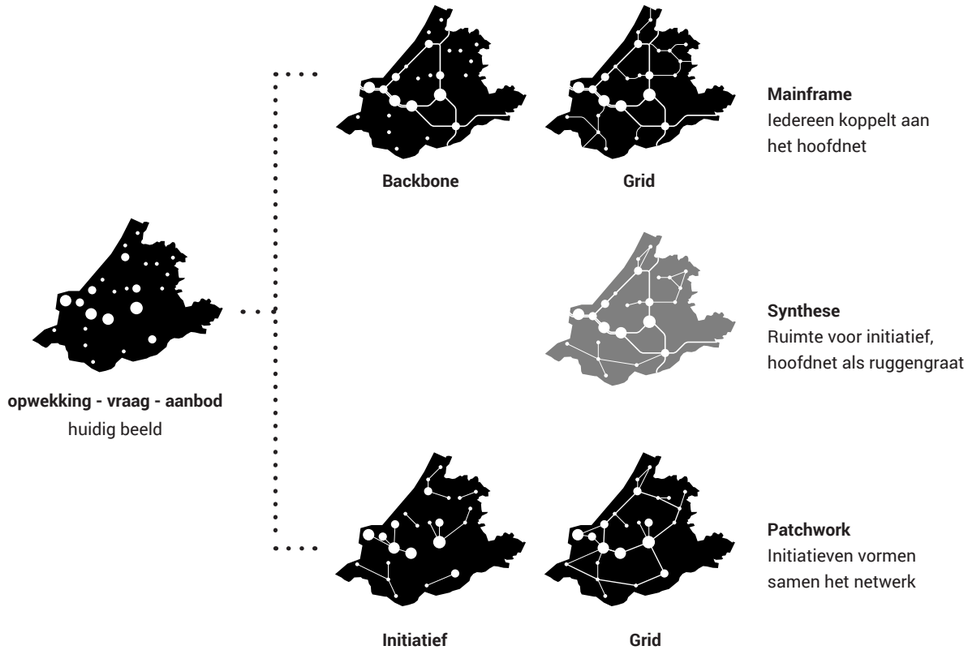
In 2030 is het energienetwerk aan het transformeren naar een Smart Multi Commodity Grid. Het huidige systeem is grotendeels intact. Wel zijn er meer warmtenetten, gevoed door restwarmte en geothermie, en enkele hoogspanningsleidingen bijgekomen. Ook wordt er veel meer ruimte gebruikt voor netstabilisatie, door middel van fysieke batterijopslag voor elektronen, en reservoirs voor duurzame moleculen –waterstof en biogas bijvoorbeeld- en warmtesystemen, alsmede digitale oplossingen voor peakshaving. De "warmtebadkuip" waarbij het grootste deel van de warmtebehoefte in de winter bestaat maar in de zomer opgewekt kan worden vergroot de behoefte aan seizoensopslag nog eens behoorlijk. Nieuwe wijken zijn veelal aangesloten op warmtenetten, en warmtenetten op warmteopslagsystemen. Na 2030 ligt de toekomst meer open, en is deze afhankelijk van de ontwikkeling van lokale initiatieven, maatschappelijke en technische ontwikkelingen en grootschalige infra. De manier waarop de overheid de energietransitie aanstuurt is van grote invloed: neemt zij de regie, of wordt het initiatief overgelaten aan burgers en bedrijven?



Op basis van het energieakkoord en het voorlopig klimaatakkoord is een inschatting te maken welk deel van de ambities tot 2020 en 2030 gerealiseerd worden met grootschalige mainframe oplossingen, en welk deel van de opgave bij lagere overheden, mkb en particulieren gelegd worden en daarmee het patchwork voeden. Na 2030 is deze ontwikkeling open. De twee scenario's rekenen met een volledige patchwork óf mainframe ontwikkeling in de periode 2030-2050.

Afb. 4: Luchtfoto bouw TenneT krachtstation Wateringen -bewerkt. Bron: Rijkswaterstaat Beeldbank.

8. Tweede kamer, 2018. Klimaatwet. https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/wetsvoorstellen/detail?cfg=wetsvoorsteldetails&qry=wetsvoorstel%3A34534



Patchwork en/of Mainframe

Hoe gaat het energiesysteem van Zuid-Holland zich tussen 2030 en 2050 ontwikkelen? Dit is de periode tussen de vastgelegde afspraken uit het klimaatakkoord (tot 2030) en de doelen van de klimaatwet (2050). Om deze periode te duiden zijn de twee perspectieven te formuleren op basis van sturing en schaal: Mainframe en Patchwork.

Bij Mainframe worden bronnen en vraag op regionale en bovenregionale schaal op een optimale manier aan elkaar gekoppeld. Dit levert een robuust, servicegericht en efficiënt systeem op, met een betrouwbare energievoorziening. Deze infrastructuur, alleen te realiseren met sterke sturing vanuit de overheid, wordt zo dominant dat deze de ruimtelijke configuratie van het energiesysteem gaat bepalen. Waar de backbones liggen, daar moet je zijn voor je energie.

Patchwork gaat uit van zoveel mogelijk lokale opwekking en uitwisseling, en weinig sturing door de overheid. Lokale initiatieven vormen daardoor de start, en individuën hebben veel vrijheid om zelf energie op te wekken en in energie te handelen. Ook hier ontstaat uitwisseling op regionale schaal, maar op een minder georganiseerde manier. Op den duur ontstaan ook hier backbones, maar op een meer organische manier. Het resultaat is een divers en veerkrachtig energiesysteem dat volop gebruik maakt van beschikbare bronnen.

Mainframe en Patchwork worden allebei in grote mate beïnvloed door digitalisering. De ontwikkeling van het Internet of Energy maakt dat we niet langer spreken van een scheiding tussen aanbieders en afnemers. Iedere gebruiker is in principe allebei. Iedere beschikbare bron is inzetbaar, en energie kan in elke vorm –moleculen, elektronen en warmte- bewegen tussen aanbod en vraag over een mondiaal netwerk van aangesloten machines.

Door vanuit deze twee uiteen liggende perspectieven te werken en beide te ontwerpen vanuit een nieuwe, digitale realiteit ontstaat als vanzelf een synthese-perspectief dat als basis dient voor een wenselijk en breed gedragen handelingskader voor de verschillende actoren in dit energiesysteem: prosumenten, transporteurs, dienstenaanbieders, regelgevers, financiers en anderen. Een optimum zal een energiesysteem zijn met een sterke, toekomstbestendig ontworpen en goed georganiseerde ruggengraat waarop ieder initiatief indien gewenst aan kan haken.

In beide perspectieven speelt ook het Internet of Energy een belangrijke rol. Aangezien dit een onderwerp is wat pas de afgelopen jaren op de agenda is gekomen, zullen we hier in het volgende hoofdstuk eerst dieper op ingaan.

1.
INTERNET OF ENERGY

ALLES RAAKT VERBONDEN
KANSEN VOOR ONDERNEMERS
UITDAGINGEN
CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

ALLES RAAKT VERBONDEN

Wereldwijd zijn inmiddels –computers en telefoons niet meegerekend- 8,3 miljard apparaten actief op het Internet of Things. Dit aantal groeit tot 21,5 miljard in 2025[1]. Één ding weten we zeker: elk van deze apparaten heeft energie nodig om te functioneren. En veel van deze apparaten hebben zelfs als primaire functie dat ze energie produceren: zonnepanelen en windturbines bijvoorbeeld. Maar heel veel van deze apparaten produceren ook energie als onbedoeld bijproduct van hun primaire proces: restwarmte van een industriële oven bijvoorbeeld.

Hoe zou het zijn als al deze apparaten elkaars energiebehoefte kunnen vervullen? Als al deze apparaten gezamenlijk een wereldwijd netwerk vormen waar energie uit iedere mogelijke (hernieuwbare) bron en in iedere denkbare vorm –moleculen, stroom, fotonen, warmte- met elkaar uitgewisseld wordt? Als vraag en aanbod continu met behulp van slimme algoritmes worden gebalanceerd door slim om te gaan met transport, opslag en conversie van de ene in de andere vorm? Als een netwerk van machines energie met elkaar een schoon gebalanceerd netwerk vormen zonder dat daar menselijke interventie voor nodig is?

Dit is het Internet of Energy (IoE). Een mondiaal geautomatiseerd energienet waarop miljarden apparaten zo effectief mogelijk en met zo klein mogelijke verliezen energie uitwisselen.

IoE in Zuid-Holland

De kansen voor een interoperabel energiesysteem in Zuid-Holland zijn enorm. Zo komt bijvoorbeeld in het haven-industrieel complex van Rotterdam tweemaal zoveel restwarmte vrij als de totale warmtebehoefte van de 1,6 miljoen panden in de provincie. En in deze provincie met haar unieke diversiteit aan gebruikers –industrieën, glastuinbouw, verkeer en vervoer, huishoudens- met fijnmazige infrastructuren voor moleculen, warmte en elektriciteit ligt een uitgelezen kans om alles met elkaar te verbinden en gebruikers zowel als afnemer én aanbieder te beschouwen: de prosument.

Dit is de visie van een Smart Multi Commodity Grid: een Zuid-Hollandse infrastructuur waar stroom uit wind en zon, waterstof uit elektrolyse en warmte uit diepe aardlagen met elkaar verbonden worden tot een resilient en gebalanceerd systeem dat vele gebruikers met miljoenen aangesloten apparaten bedient. Van het windpark op Maasvlakte 2 tot de duizenden Tesla's die in de provincie rondrijden en aan laadpalen (of ontlaadpalen) staan, van de restwarmtestromen uit de Rotterdamse haven tot de geothermische putten in het Westland en van de waterstofproductie uit het Rozenburgse Power2Hydrogen[2] project tot de verwarming van de huizen aldaar. Een energiesysteem dat in staat stelt precies in ieders behoefte te voorzien uit een veelheid aan duurzame bronnen, in elke denkbare vormen -moleculen zoals waterstof, elektriciteit en warmte-, en tegelijkertijd de mogelijkheid geeft om ieders energie uit primair proces of reststroom aan te bieden aan andere gebruikers.

Agendering van nieuwe digitale thema's

De aandacht voor het Internet of Energy groeit snel. Ieder jaar polst de World Energy Council wereldwijd welke kwesties CEO's, beleidsmakers en experts het meest urgent, invloedrijk en onzeker vinden. De kwesties die hun 's nachts uit hun slaap houden. Vijf jaar geleden waren dat vooral technische, geopolitieke of economische zaken zoals subsidies, elektriciteitsprijzen, hernieuwbare bronnen en economische groei. Maar sindsdien zijn de prioriteiten veranderd. Onderwerpen rond digitalisering die nog niet voorkwamen in de lijstjes, zoals management van data, kunstmatige intelligentie, Internet of Things en platformen staan nu bovenaan.

De transitieagenda: decarbonisatie en decentralisatie

De aandacht voor het Internet of Energy groeit snel. Ieder jaar polst de World Energy Council wereldwijd welke kwesties CEO's, beleidsmakers en experts het meest urgent, invloedrijk en onzeker vinden. De kwesties die hun 's nachts uit hun slaap houden. Vijf jaar geleden waren dat vooral technische, geopolitieke of economische zaken zoals subsidies, elektriciteitsprijzen, hernieuwbare bronnen en economische groei. Maar sindsdien zijn de prioriteiten veranderd. Onderwerpen rond digitalisering die nog niet voorkwamen in de lijstjes, zoals management van data, kunstmatige intelligentie, Internet of Things en platformen staan nu bovenaan.

1. https://iot-analytics.com/state-of-the-iot-update-q1-q2-2018-number-of-iot-devices-now-7b/
2. Stedin - "Power2Gas en elektriciteit omzetten in waterstof", 2014

The toe bone's connected to the foot bone...the foot bone's connected to the...leg bone, the leg bone's connected to the...knee bone, the knee bone's connected to the hip bone...

jaar geleden waren dat vooral technische, geopolitieke of economische zaken zoals subsidies, elektriciteitsprijzen, hernieuwbare bronnen en economische groei. Maar sindsdien zijn de prioriteiten veranderd. Onderwerpen rond digitalisering die nog niet voorkwamen in de lijstjes, zoals management van data, kunstmatige intelligentie, Internet of Things en platformen staan nu bovenaan.

Investeringsagenda

Het is dan ook niet verwonderlijk dat er wereldwijd in de digitale elektriciteitsinfrastructuur meer is geïnvesteerd dan in bijvoorbeeld gascentrales[3] en de afgelopen twee jaar hebben vele Nederlandse adviesraden zich hier over gebogen. Ieder groot energiebedrijf omarmt digitalisering en overal ontstaan (al dan niet in samenwerking met deze bedrijven) jonge startups die zich hierop richten. Zo zijn er nu circa 150 blockchain projecten in Europa waarvan 5 in Zuid-Holland[4], en bieden incubators zoals KiC en InnoEnergy (Europees) en de Zuid-Hollandse Buccaneer, Blocklab en Yes!Delft een continue aanwas aan nieuwe jonge bedrijven.

3. IEA, 2017, Digitalisation and Energy
4. Solar Plaza (2019), overview of Blockchain activity in the European Energy Sector

KANSEN VOOR ONDERNEMERS

Het Internet of Energy neemt een speciale plek in bij het realiseren van de energietransitie. Het vraagt om een ander perspectief op het energiesysteem. De potentie hangt samen met een aantal trends in het fysieke energiesysteem die niet ter discussie staan en ook nu al gezien worden. Het doel van het Internet of Energy is om zowel de huidige als te voorziene nieuwe inefficiënties in het energiesysteem te verminderen, op de manier die de meeste maatschappelijke waarde oplevert.
Digitalisering stuurt ontwikkelingen in alle sectoren. Van de landbouw tot de high tech sector en van de thermostaat thuis tot internationale goederenstromen.

Digitalisering als basisbehoefte

Digitalisering is inmiddels net zozeer een maatschappelijke basisbehoefte geworden. Een telefoon zonder verbinding of batterij levert voor de meeste mensen al meer stress op dan een kapotte koelkast. Onze levens zijn zo verweven met digitaal dat het een deel van onszelf is geworden, een tweede natuur. Op macroniveau leidt het wegvallen van IT, ook in de energievoorziening, eveneens tot grote ontwrichting.

Een opvallend verschil met de anderen basisbehoeften waar gestuurd wordt op efficiënt omgaan met energie, is dat beleid rond digitalisering eigenlijk altijd is gericht op exponentiële groei. Dit wordt een 'verborgen energiebeleid' genoemd, want groei in digitalisering heeft een stevige invloed op het energieverbruik. Voordat we (terecht) de nadruk leggen op de kansen van digitalisering voor de energietransitie, is het nuttig om dit effect eerst te verkennen. Digitalisering is namelijk alleen de 'good guy' als overheden, burgers en bedrijven daar stevig op gaan sturen. Hierbij maken we onderscheid tussen de primaire invloed van digitalisering: het eigen energieverbruik binnen datacenters en de secundaire invloed van digitalisering: het efficiënter energieverbruik van mobiliteit, industrie en andere sectoren.

Datacenters: een nieuwe industrie

Digitalisering zelf is ook een industrie geworden. 2% Van alle datacenters wereldwijd staat in Nederland[5]. Wij staat daarmee na Frankfurt tweede in de EU. Datacentra worden steeds energiezuiniger, maar dit wordt teniet gedaan door de explosieve groei van het datagebruik. Een recente studie laat zien dat bij het uitblijven van een transitie naar duurzame energie, de CO_2-emissies van IT door kunnen groeien tot 14% van het totaal in 2040[6]. Dat is de helft van de huidige CO_2-emissies van transport of industrie.

Deze industrie is niet alleen een grootverbruiker van elektriciteit, maar ook een actieve investeerder in de energietransitie. In 2014 sloot Google's datacenter in Eemshaven een contract met Eneco om de elektriciteit van een naburig nieuw windpark én het (destijds) grootste Nederlandse zonnepark af te nemen[7]. Met dit nieuwe type contract dat direct met de eigenaar van de windmolen wordt afgesloten, biedt Google zekerheid voor nieuwe investeringen in duurzame energie. De vrijkomende restwarmte biedt de sector gratis aan[8].

Industrie vestigt zich waar veel, goedkope en betrouwbare energie is. Dit gebeurde 70 jaar geleden in Rotterdam met de raffinaderijen en petrochemische industrie[9] en nu dus in Groningen met een digitale industrie en duurzame energie. De limiet van de stroomvoorziening in Amsterdam, Schiphol en Hoofddorp is bereikt waardoor hier geen nieuwe datacenters kunnen worden gebouwd. In provinciaal beleid is de plaatsing van nieuwe datacenters een aandachtspunt, waarbij Provincie Zuid-Holland het voortouw neemt met een nieuwe cluster voor datacenters.

Kansen in Edge Computing

Het fenomeen datacenters kan ook een kleinere rol krijgen richting 2050 wanneer we dit slim aanpakken. Het klakkeloos uit handen geven van data aan 'de cloud' is op haar retour, en wordt vervangen door persoonlijke data-pods waarbij organisaties en bedrijven tijdelijk toegang krijgen tot data, die altijd bij de bron blijft. Ook voor bedrijven en industrie wordt 'de cloud' voor toepassingen van artificiële intelligentie vervangen door razendsnelle lokale besluitvorming, binnen het bedrijfsgebouw of zelfs binnen de machine zelf. Dit fenomeen heet edge computing en het industriële IoT. Dit is de grootste groeibriljant van de verbonden industrie, en wordt door Accenture op een marktwaarde van 14 biljoen USD geschat de komende tien jaar[10]. Dit biedt o.a. nieuwe kansen in IIoT platformen voor bedrijven in het digitaal-savvy Nederland en Zuid-Holland.

Energiebesparing door digitalisering in andere sectoren

Digitalisering vermindert op een eenvoudige manier het energieverbruik in andere sectoren, zoals binnen huizen en bedrijfspanden. Het International Energy Agency verwacht dat slimmere aansturing van licht en verwarming in 2040 tot een besparing van 10% leidt[11] en ECN dat het equivalent van het energieverbruik van 500.000 huishoudens kan worden gewonnen door klimaatinstallaties voor bedrijfspanden beter in te regelen[12].

In de nieuwe 'smart industry' liggen kansen voor energiebesparing dankzij robotisering, 3D printen en onderling verbonden productieprocessen. Deze verbindingen reduceren transport doordat het lokale productie aantrekkelijker maakt, voorkomt verspilling van energie-intensieve grondstoffen en materialen en verlengt de levensduur van apparaten door predictive maintenance.

Ook een circulaire economie spint garen bij digitalisering[13]. Circulaire modellen vormen in de praktijk immers geen nette, overzichtelijke cirkels, maar een complexe wirwar van aan elkaar gekoppelde grondstof-, materiaal- en productstromen. Wie de informatie heeft over de samenstelling, locatie en kwaliteit hiervan creëert nieuwe business cases. Ook virtuele producten (van boeken tot vakanties), deelplatforms (zoals de Felyx scooters), en product-lease mogelijkheden betekenen dat minder 'kilo's' product nodig zijn. Zij vormen daarmee een belangrijk onderdeel van de circulaire economie[14], mogelijk gemaakt door het Internet of Things.
'Agro-informatics' wordt gezien als een belangrijke sleutel voor duurzame landbouw. Het vermindert verspilling en stimuleert precisielandbouw. Bovendien helpt het de druk op natuurlijke ecosystemen te verminderen door het stimuleren van duurzaam landgebruik[15]. Zowel in de landbouw als in de productie kan digitalisering leiden tot lagere internationale transactiekosten en daardoor een groei van internationale grondstoffen- en goederenstromen.

Digitalisering in transport heeft ook grote invloed op het energieverbruik van de vervoersbewegingen zelf, maar welke is sterk afhankelijk van beleid. Het kan leiden tot energiezuinig vlak achter elkaar rijden en autodelen, of juist autorijden zo goedkoop en comfortabel maken dat iedereen vaker en langer gaat rijden. Bijvoorbeeld doordat je lekker kan slapen terwijl je in je eigen auto met 200 km per uur naar je AirBnB in Zuid-Frankrijk rijdt. In het eerste geval daalt het energieverbruik met de helft, in het tweede geval verdubbelt het energieverbruik[16].

Van Volume naar Waarde

Het Internet of Energy vraagt een speciale kijk op het energiesysteem. De meeste visies en ontwerpen voor het energiesysteem gaan uit van het verplaatsen van volumes, terwijl de waarde die daarmee toegevoegd wordt veel belangrijker is[17]. Neem bijvoorbeeld de regionale doelstellingen om energieneutraal te worden in Goeree Overflakkee (2020), Hoeksche Waarde (2030), Holland Rijnland (2050), en de Drechtsteden (2050). Daarmee wordt bedoeld dat de hoeveelheid (het volume, in Petajoules) energie die wordt opgewekt en verbruikt even groot is in een jaar.

Maar de waarde van die energie (de prijs per kilowattuur) verschilt van seconde tot seconde, dag tot dag en maand tot maand, zeker bij elektriciteit. Wanneer de zon schijnt en het hard waait, maar er weinig

5. Castellazzi, Bertoldi (2017), Trends in data centre energy consumption under the European Code of Conduct for data centre energy efficiency,
6. Bij gelijkblijven van het achterliggende technologie en energiesysteem/ tov CO2 emissies 2016. Bron: Belkhir, Elmeligi (2017), Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations, Journal of Cleaner production
7. https://cleantechnica.com/2017/07/10/google-signs-second-ppa-eneco-new-dutch-data-centre/ , de windmolens produceren evenveel stroom als 55.000 huishoudens verbruiken. https://www.eneco.nl/zakelijk/samen-innoveren/cases/google/
8. Dutch Data Center Association (2018), Datacenters en Restwarmte
9. Techniek in Nederland in de 20e eeuw (1998), Hoofdstuk 8 Chemie
10. Accenture (2015), Winning with the industrial Internet of Things
11. Wanneer rebound effecten achterwege blijven en ten opzichte van een scenario waarbij de CO2 uitstoot zal blijven stijgen. Het eerste is leidt tot een overschatting van de baten van digitaal, het tweede tot een onderschatting. Uit: IEA, 2017, Digitalisation and Energy.
12. "ECN agendeert besparing energiemanagement in utiliteitsbouw", 13-06-2016
13. Slechts 0,25% van de artikelen over big data/IoT en circulaire economie legt deze cruciale link volgens Nobre, Tabares (2017), Scientific literature analysis on big data and internet of things applications on circular economy: a bibliometric study
14. Ellen MacArthur foundation (2015), delivering the circular economy, a toolkit for policy makers
15. Bilali et al (2018), Transition towards sustainability in agriculture andfood systems: Role of information andcommunication technologies
16. In een studie over de VS: Wadud, MacKenzie, Leiby (2015), Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles
17. Kamangir (2016), Van Volume naar Waarde

Volumeperspectief	Waardeperspectief
Fysieke energiesysteem (is er genoeg?)	Aansturing en markt van het energiesysteem (voor wie is het wat waard?)
Hoeveelheid energie (gemiddelden)	Gelijktijdigheid van energievraag en aanbod
Kosten	Prijzen
Capaciteit (vermogen)	Benuttingsgraad (draaiuren)
Energie	Exergie: maximaal energie benutten
Batterijen als kostenpost	Batterijen voor bijverdiensten in flexibiliteit

Afb. I1

vraag is, dalen de prijzen. Soms zo erg dat de prijzen negatief worden en producenten daadwerkelijk moeten betalen om hun energie kwijt te raken[18]. Op momenten dat zon en wind het laten afweten, is nog steeds energie nodig. Het is dan ook een veel grotere opgave om daadwerkelijk 24 uur per dag, zeven dagen per week en 365 dagen per jaar op hernieuwbare energie te draaien, dan per saldo (op jaarbasis) evenveel duurzaam te produceren als te gebruiken.

Het 'waardeperspectief' noopt ons dan ook om op een andere manier naar het energiesysteem te kijken. De gelijktijdigheid van vraag en aanbod wordt relevanter dan het totale jaarlijkse verbruik, de benuttingsgraad of de onbenutte capaciteit is interessanter dan de maximale capaciteit (zie tabel).

In de energiemarkt zijn er zorgen of partijen wel zullen blijven investeren in verduurzaming. Zolang componenten in het energiesysteem maar groot genoeg zijn is er technisch gezien géén probleem maar economisch wél. Wanneer windparken worden uitgezet bij weinig vraag en gascentrales maar enkele dagen per jaar nodig zijn daalt hun waarde. Zo worden windmolens in Duitsland regelmatig uitgezet, omdat de prijzen negatief zijn of er te weinig capaciteit is op het netwerk. In 2017 kostte dat stilzetten van windturbines in het noorden en de re-dispatch met fossiele centrales voor de industrie in het zuiden door gebrek aan transportcapaciteit in Duitsland Tennet 1 miljard euro[19]. De kosten hiervoor in Nederland zijn vooralsnog beperkt tot enkele tientallen miljoenen. Tennet pakt deze situatie onder meer aan door in te zetten op blockchain toepassingen in met autobatterijen die gezamenlijk 1,5 MW aan primair reservevermogen beschikbaar maken[20].

De energiehandelswereld met name rond elektriciteit zijn ook nu al hele verschillende werelden. Net zoals er grote verschillen zijn tussen de reële economie en die van de beurzen. Energieleveranciers kunnen meer verdienen door slimmer de marktprijzen te voorspellen dan door meer energie te verkopen. Toch worden de energiemarkt en het energiebeleid toch vaak gezien als een commoditymarkt. En commodities rekenen waarde in volume. Naarmate de energietransitie vordert, verandert deze markt naar een markt waar flexibiliteit en optimale benutting van capaciteit veel belangrijker worden. Daarmee maakt dus nogal uit of je redeneert in volume of in waarde. Allereerst gaat niemand, grote bedrijven, maar ook huishoudens, investeren als het onvoldoende oplevert. Ten tweede gaat de Provincie Zuid-Holland de doelstellingen van Parijs niet halen, als energie te duur wordt, of de energievoorziening, door het uitblijven van investeringen, niet meer zo betrouwbaar is als het energiesysteem waaraan we gewend zijn geraakt.

18. Negatieve prijzen zijn overigens relatief zeldzaam. Ze moeten eerder gezien worden als een symptoom dat de markt achterloopt op de veranderingen in energieverbruik en -aanbod als een structureel verschijnsel. Negatieve prijzen zijn een duidelijk signaal dat investeren in flexibiliteit loont. Zodra er genoeg flexibiliteit in de markt is, herstellen de prijzen zich. In Duitsland waren elektriciteitsprijzen in 2017 150 uur (2%) van het jaar negatief.
19. https://www.windpowermonthly.com/article/1485530/german-redispatch-costs-hit-record-high
20. Energeia - "Tennet Duitsland gaat €1 mrd aan kosten te lijf met autobatterijen", 14-03-2018

Het groeiend potentieel

Voor iedereen die benieuwd is waar en wanneer de grootste noodzaak ontstaat voor een Internet of Energy, hier een korte checklist.

.

> **Elektrificatie.** Data en elektriciteit reizen met grote snelheid en het aanbod en de vraag naar elektriciteit moet ieder moment in evenwicht zijn. Denk aan plekken met veel warmtepompen, grootschalige koeling, elektrische voertuigen, elektrochemie, etc. Vergeet slimme koelkasten en wasdrogers: hun verbruik en piekvraag is zo klein dat er vanuit energieperspectief geen noodzaak is voor digitalisering. In volledig elektrische scenario's is het Internet of Energy cruciaal.

> **Veel zon, wind en opslag.** Zon, wind en batterijen (al dan niet in voertuigen) worden snel betaalbaarder. Zon en wind leiden tot meer noodzaak voor sturing in vraag en aanbod van energie, batterijen bieden de mogelijkheid.

> **Decentralisering.** Hoe kleinschaliger en fijnmaziger de opwek, transport en opslag, hoe groter het potentieel om deze slim te coördineren, automatisch, op afstand en ongemerkt.

> **Capaciteitsproblemen op het elektriciteitsnetwerk.** De hoge kosten en traagheid om elektriciteitsnetwerken te verzwaren creëren natuurlijke plekken om via het Internet of Energy oplossingen te creëren. Denk aan bedrijventerreinen die snel groeien, plekken waar zon en wind niet aangesloten kunnen worden.

> **Koppelingen tussen energiedragers.** Waar warmte, elektriciteit en energiedragende moleculen in elkaar worden omgezet, ontstaat de mogelijkheid om meer of juist minder elektriciteit te produceren of af te nemen. Denk aan WKK's, de tuinbouw, chemische industrie.

Ieder van deze trends is nu al waarneembaar en worden gezien als onontkoombaar. De snelheid en mate waarin deze trends doorzetten bepaalt de scope en snelheid van het Internet of Energy.

Software will eat the inefficiency[21]

Het voornaamste doel van het Internet of Energy is om het energiesysteem flexibeler te maken en bestaande en nieuwe capaciteit optimaal te benutten. Regelmatig zijn er in de krant kritische geluiden te horen over de inefficiëntie van duurzame energie. Voornamelijk als het gaat om het gebrek aan flexibiliteit van zon en wind, de kosten voor het isoleren van huizen, de energiedichtheid van opslag en het grote ruimtebeslag van een duurzaam energiesysteem. Hoewel deze kritiek vaak hout snijdt, is ook het huidige energiesysteem niet efficiënt: nog steeds wordt onnodig veel energie verloren in de conversie en transport van energie.

21. https://about.bnef.com/blog/liebreich-beyond-three-thirds-road-deep-decarbonization/

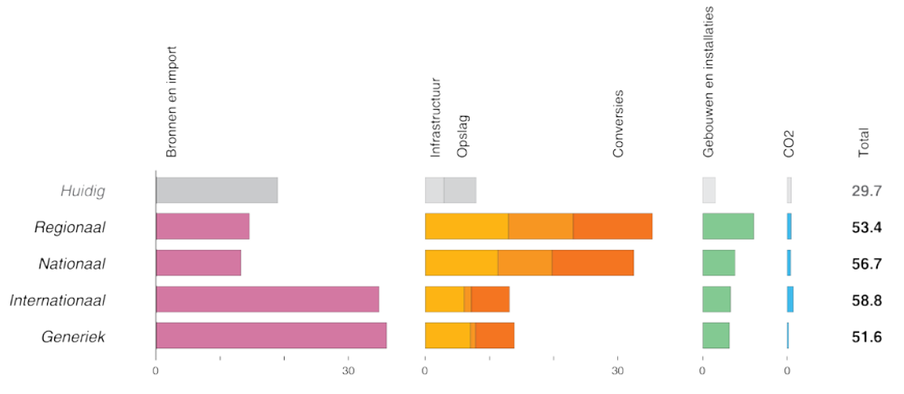
UITDAGINGEN

Het realiseren van een Internet of Energy is een samenhangende technische, economische, institutionele en ook maatschappelijke uitdaging.

Technologisch

Het Internet of Energy vereist voldoende data, verwerking hiervan door algoritmen om de data te interpreteren, besluiten te nemen en transacties plaats te laten vinden. Daarmee hangt de ontwikkeling van het Internet of Energy samen met de grote technische digitaliseringsontwikkelingen.

Data genereren is onlosmakelijk verbonden met het Internet of Things. Het plaatsen van sensoren die energieproductie en -verbruik communiceren, zoals smart meters, de resterende capaciteit en planning van batterijen en weersomstandigheden. Het interpreteren van de grote hoeveelheden samenhangende data zal in toenemende mate plaatsvinden door de kunstmatige intelligentie van zelflerende algoritmen. Blockchaintoepassingen kunnen administratiekosten verminderen. De snelle ontwikkeling die we nu zien van de drie centrale technieken: Internet of Things, kunstmatige intelligentie en blockchains is zeker niet beperkt tot het energiedomein. We kunnen er dan ook van uitgaan dat de stand der techniek niet de belemmerende factor zal vormen voor het Internet of Things. De data valt te verwerken. De vraag is wat we ermee kunnen doen. Het Internet of Energy is daarmee eerder een informatie uitdaging dan een technische uitdaging.
Het denken in architecturen. De belofte van het Internet of Energy is een geoptimaliseerd energiesysteem. Dit vergt een overkoepelende aanpak, over verschillende energiedragers, infrastructuren en punten van opslag en conversie heen. De huidige rekenmodellen voor de energietransitie bedekken echter slechts een deel van de puzzel. Uitkomsten zijn niet onderling uitwisselbaar en energiestromen in enorme sectoren zoals de Rotterdamse industrie blijven vooralsnog een grote blinde vlek. Via het ETS is weliswaar wel data beschikbaar over de CO_2-uitstoot. Data over de mogelijkheden tot afstemming tussen de verschillende industriële sites of de hoeveelheid restwarmte die daadwerkelijk geloosd wordt ontbreekt. Die samenhangende aanpak kan vorm krijgen in een framework ofwel architectuur. Niet om de modellen samen te brengen (nationale opgave) maar om binnen de Provincie Zuid-Holland in beeld te brengen wie wanneer welke investeringsmogelijkheden heeft die de opgave voor 2050 en tussendoelen voor 2030 binnen bereik brengen. Dit totaalbeeld is urgent nodig om de grote contouren helder te krijgen en infrastructurele keuzes te maken waarvan realisatie een decennium vergt. Internet of Energy kan daarin zowel voor de datavoorziening als in de real time-optimalisatie een rol vervullen.
Kamangir werkt aan de integratie van energiedata met de energie die over het net vloeit. Zo zullen de origine, route en andere eigenschappen van een eenheid energie altijd te traceren zijn. Op termijn zullen de fysieke energierealiteit en de datarealiteit steeds meer gelijklopen, en zelfs van dezelfde infrastructuren gebruikmaken. Bijvoorbeeld in de vorm van fotonica, waar een glasvezelkabel zowel energie als data transporteert. Belangrijk werk hierin wordt geleverd door de Photondelta onder leiding van hoogleraar Ton Bacx, verbonden aan de TUe in Eindhoven.



Afb. I2: In alle gevallen krijgt de combinatie van infra, opslag en conversies een groter aandeel in de kosten van het energiesysteem.
BRON: CEDelft (2017), Net voor de Toekomst

Economisch

Vooral wanneer regionaal en nationaal veel duurzame energie wordt opgewekt en veel meer toepassingen elektrisch worden, stijgen de kosten van infrastructuur, conversies (backup) en opslag sterk (zie figuur). Er is dan ook een grote economische winst te behalen door de vraag in de tijd aan te laten sluiten op de productie van zon en wind.

Elektronen vormen dan ook de drijver achter het Internet of Energy. Overigens met inbegrip van omzettingen tussen elektronen en andere dragers (power to gas, power to heat, etc.). Elders in het rapport worden IoE toepassingen rond warmte (p. 114) en productketens (p. 88) verder uitgewerkt.
De stroommarkt is een bijzondere markt. Iedereen gebruikt elektriciteit, op steeds meer plaatsen wordt het geproduceerd en tegelijkertijd heeft bijna niemand elektriciteit. Markten moeten productie en verbruik daarom op ieder moment op elkaar afstemmen. Daarvoor zijn er drie markten: de capaciteitsmarkt, de handelsmarkt en de onbalansmarkt. De energietransitie vormt voor ieder van deze markten een grote uitdaging, en vraagt om meer flexibiliteit op basis van een Internet of Energy.

De **capaciteitsmarkt** (de aansluiting op het net). Een studie voor Netbeheer Nederland laat zien dat in scenario's waarbij Nederland op lokaal of nationaal niveau bijna zelfvoorzienend wordt, de jaarlijkse kosten voor opslag en het net stijgen van 3 naar 23 miljard euro per jaar in 2050[22]. Om dit bedrag in perspectief te plaatsen: dit is méér dan de kosten voor de elektriciteitsproductie zelf, die in die scenario's op 14 miljard uitkomen. De investeringen in publieke netten worden collectief verdeeld over alle gebruikers van het net en betaald via vastrecht en het transporttarief. De aansluitkosten worden deels verhaald op de aanvrager. Zowel de investeringskosten als de gebruikskosten zijn gebaseerd op het piekvermogen. Ook als deze piek maar één keer per jaar voorkomt. Of op momenten waarop anderen geen piekcapaciteit nodig hebben en er dus nog ruimte is op de netwerken. Of, andersom, dat de piek weliswaar laag is, maar altijd gelijktijdig met anderen plaatsvindt en daarmee alsnog leidt tot overbelasting. Dit inflexibele beprijzingssysteem leidt tot onwenselijke situaties: huishoudens met elektrische voertuigen leiden tot netwerkkosten die door anderen betaald worden[23] en netbeheerders hebben (ook wettelijk) weinig ruimte om te sturen op alternatieven voor netverzwaring zoals opslag, conversie en vraagsturing , ook als die maatschappelijk leiden tot lagere kosten. De oplossing ligt in het instellen van meer gedifferentieerde tijds- en plaatsafhankelijke tarieven. Dat vraagt (op voorhand) inzicht in alle aansluitingen en de effecten op het net. De balans in beprijzing verschuift daarbij van maximale capaciteit naar flexibiliteit.

De **handelsmarkt**. Hier is de uitdaging om de elektriciteitsprijzen hoog genoeg te houden, zodat hernieuwbare energie en energie efficiëntie aantrekkelijk blijven. Elektriciteit wordt verhandeld op basis van marginale kosten (het merit order model). Door de lage marginale kosten van zon en wind (die willen in principe voor elke prijs energie leveren wanneer het waait of de zon schijnt) drukken zij de gemiddelde elektriciteitskosten. In modellen voor Duitsland dalen de stroomprijzen hierdoor met 14-16 euro/MWh[24]. Goed nieuws voor consumenten. Kleinverbruikers (huishoudens, kleinere bedrijven) handelen veelal nog niet zelf op de energiemarkt. Een energieleverancier of een aggregator doet dit namens hen en de marges komen niet direct ten goede van deze gebruikers, ook wanneer zij wel steeds meer de productie en flexibiliteitsmiddelen inbrengen. Een ultieme consequentie zou kunnen zijn dat een hoge penetratie van bronnen met lage marginale kosten leidt tot een systeem waarbij energieproductie en gebruik bijna gratis zijn, en de maatschappelijke netwerkkosten niet door iedereen worden gedragen. Vooral niet door diegenen die zelf hebben geïnvesteerd in deze "gratis" duurzame opwek. Hoewel dit vergezocht lijkt, kan hier de parallel getrokken worden met internet en telefonie waarbij het verdienmodel verschuift van bits, berichten en minuten (kWh) naar bandbreedte (capaciteit). Ligt een 'all you can eat'-bundel voor energie in het verschiet?

Tot slot is er de **onbalansmarkt** wanneer (bijna *real time*) de voorspelde vraag en aanbod niet gelijk is aan de werkelijke vraag en aanbod. Dit kan door vraag (door vraagsturing of opslag) naar voren of

22. CE Delft (2017), Net voor de toekomst, een vooruitblik op de energievoorziening in 2050, iov Netbeheer Nederland
23. Ecofys (2015), systeemkosten van warmte voor woningen
24. Johanna Cludius, Hauke Hermann, Felix Chr. Matthes and Verena Graichen (2014), The merit order effect of wind and photovoltaic electricity generation in Germany 2008–2016: Estimation and distributional implications, Energy Economics, 2014, vol. 44, issue C, 302-313

naar achteren in de tijd te verschuiven, door meer koppelingen te creëren tussen warmte, moleculen, CO_2 en elektriciteit of door snel regelbare, flexibele productie zoals gascentrales en Scandinavische waterkracht. Hoewel de balans bijna instantaan wordt geregeld, is de administratie hiervan zeer traag. De uiteindelijke verrekening kan wel twee jaar op zich laten wachten door gebrek aan real time informatie en doordat alle aanbieders, gebruiken, netbeheerders en enkele andere instanties hun eigen energieboekhouding bijhouden die in de praktijk nooit helemaal overeenkomen. De handelsmarkt en onbalansmarkt zijn gescheiden vanwege de moeilijkheid om energievraag en aanbod te voorspellen. Met het Internet of Things (voor realtime data), artificiële intelligentie (voor voorspellingen) en blockchain of andere *distributed ledgers* (voor een gedeelde en integere databron en betrouwbare afrekening) zou het mogelijk moeten zijn om betere voorspellingen te maken en bijna real time te handelen en de onbalansmarkt beperkt te houden.

Met de groei van zon, wind en batterijen ontstaat een groeiende markt voor flexibiliteit. Maar ook stellen we vast dat de *acceptatie* (Not in my Back Yard) en participatie door de gebruiker essentieel is. Daarmee komen we op de volgende uitdaging: de maatschappelijke.

Maatschappelijk

De maatschappelijke aspecten hangen zowel samen met de energietransitie (met name inclusiviteit en solidariteit) als de digitaliseringsagenda (bijvoorbeeld cybersecurity en machtconcentratie). Ondanks de liberalisering van de elektriciteitsmarkt is solidariteit een hoeksteen onder het huidige energiesysteem. Zo zijn infrastructuurkosten gecollectiviseerd en tarieven niet plaatsgebonden. Ook nu zien we al dat de opkomst van patches deze principes aantast. Zo verschillen de prijzen die lokale warmtenetwerken hanteren, terwijl de gasprijzen voor iedere afnemer gelijk zijn, ongeacht zijn locatie. De WRR signaleert *"dat zich ook in de elektriciteitsvoorziening steeds meer ongelijkheid aftekent, aangezien grond- en woningeigenaren mogelijkheden hebben om hun bezit te exploiteren die huurders niet hebben. Als we daarbij in aanmerking nemen dat het niet de armste burgers zijn die beschikken over de financiële middelen om zonnepanelen te laten installeren, en dat daarvoor ook de nodige kennis en 'doenvermogen' vereist zijn, dan tekent zich ook hier een mogelijk toekomstscenario af waarin de ongelijkheid tussen burgers in de betaalbaarheid van een essentiële basisvoorziening toeneemt[25]."*
Het Internet of Energy biedt hier niet hét antwoord, maar stelt wel in staat om in verschillende patches te experimenteren met mogelijke oplossingen. Bijvoorbeeld door bewoners die een groot beroep doen op het net vanwege elektrische auto's en zonnecellen, maar zelf niet investeren in flexibiliteit, veel preciezer te laten betalen voor hun aansluiting; door heel gericht de armste huishoudens te subsidiëren; energieoplossingen op andermans dak of grond mogelijk te maken; of door capaciteit te delen dan wel goedkoper aan te bieden aan bewoners of bedrijven in de buurt.

In 2050 is de digitale weerbaarheid in van het digitale energiesysteem enorm: iedere uitval van een node wordt opgevangen door een andere node en brengt een ketting aan reacties teweeg die de gebruikers van energie volledig ontgaat. Hiervoor waren in de vroege dagen wél afspraken nodig over aansprakelijkstelling, standaard veilige ontwerpen en het veiliger uitvoeren van software-updates[26]. Deze weerbaarheid is een geopolitiek thema dat vanuit Den Haag Europees op de agenda is gezet.

Aggregators hebben stevige schaalvoordelen (ze kunnen immers snel schalen qua datapositie zonder zelf te investeren in fysieke assets). Dat is nu nog geen issue, maar in de toekomst wel. Ook is de inrichting van de markt een serieus issue dat nu aandacht behoeft, en dat brengt ons op het institutionele vraagstuk.

Institutioneel

De energiemarkt is sterk gereguleerd. Hoewel we iedereen met een rijbewijs met 130 kilometer per uur, in een voertuig van 1.500 kg en met kinderen op de achterbank de weg op durven sturen, mogen we geen stroom aan de buurman leveren. Op het Internet of Energy zullen veel meer mensen bijdragen aan productie, flexibiliteit en balancering en ontstaan nieuwe rollen. Deze nieuwe rollen vragen om vernieuwing van beleid, ook binnen provincie en steden.

- De prosument, flexumer, de kleingebruiker. Wij gaan allen van een passieve rol naar een actieve rol waarbij we actief deelnemen en bijdragen aan onze energie-economie. De pure "energieconsument" zal langzamerhand Verdwijnen, mits we daar via bidirectionele infrastructuur voor stroom, warmte en gassen en de juiste regels de mogelijkheid toe bieden. Immers: iedere gebruiker heeft wel iets toe te voegen aan het systeem: elektriciteit, restwarmte, moleculen, data, of een bijdrage aan de algehele balans op het energiesysteem door de netbeheerder toe te staan diens apparaten af- of aan te schakelen.
- Nieuwe bedrijven en coöperaties spelen hierop in als aggregator of lokale energieleverancier en bundelen lokale energieproductie, energiegebruik en flexibiliteit om hiermee te handelen op de energiemarkten.
- De beheerder van het Smart Multi Commodity Grid. Willen we dat alle netten regionaal gebundeld en in publieke handen zijn (zoals nu bij het elektriciteit en gasnet) of zijn er meerdere eigendomsstructuren mogelijk die goed samenwerken over de verschillende energiedragers heen?

Data governance is een relatief nieuw onderwerp dat voor opschudding gaat zorgen. Onze persoonlijke energiedata zoals uit de slimme meter wordt momenteel goed beschermd via de AVG[27], maar deze data is veelal niet beschikbaar voor slimme energieoplossingen, noch in handen van ons als gebruiker. Tegelijkertijd is data uit thermostaten en omvormers in de praktijk nog vogelvrij en leggen diverse startups in de hoop op waardeopbouw grote databases en hubs aan met alle risico's van dien. Dit soort initiatieven kunnen plots omvallen; waarbij zorgen ontstaan over waar ieders data terecht komt. Dit soort diensten die gratis worden aangeboden omdat aan de achterkant met de data geld wordt verdiend liggen onder vuur. In de toekomst liggen partijen die om data vragen onder een vergrootglas en zorgen overheden dat data toegankelijk gemaakt kan worden om lock-in te voorkomen. Zoals met PSD2[28] in de financiële sector, waarbij banken op verzoek van de klant toegang moeten verlenen aan derde partijen die bijvoorbeeld rekeninginformatie willen inzien om een huishoudboekje bij te houden. Op industrieel vlak speelt eenzelfde ontwikkeling, waarbij data tussen sectoren kan worden gedeeld. Het 'Industrial Data Spaces' initiatief van Fraunhofer speelt hier op in[29]. Ook de Nederlandse overheid publiceerde een kabinetsvisie op datadelen[30] evenals de ACM specifiek voor energiedata[31]. De belangen zijn groot: het delen van data wordt eenzelfde transactie-infrastructuur als de financiële sector al kent met betaalmechanismen als creditcards en iDeal. De enige reden dat Nederland niet in de wurggreep van creditcard-maatschappijen zit, is dat vroeg is ingezet op een eigen betaalsysteem in gezamenlijkheid van de banken: iDeal. Die inzet ligt er nu voor data in de energiesector, en de industrie in de provincie Zuid-Holland kan de eerste sector zijn die samen met het havenbedrijf Rotterdam het vertrouwd delen van data een wereldsucces maakt.

25. WRR (2018), Sturen op de sociale waarde van infrastructuur
26. RLI - "Stroomvoorziening onder digitale spanning", 02-2018
27. Autoriteit Persoonsgegevens - Algemene informatie AVG. https://autoriteitpersoonsgegevens.nl/nl/onderwerpen/avg-europese-privacywetgeving/algemene-informatie-avg
28. Telecompaper - "PSD2 zet de bankensector in beweging". https://www.telecompaper.com/nieuws/psd2-zet-de-bankensector-in-beweging--1200383
29. Fraunhofer - White paper Industrial Data Spaces. https://www.fraunhofer.de/content/dam/zv/en/fields-of-research/industrial-data-space/whitepaper-industrial-data-space-eng.pdf
30. Ministerie van Economische Zaken - "De Nederlandse visie op datadeling tussen bedrijven ", 02-2019
31. ACM Visiedocument datagovernance energie, 21-03-2019

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Ontwikkelingen in Internet of Energy gaan snel en verlopen grotendeels zonder regie, net als In de eerste jaren van het internet. Tegelijkertijd ontstaat een groeiende afhankelijkheid van de miljoenen online energie-apparaten en assets om onze toekomstige hernieuwbare en decentrale energievoorziening betaalbaar, robuust en eerlijk te houden. Om de best mogelijke toekomst van een geïntegreerd energiesysteem te borgen is gerichte actie nodig om te komen tot afspraken, inzicht en slimme investeringen.

De grootste uitdagingen ligt niet bij de IT maar bij het verkrijgen van data. En bij het anders organiseren van de energiemarkten zodat (1) conversies, flexibiliteit en efficiëntie beter lonen en (2) meer partijen open toegang hebben tot de infrastructuur en markten. Het organiseren hiervan hangt nauw samen met allerlei maatschappelijke vragen. Bijvoorbeeld rond het eigendom van energiedata, de verdeling van lusten en lasten en de balans tussen solidariteit en prijsprikkels. De sleutel voor een snelle ontwikkeling van het IoE ligt dan ook in het op verantwoorde wijze beschikbaar maken van data, ontwikkelen van nieuwe, eerlijke en inclusieve marktregels en het aantrekken en koppelen van startups, corporates en internationale IoE initiatieven. Belangrijke toepassingen daarbij zijn de industrie (vanwege het volume), de tuinbouw (actieve rol), elektrisch vervoer (grootste uitdaging in de stad) en de koppeling met warmte en moleculen (unieke positie).

Relatie met patchwork en mainframe

Het Internet of Energy is in ieder van de Patchwork en Mainframe perspectieven aanwezig. De Provincie Zuid-Holland ziet er in 2050 heel anders uit, waarin industrie en glastuinbouw nog steeds een grote rol spelen maar meer in symbiose met de omgeving. Deze diepgaande integratie wordt aangegaan in een nieuwe fysieke energie-infrastructuur én in een virtuele infrastructuur die tot diep in industriële bedrijfsvoering en in onze gebouwde omgeving is geïntegreerd.
In de transitie naar een Smart Multi Commodity Grid houden we het best het heft in eigen hand door in te zetten op kernthema's. Zoals:

1. Symbiose tussen industrie en de nieuwe energie-infrastructuur

We kunnen de industriële infrastructuur in Zuid-Holland vernieuwen, deze meer klimaatvriendelijk maken en mede door digitalisering zorgen voor symbiose. Havenbedrijf, industrie en netwerkbeheerders zetten daarmee een nieuwe standaard voor industriële energietransitie in de wereldwijde industrie en creëren daarmee internationale kansen voor onze bedrijven. We plannen de grote investeringen in nieuw aan te leggen infrastructuur in gezamenlijkheid met de verduurzaming van industriële processen. De data-gedreven aanpak voor het Deltagrid speelt hierin een sleutelrol.

2. Architectuur-benadering voor een inclusief en warm energiesysteem

De Provincie Zuid-Holland is uiteindelijk één grote systeemarchitectuur, waarbij over verschillende energiedragers en infrastructuren heen de nieuwe klimaatwerkelijkheid wordt ontworpen. Die architectuur-benadering is de kern, bijeengebracht door modellen, informatie en inspiratie.

Voor Provincie Zuid-Holland is de warmte-infrastructuur een kernthema door de aanwezigheid van grote industrie en de nog grotendeels onbenutte stromen van restwarmte en geothermie. Werk een plan uit waarbij stapsgewijs kan worden geïnvesteerd in delen van de nieuw aan te leggen warmte infrastructuur, met oog voor ruimtelijke ordening en lokale bedrijvigheid. Naast het gebruiken van restwarmte van de industrie gaat ook het Westland over op diepe geothermie; een nieuw thema dat kansen biedt voor ondernemers.

3. Creëer een data-infrastructuur voor economische groei en klimaateffect

Er liggen veel kansen in het delen van data tussen partijen binnen de energiesector en tussen sectoren onderling. Door in te zetten op een nieuwe data-infrastructuur voor de provincie, overkoepelend over alle sectoren, ontstaat een levensader die naast economische groei zichzelf dubbel en dwars terugbetaalt in positieve klimaateffecten. Sluit bijvoorbeeld aan bij overheids-datadeel initiatieven en initiatieven zoals Industrial Data Spaces. Mobiliseer partijen in het Rotterdamse industriegebied en de Rotterdamse haven om een koplopersrol in te nemen in een afsprakenstelsel datadelen.

4. Organiserend vermogen bedrijvigheid Internet of Energy

Faciliteer een innovatiehub voor Internet of Energy met daarin lokale parels en corporates. Ontwikkel een roadmap voor kennisontwikkeling en toepassingen van Internet of Energy in respectievelijk de gebouwde omgeving, mobiliteit, glastuinbouw, industrie en de energie-infrastructuur. Mobiliseer Internet of Energy voor een klimaattransitie van en door ons allen.

Een Internet of Energy hub biedt de mogelijkheid om kennis en kunde die anders versnipperd wordt opgebouwd centraal beschikbaar te maken. Ook kan snelheid worden gemaakt met het samenstellen van de nodige publiek-private consortia vanuit deelnemers in de hub. Zorg dat contacten tussen deze partijen worden geborgd door een centrum van vertrouwen, onafhankelijkheid, continuïteit, en gevoed door visionair en pragmatisch ondernemerschap.

2. PATCHWORK

POSITIONERING
DE PATCHES
RUIMTE
CASES
- Energierijk Den Haag
- Energielandschap Spookverlaat
- Nieuw-Reijerwaard

IMPLICATIES en CONCLUSIES

Afb. P1 - Historische windtorens in Hyderabad, Pakistan. Ieder gebouw had een eigen toren om de woning te koelen. Klimaatbeheersing op woningniveau werd daarmee een identiteitsbepalende factor in de stad.

Patchwork 2050

In 2050 is het landschap van Zuid-Holland totaal veranderd, waarbij overal op kleine schaal energie wordt opgewekt.

Iedere wijk heeft een eigen karakter doordat energieopwekking bepaald wordt door de specifieke potenties die de wijk in zich heeft, en overal staan hubs waar bewoners energie kunnen leveren of afnemen. In het buitengebied ontstaat welvaart door de handel in biomassa en waterstof. Ook is er de terugkeer van de suburbane campussen van bedrijven die in binnensteden te weinig energie konden opwekken om zichzelf draaiende te houden. Op zee zijn zeewierboerderijen zichtbaar in de luwtes en rondom oude booreilanden.

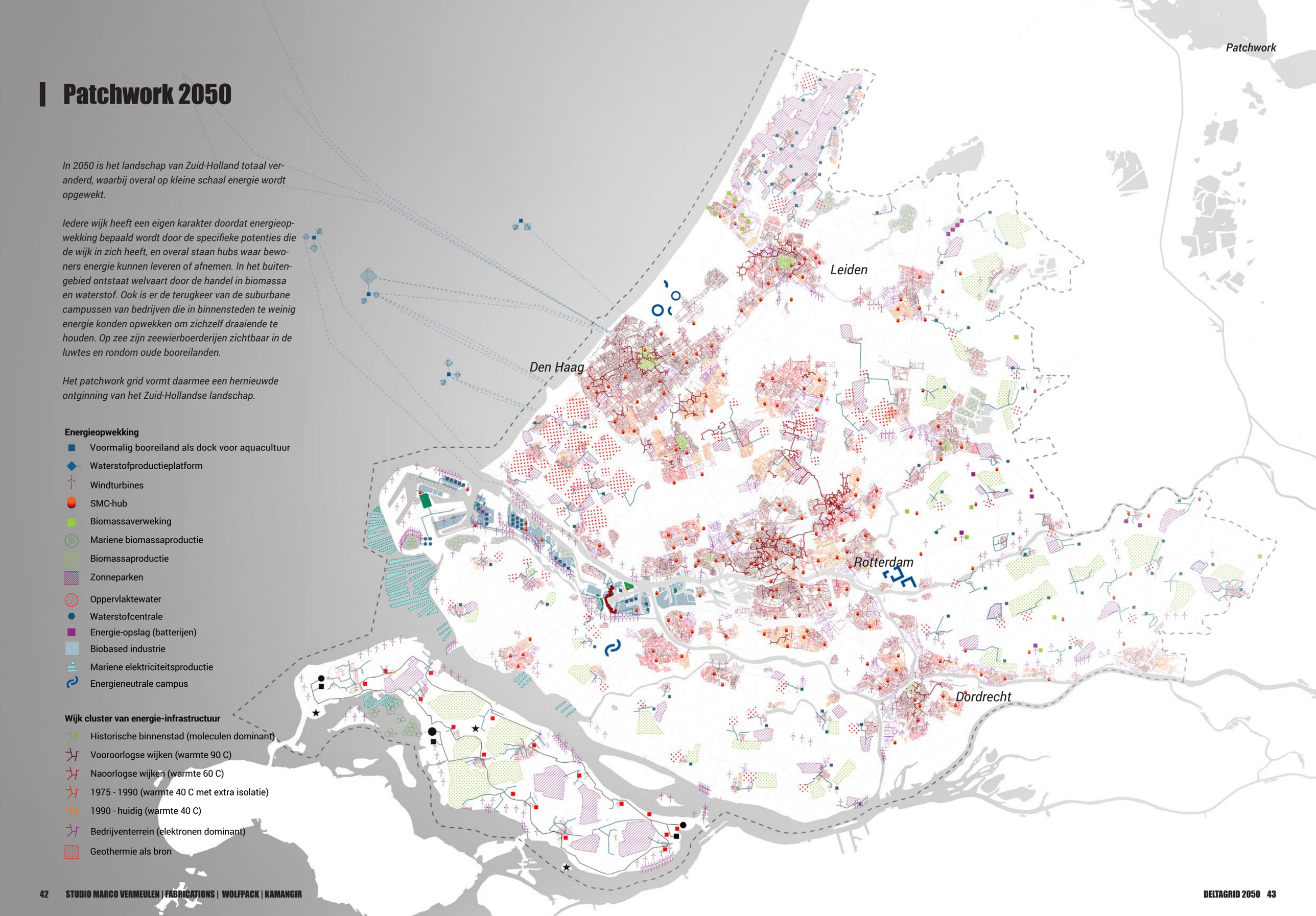
Het patchwork grid vormt daarmee een hernieuwde ontginning van het Zuid-Hollandse landschap.

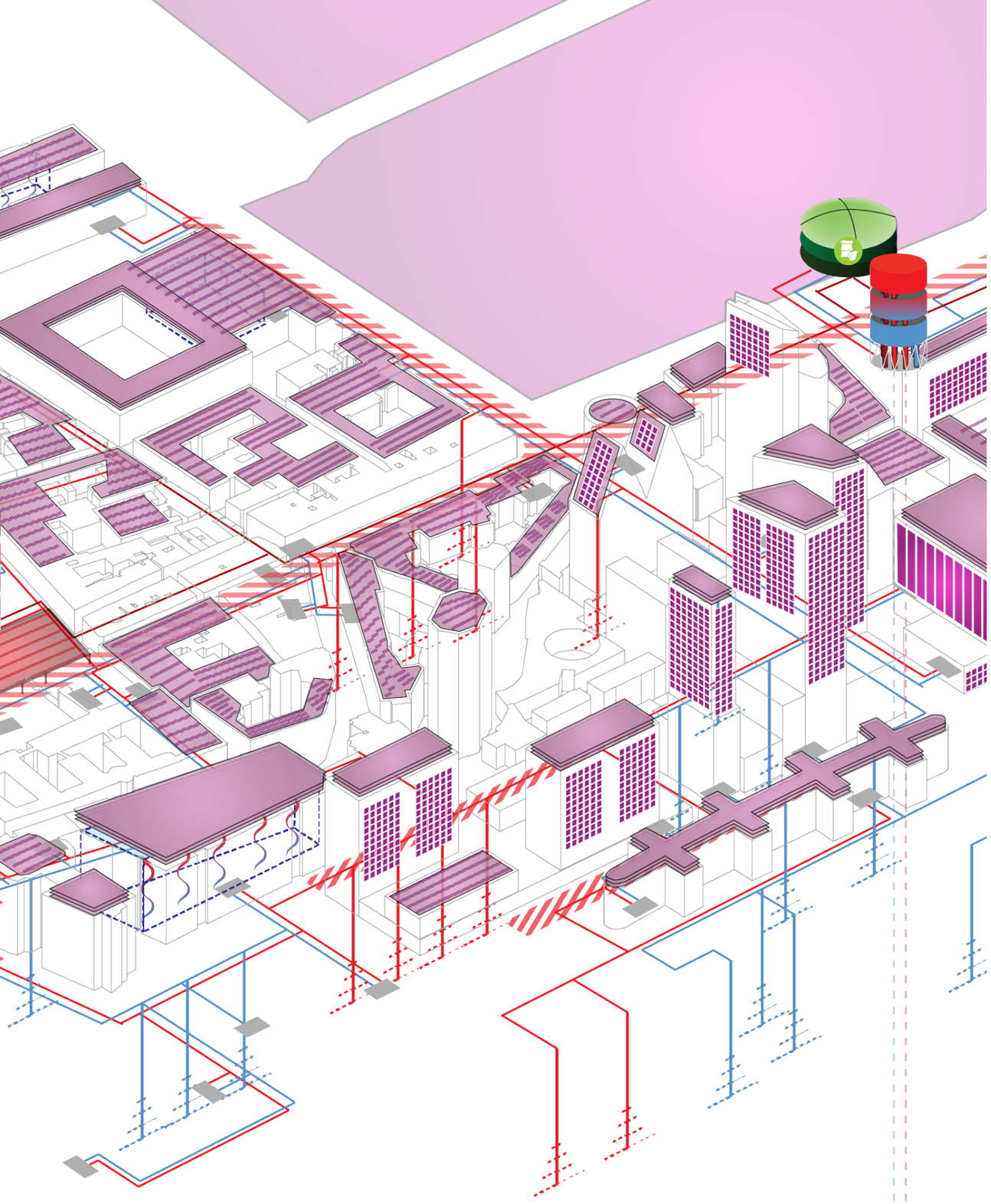
Energieopwekking

- Voormalig booreiland als dock voor aquacultuur
- Waterstofproductieplatform
- Windturbines
- SMC-hub
- Biomassaverweking
- Mariene biomassaproductie
- Biomassaproductie
- Zonneparken
- Oppervlaktewater
- Waterstofcentrale
- Energie-opslag (batterijen)
- Biobased industrie
- Mariene elektriciteitsproductie
- Energieneutrale campus

Wijk cluster van energie-infrastructuur

- Historische binnenstad (moleculen dominant)
- Vooroorlogse wijken (warmte 90 C)
- Naoorlogse wijken (warmte 60 C)
- 1975 - 1990 (warmte 40 C met extra isolatie)
- 1990 - huidig (warmte 40 C)
- Bedrijventerrein (elektronen dominant)
- Geothermie als bron



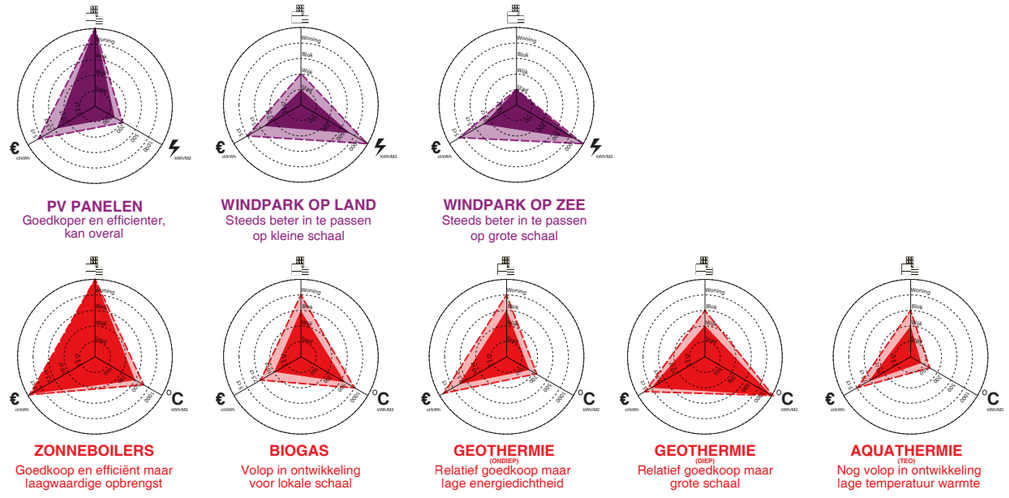


Afb. P2
In het Patchwork wordt het beeld van de stad bepaald door opwekking op daken en gevels, en uitwisseling in de openbare ruimte. Hoe hoger het energiegebruik is, hoe zichtbaarder het energiesysteem zal zijn. Hier een voorbeeld van Energierijk Den Haag met gevelsystemen voor zonne-energie en een aaneengesloten WKO net.

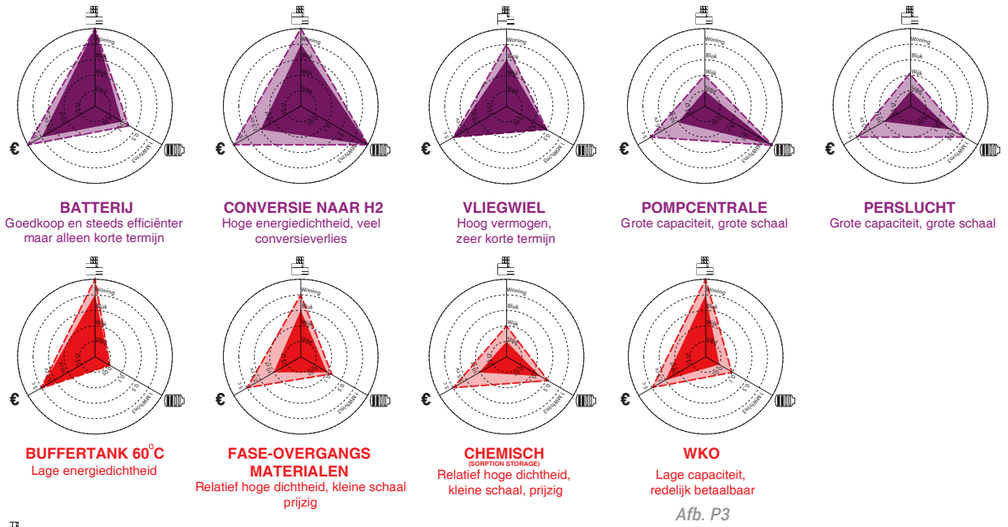
POSITIONERING

Hoe gaat het Patchwork ontstaan?
Zuid-Holland in 2030. De eerste afspraken van het klimaatakkoord zijn grotendeels uitgevoerd vanuit de Regionale Energie Strategieën en op rijksniveau. Een steeds groter deel van de elektriciteit die de Zuid-Hollandse industrie gebruikt wordt opgewekt op zee. Mobiliteit is snel aan het elektrificeren, en een deel van het weg- en waterverkeer beweegt op waterstof.
De technologie heeft niet stilgestaan. Digitale handel in energie is normaal geworden, en toepassingen voor de opwekking en opslag van energie hebben een vlucht genomen. Daarnaast is energieopwekking op kleinere schaal steeds rendabeler geworden. Zowel zonne-energie als andere opwekkingsvormen, zoals windturbines en biovergisting, worden op een steeds kleiner en lokaler schaalniveau rendabel, en schaalvoordeel wordt minder omdat transport, conversie en opslag een steeds grotere kostenpost worden bij grootschalige opwekkingsvormen. Hierdoor wordt het voor particulieren en kleine bedrijven aantrekkelijk om zelf een energie-leverancier op minischaal te worden.
Tegelijkertijd is er maatschappelijk veel veranderd. De overheid wil de energietransitie zoveel mogelijk aan de bewoners en ondernemers van Nederland overlaten. Dit wordt gedaan door verduurzaming te stimuleren middels CO2 heffingen. Hierdoor worden bewoners gestimuleerd zoveel mogelijk autonoom te zijn als het gaat om energieopwekking en –gebruik.
Net als in andere sectoren verleggen energiebedrijven hun focus in twee richtingen: de nationale markt met centrale opwekking wordt minder interessant, en handel in commodities op wereldmarktniveau groeit; waarbij nog maar weinig raakvlak is met de lokale energiemarkt. Daarnaast vindt er specialisering plaats naar een lokale servicemarkt, waarin bewoners ondersteund worden in het bouwen van kleinschalige energienetwerken. Grootschalige infrastructuren die we nu kennen worden deels overbodig, er is in geen vraag meer naar energiecentrales, afvalverbrandingsovens of rioolwaterzuiveringsinstallaties.
Door al deze ontwikkelingen groeit het duurzame energiesysteem van 2030 tot 2050 richting een Patchwork van verschillende kleinschalige, locatiespecifieke en vraaggestuurde energiesystemen met hun eigen opwekking, opslag en transport. Uitwisseling ‘met de buren’ vindt op grote schaal plaats, waardoor er een sterk onderling verbonden en gedigitaliseerd netwerk ontstaat, terwijl het landelijke netwerk van hoogspanningsleidingen en buisleidingen sinds 2020 amper is gegroeid. Het gros van de hernieuwbare energieopwekking wordt immers lokaal gebruikt.
Bovenstaand narratief vormt de gedachtegang achter het ontstaan van het ‘Patchwork’ perspectief. Verkend wordt op wat voor manier het Zuid-Hollandse energiesysteem zich gaat ontwikkelen als in eerste instantie de prioriteit ligt bij lokale opwekking, opslag en gebruik, en er daarna pas ‘buiten de deur’ gekeken wordt. Aan de hand van een serie cases (vanaf p. 58) wordt beschreven hoe dit Patchwork kan ontstaan, wat de impact is (ruimtelijk, economisch, sociaal) en in hoeverre energiesystemen hun eigen broek op kunnen houden op lokaal schaalniveau.

OPWEKKING



OPSLAG



Afb. P3
Overzicht van hernieuwbare energie opwekkings- en opslagtoepassingen met hun toepassinggschaal, kosten en energie-intensiteit. De meeste toepassingen zijn op woning- of blokniveau al rendabel.

BRONNEN:
- Prijs van PV + Wind op Land: http://www.nvde.nl/wp-content/uploads/2018/06/Kostendaling-DE3.jpg
- Biomassa: https://www.fluxenergie.nl/kosten-duurzame-energie-dalen-steeds-ve/?gdpr=accept
- Zonneboilers: https://www.hrsolar.nl/zonneboilers/complete-sets/hrs400d100/
- Biogas, geothermie: CE Delft projectsheets Hart van Holland Energieneutraal
- PCM en Sorbtion sorage: https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2017/06/2_Wim-van-Helden.pdf

Alles wijst richting Patchwork

Als gekeken wordt naar technische, maatschappelijke, economische en bestuurlijke ontwikkelingen in relatie tot de energietransitie is een bepaalde vorm van een Patchwork nu al aan het ontstaan. De omgevingswet en omgevingsvisie laten bijvoorbeeld veel ruimte voor lokale, multifunctionele oplossingen. Zeker in de gebouwde omgeving en in het buitengebied gaat het energiesysteem steeds meer richting maximale zelfstandigheid, en op termijn zal ook het netwerk zich hiernaar vormen. Hoe komt het dat deze ontwikkeling zich zal doorzetten?

> Alles is een patch

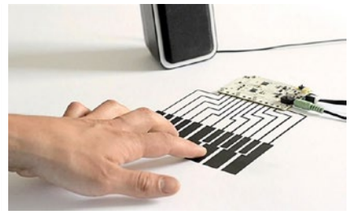
Feitelijk bestaat het huidige energienetwerk al uit patches op een groot aantal schaalniveau's. Er is sprake van een ingebedde hiërarchie – een systeem waarin iedere schaal ingebed is in zowel het hogere als het lagere niveau. In dit systeem passen de kleinste patches die energie-onafhankelijk kunnen opereren in je hand: een rekenmachine met pv collector bijvoorbeeld – en de grootste 'patch' die invloed op ons energiesysteem heeft is in feite het zonnestelsel.
In het rapport SMCG: de energie-infrastructuur van Zuid-Holland in Kaart[1] werden vijf 'realms' beschreven (Gebouwde omgeving, Haven-Industrieel complex, Mobiliteit, Glastuinbouw en Buitengebied), die in feite ook onderling verbonden patches zijn, en zo een patch op provinciaal niveau vormen. De focus van dit Patchwork-perspectief ligt op het wijkniveau, waarin collectieven in individuen zichzelf kunnen organiseren.

> Integratie van hernieuwbare opwekking en energietransport

Toepassingen die voortkomen uit menselijk handelen raken door de eeuwen heen steeds meer geïntegreerd in het menselijke milieu, tot zij op een gegeven moment onderdeel zijn van de menselijke natuur[2]. Denk bijvoorbeeld aan koken en landbouw. Waar fossiele infrastructuur momenteel vitaal is, bevindt hernieuwbare opwekking zich nog in een acceptatiefase. Het hernieuwbare energiesysteem wordt echter steeds meer geïntegreerd en de impact zal op termijn kleiner worden. Doordat opwekkingstechnieken steeds meer op kleine schaal rendabel zijn, en het transport van energie een steeds groter deel van de kosten van het energiesysteem gaat vertegenwoordigen, wordt het aantrekkelijk energie overal op te wekken en het ook ter plekke te gebruiken, om te zetten of op te slaan. Bovendien wordt de ruimtelijke impact kleiner, bijvoorbeeld door de integratie van zonnecellen in gevels; inkt die elektriciteit kan transporteren, draadloze applicaties of geluidsstille windturbines.

Op afbeelding P3 is te zien wat momenteel de minimale toepassingsschaal is voor de meest gebruikte opwekkings- en opslagvormen, en of er nog rek zit in de technische- en prijsontwikkeling (efficiënter of goedkoper). Uitdagingen zitten vooral nog in de opslag van elektronen op langere termijn, waar er nog weinig alternatieven zijn voor batterijen. Ook is zichtbaar dat veel technieken steeds rendabeler worden, waardoor ze op kleinere schaal toegepast kunnen worden.

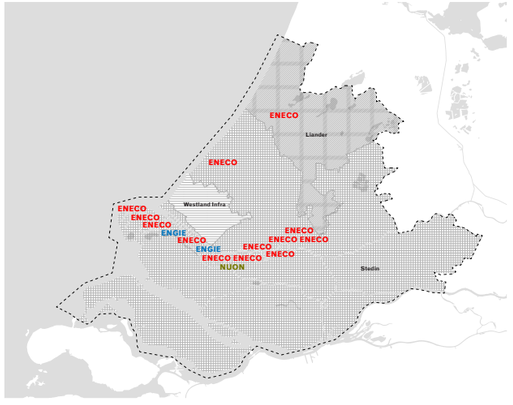
Afb. P4
Windvogel - elektriciteitsopwekking als kunst



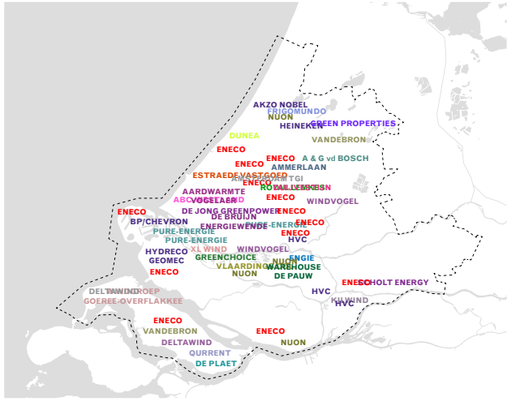
Afb. P5
Inkt die elektriciteit geleidt maakt energietransport overal eenvoudig

Afb. P6
Naadloze integratie van PV in een gevel

1. FABRICations, Kamangir, 2018. SMCG, de Zuid-Hollandse Energie-Infrastructuur in Kaart. Energy Innovation Board.
2. Van Mensvoort et. al; Next Nature. Actar, 2014



Afb. P7
Fossiele opwekking en netbeheer is in handen van enkele partijen...



...terwijl er een rijk ecosysteem aan ondernemingen is die hernieuwbare energie opwekt

> Gemaakt voor kleine spelers

Door de kleinschalige opwekkingsmogelijkheden zoals hierboven beschreven is het relatief eenvoudig om als inwoner van Zuid-Holland energie-mkb-er te worden. Ook spelen elektronen een veel grotere rol in een hernieuwbaar energiesysteem, omdat elektronen makkelijker dan moleculen en warmte te verhandelen is op kleine schaal. Door deze handel nemen mogelijkheden voor rendabele lokale opwekking en gebruik toe. Dit is nu al zichtbaar: zeer veel partijen mengen zich op de markt voor hernieuwbare energie[3]. Niet alleen specialisten, ook bijvoorbeeld veel agrarische ondernemers en vele wijkcoöperaties besluiten zelf als energie zzp-er aan de slag te gaan. Er ontstaat daardoor een breed ecosysteem aan ondernemingen en toepassingen. Op de middellange termijn zou dat ook voor warmte en duurzame moleculen kunnen gaan gelden. thuis je warmte of waterstof opwekken en aan het bidirectionele net leveren op het moment dat de vraag én prijs hoog is.

> Herverdeling van de energiemacht

Op dit moment is een handvol energiereuzen dominant in de energieketen, en veel partijen hebben de hele keten van opwekking, transport, opslag en verkoop in eigen handen. In Zuid-Holland zijn momenteel vijf netbeheerders actief (Alliander, Stedin, Westland infra voor lokale netten, Tennet voor het transmissienet en GasUnie voor het hoofdgasnet) en beheren slechts een handvol bedrijven alle opwekkings- en opslaginfrastructuur in Zuid-Holland. Nu al is zichtbaar dat er veel meer mogelijkheden zijn om als nieuweling te participeren in het hernieuwbare energiesysteem. Niet alleen met collectieven, maar ook als individu. Deze trend zet zich door, zoals beschreven in diverse artikelen[4]:

Desinvesteringen in fossiele energievoorraden en infrastructuur
Fossiele brandstoffen winnen wordt steeds duurder maar blijft de primaire focus van de traditionele bedrijven in de energiesector, er zijn veel investeringen in voorraden die niet gewonnen kunnen worden binnen het carbon budget dat we nog hebben. Er zit wereldwijd nog 746 miljard ton CO_2-eq in de bodem, terwijl we nog maar 275 miljard ton CO_2 kunnen gebruiken om binnen de 2 graden temperatuurstijging te blijven[5]. De hoge investeringen die erop zijn erop gericht de volledige winbare voorraad fossiele brandstoffen te gebruiken, kunnen daarom niet meer terugverdiend worden

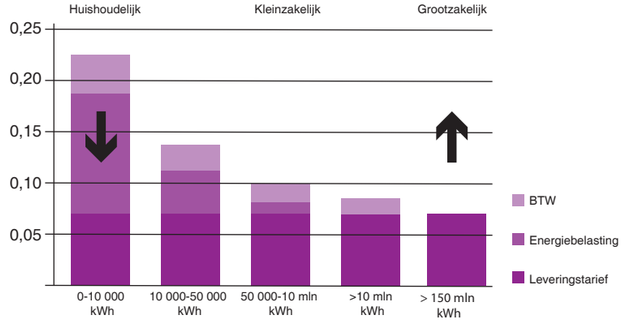
Duurzame investeringen worden gezien als het zagen aan de eigen stoelpoten
Omdat hernieuwbare energieopwekking concurreert met fossiele opwekking. Hierdoor zijn investeringen in hernieuwbar energie door grote energiespelers vaak te klein en te laat.

Energiereuzen kunnen niet inspelen op snelle veranderingen
Technisch verandert het energiesysteem van langzaam, log en voorspelbaar naar snel, flexibel en onvoorspelbaar. Dit vraagt om veranderingen in de aanpak van bedrijven, maar ook in de bedrijfscultuur die hierop ingespeeld is. Daarom bestaat grote moeite om te concurreren met kleine, disruptieve spelers met een groot aanpassingsvermogen.

Dit betekent niet dat er geen grote spelers meer zullen zijn. Hun rol zal echter veranderen: van eigenaren van de infrastructuur naar facilitators die helpen vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, parallel aan typische deeleconomie bedrijvigheid. Dit geeft veel mogelijkheden voor individuën om deel te nemen aan de energietransitie. De vraag is natuurlijk werl of de macht niet weer in handen van enkele grote partijen komt.

Een goed werkend Patchwork

Iedereen wordt energieproducent en consument tegelijk. Het lijkt een onvermijdelijke toekomst, maar om hier een werkend energiesysteem voor te ontwikkelen liggen er grote technische maar ook maatschappelijke en bestuurlijke uitdagingen. Dit klinkt paradoxaal, omdat juist een terugtredende overheid (rijk, provincie én lagere overheden) een van de aanleidingen is om over het Patchwork na te denken.



Afb. P8
Hoe meer energie je afneemt, hoe minder je betaalt.
Source: CBS Statline, schoutenzonneenergie.nl

> Eerlijke handel en transparantie

Hoe groter je energievraag, hoe lager de kosten. Op dit moment betaal je als kleinverbruiker drie keer zoveel voor je elektriciteit als een grootverbruiker. Zonder nivelleren van energiebelastingen voor alle gebruikers (waardoor de vervuiler naar rato betaalt) is de handel in energie voor particulieren nauwelijks aantrekkelijk, omdat je meer betaalt voor het inkopen van energie dan dat je krijgt voor het verkopen van energie. Het gelijktrekken van belasting op elektriciteit voor groot- en kleinverbruikers is daarom een belangrijke stap. Voor een eerlijk speelveld is het ook belangrijk dat alle deelnemers weten wat er in de markt speelt, en op de hoogte zijn van met wie ze handelen en tegen welke prijs. Alleen met een voor iedereen toegankelijk platform waarin prijzen en geld- en energiestromen inzichtelijk zijn kan iedereen meedoen.

> Iedereen gelijke kansen

Om het Patchwork als werkend systeem te organiseren en te garanderen dat iedereen energie ter beschikking heeft, is het belangrijk dat ook bevolkingsgroepen die weinig investerings- en/of ontwikkelkracht hebben, de kans krijgen hun eigen energiesysteem te realiseren. In een centraal geregeld energiesysteem is relatief eenvoudig te organiseren dat iedereen een gelijkwaardig steentje bijdraagt. In een Patchwork is het juist belangrijk dat wordt voorkomen dat er mensen buiten de boot vallen. Er dient dus een principe van gelijkwaardigheid in het Patchwork gebouwd te worden, bijvoorbeeld door een lage CO_2-uitstoot te belonen zodat niet alleen hernieuwbare opwekking, maar ook een lage uitstoot aantrekkelijk wordt en mensen die weinig geld uit (kunnen) geven aan bijvoorbeeld vliegreizen, profiteren. Energieopwekking en besparing op lokaal niveau kan ondergebracht worden bij organisaties die de slag- en investeringskracht hebben om woningen op wijkniveau te verduurzamen, zoals collectieven of sociale huisvesters.

3. Oa. Provincie Zuid-Holland, 2018. Windparken en windlocaties en RVO, 2018. WarmteAtlas en ROM3D, 2018. Zonopkaart.nl
4. Oa. Independent (Ireland), 2019. Powershift is taking it's toll on UK's energy giants. En Warren, 2018. Giant Electricity Machine is Degrading. Financial Review
5. Ritchie, 2017, How long before we run out of fossil fuels? Our World in Data. https:// ourworldindata.org/how-long-before-we-run-out-of-fossil-fuels

DE PATCHES

In plaats van een vooraf bepaald pakket van ingrepen per gebruikstype, ligt in het Patchwork perspectief de keuzevrijheid bij het individu. Op basis van lokaal rendabele opwekkingsvormen kan aangenomen worden wat voor energiemix er gaat ontstaan. Energiegebruik en de aanwezige opwekkingsmogelijkheden zijn hierbij dominant. Afschrijving van het netwerk bepaalt mede hoe snel de transitie zal gaan. Er zijn nog een aantal andere indicatoren die een rol spelen.

Energievraag

> De energievraag en -mix wordt bepaald door de functie, dichtheid en leeftijd van een gebied.
> Voor warmtevraag binnen de gebouwde omgeving is gebouwleeftijd (zie afbeelding p.9a) belangrijk, en in hoeverre functies en leeftijden van gebouwen gemengd zijn. Meer menging (p.9b) biedt kansen voor meer lokale uitwisseling. Monotone wijken kunnen juist zoeken naar collectieve oplossingen die passen bij hun warmte- en elektriciteitsvraag. Een hogere dichtheid (p.9c) betekent ook een hogere energievraag.

Energiebeschikbaarheid

> Ruimte voor opwekking is de belangrijkste indicator voor de beschikbaarheid van energie. Is er – in verhouding tot de dichtheid van een wijk – voldoende dakoppervlak voor PV om de wijk van elektriciteit te voorzien? In onbebouwde gebieden kan ook wind of biomassa gewonnen worden.
> In tuinbouwgebieden en industrie is de organisatiegraad hoog genoeg voor reguliere geothermie. Ondiepe, makkelijk aan te boren geothermie (p.9d) is een optie in woonwijken. De temperatuur is wel relatief laag (ca 20-40 graden)
> De instraling van zon (p.9e) is hoger aan zee, maar dit maakt geen significant verschil voor de toepassingsmogelijkheden.
> De windsnelheid onder de 100m hoogte (p.9f) ligt veel lager in steden, waar bovendien veel turbulentie is. Windenergie blijft dus vooral kansrijk in het buitengebied, maar er moeten oplossingen bedacht worden voor het transport van deze energie. Nu al zit het elektriciteitsnet aan haar limiet op een aantal locaties.

Sociaal

> Sociale aspecten bepalen mede het succes van het Patchwork, omdat het systeem door de samenleving gebouwd moeten worden. Bovendien moeten bewoners zich de investering kunnen veroorloven. Een aantal koplopers (p.9g) die nu al van start zijn gegaan, vormen de hubs van de toekomst: kleinschalige experimenten die uitgroeien tot een lerend systeem.
> In wijken met veel mensen met een groene leefstijl (p.9h) is de kans wellicht groter dat de transitie sneller zal gaan omdat zij bereid zijn een groter deel van hun inkomen te investeren in hernieuwbare energieopwekking. Voldoende inkomen (p.9i) speelt daarbij natuurlijk ook een rol.

Geografisch

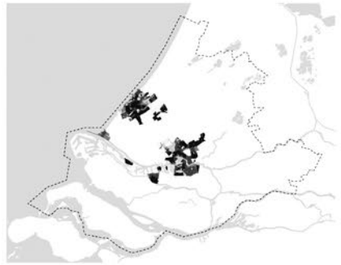
> Omgevingsfactoren bepalen ook of het sneller aantrekkelijk is zelfstandig te worden als het gaat over opwekking en gebruik van energie.
> Gebieden met sterke bodemdaling (p.9j) kennen hoge kosten door het vernieuwen van infrastructuur. Hier is het sneller rendabel om energieneutraal 'in de patch' te worden en zo te besparen op infrastructuur.
> In buitengebieden met sterke verzilting (p.9k) kan een omschakeling naar lokale energie-opwekkingslandschappen interessant zijn voor agrariërs.

Energievraag

a. Gebouwleeftijd

Oudere gebouwen (donkerder) hebben een hogere warmtevraag

b. Functiemix



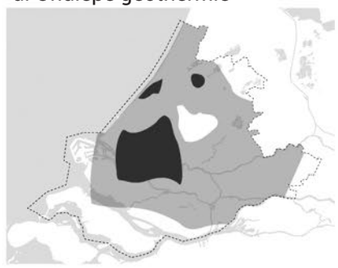
Een hoge functiemix (donkerder) betekent veel energievraag, maar ook meer mogelijkheden voor uitwisseling en buffering.

c. Dichtheid

Een hogere dichtheid (donkerder) betekent een hogere vraag, en tegelijkertijd minder ruimte voor opwekking

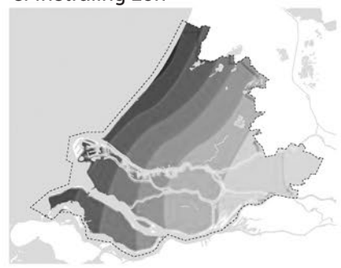
Beschikbaarhied

d. Ondiepe geothermie



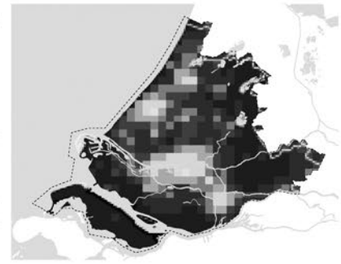
Ondiepe geothermie is relatief makkelijk aan te boren, en levert een lage temperatuur. Het is dus inzetbaar bij goed geisoleerde woningen.

e. Instraling zon



Aan zee is het rendement van zonnepanelen ca 20% hoger omdat de zon vaker schijnt.

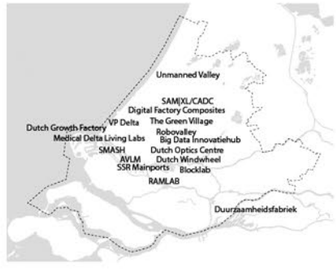
f. Windsnelheid <100m



Op beperkte hoogte is vooral in stedelijk gebied minder wind.

Sociaal

g. Initiatieven



Innovatieve initiatieven op het gebied van energie en automatisering kunnen de hubs van de toekomst zijn.

h. Stemgedrag/lifestyle

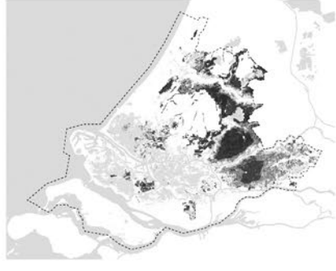
Waar groen gestemd wordt (de donkergrijze gebieden), is het wellicht makker collectief hernieuwbare energie op te wekken.

i. Welvaart

In gebieden met een hoge welvaart (donkerder) is energie-zelfvoorzienendheid makkelijker te financieren.

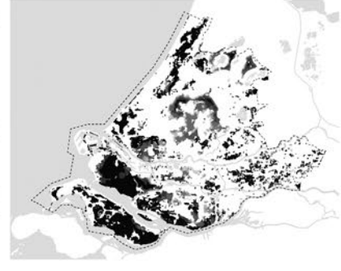
Geografisch

j. Bodemdaling



Door bodemdaling moeten kabels en leidingen sneller vervangen worden.

k. Verzilting



In gebieden met sterke verzilting is het sneller aantrekkelijk om iets anders dan akkerbouw te doen.

BRONNEN:
a. BAG.
b. PBL,
c. CBS,
d. Provincie Zuid-Holland,
e. FABRICations et. al.
f. KNMI,
h. nos.nl,
i. CBS,
j. Deltares,
k. Deltares

Afb. P.9

Verwachtte energiemix per patch
Van de indicatoren op de vorige pagina zijn vraag en beschikbaarheid dus dominant. Op basis van de gebiedstypen en het type energievraag en/of aanbod is voor iedere wijk een inschatting gemaakt wat de dominante energiedrager gaat zijn. Zo ontstaan een aantal typen patches die een eigen karakteristiek hebben:

> **Lone Wolves:** Plekken, voornamelijk in het buitengebied, die grotendeels zelfvoorzienend zijn. *Energie-intensiteit: 0*

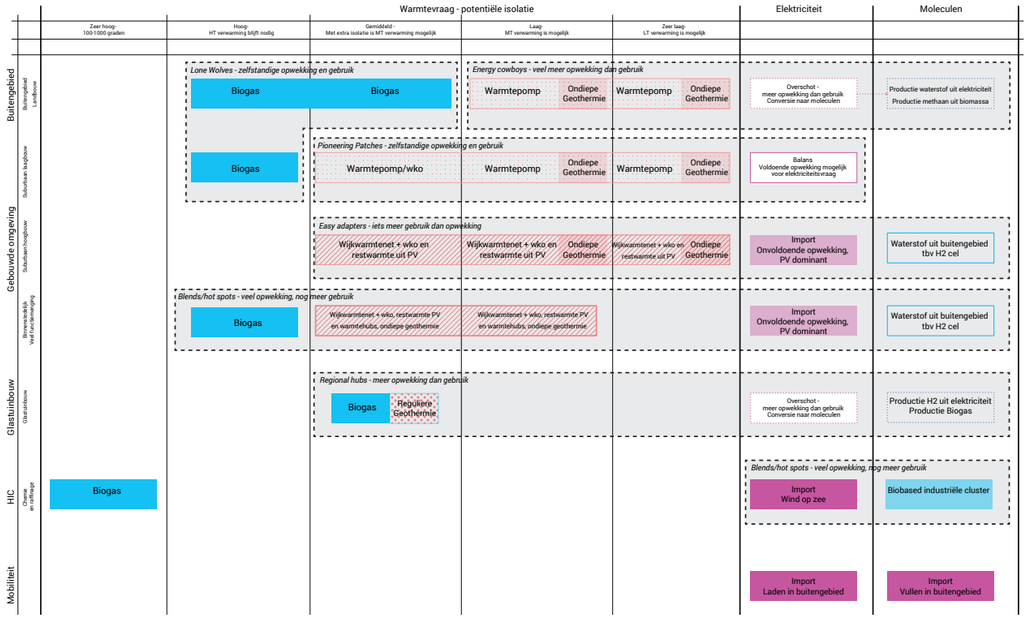
> **Pioneering patches:** Gebieden met een lage dichtheid en relatief hoge welvaart, waar bewoners in staat zijn hun eigen energie op te wekken en lokaal te verhandelen. *Energie-intensiteit: +/-*

> **Easy adapters:** Gebieden met een middelhoge dichtheid en een meer passieve samenleving waarbij –grotendeels uitbesteed- het SMCG op wijkniveau wordt uitgerold. *Energie-intensiteit: ++/–*

> **Regional hubs:** Glastuinbouwgebieden en lokale bedrijventerreinen die de ontwikkelkracht hebben voor meer intensieve opwekking (geothermie, windturbines) en daarom leverancier kunnen worden voor de directe omgeving. Rond deze hubs ontstaan daarom lokale netwerken. *Energie-intensiteit: +*
Voorbeeldcase: Nieuw Reijerwaard (zie p. 64)

> **Energy cowboys:** Landbouwbedrijven die veel meer energie op kunnen wekken dan ze zelf gebruiken. Doordat er beperkt mogelijkheden zijn om de energie af te zetten op het bestaande netwerk, wordt deze grotendeels omgezet naar moleculaire dragers. *Energie-intensiteit: ++*
Voorbeeldcase: Spookverlaat (zie p. 62)

> **Blends/hot spots:** Energie intensieve omgevingen met een grote mix aan gebruikers, waardoor er veel kansen zijn voor cascadering en balancering. Deze gebieden hebben wel energie van buitenaf nodig omdat de dichtheid te hoog is om in eigen opwekking te voorzien. *Energie-intensiteit: --/+*
Voorbeeldcase: Energierijk Den Haag (zie p. 60)



De belangrijkste factoren zijn energievraag en opwekkingsmogelijkheden. Dit overzicht geeft aan welke patches op basis hiervan ontstaan.

IoE - De Wild West Energy Hustle 2050

Een blik op een toekomst

In vele rijkere en minder dicht bebouwde, Zuid-Hollandse bedrijventerreinen, dorpen en buitenwijken is een nieuwe gig ontstaan. De Hollandse hobby van het jagen op koopjes gaat hierbij hand in hand met lokale identiteit en verenigingsleven. Gebouwbeheerders en bewoners die van het spelletje en de euro's houden, zetten hun wagenparken, batterijen, zonnepanelen en verwarmingsinstallaties in om zelf in energie te handelen. De techniek maakt het supersimpel. Met je eigen energytrader (de AI software gekoppeld aan je elektriciteitsmeter), kan je simpelweg inloggen op één van de vele energieapps. Je kunt bijvoorbeeld reageren op de push berichten van de Gopacs app van netbeheerders en vanmiddag al een was te draaien, wanneer de zon veel stroom produceert en het elektriciteitsnet weer eens overbelast dreigt te raken. Of je gebruikt de Sonnen app om je auto morgen in te zetten bij het balanceren van het net. Zo hossel je jaarlijks toch weer mooi een paar honderd euro bij elkaar.

Die persoonlijke handelaars en de apps gebruiken verschillende data om een persoonlijk aanbod te doen: openbare data over het weer, de marktprijzen en de toestand van het elektriciteitsnetwerk, maar ook persoonlijke data over je energiegebruik, je agenda, je huis en je apparaten. Deze laatste zijn natuurlijk privé en worden door de trader versleuteld en geanonimiseerd. De opbrengsten worden gelijk bijgeschreven op je rekening.

Het meest lucratief zijn de lokale energiemarkten die met actieve steun van de (lokale) overheid rond 2020 opkwamen. Op deze energiemarkten slaan buurtgenoten de hele groothandel over en zetten naast hun eigen apparaten ook deelbatterijen, deelelectrolysers, deelautoparken en deelzonnedaken in. Deze buurten worden zo deels onafhankelijk van het net. Hoe deze micromarkten werken verschilt van buurt tot buurt, wat vaak terug te voeren is tot keuzes van de oorspronkelijke initiatiefnemers.

In sommige buurten hebben pioniers coöperaties opgezet uit idealisme. Daar kunnen bewoners participaties in de coöperatie kopen maar ze ook met vrijwilligerswerk verdienen. Jaarlijks bepaalt de buurt hoe de opbrengsten verdeeld worden, waarbij een deel naar lokale initiatieven of tegoeden bij lokale bedrijven gaat. In buurten met gemiddeld meer lagere inkomens, zoals het Haagse Moerwijk matcht de gemeente de opbrengsten. In andere buurten en op veel bedrijventerreinen werkt de handel heel anders. Daar is het uitgangspunt commerciëler en probeert ieder voor zich zoveel mogelijk te profiteren. Zo ontstaat in de jaren '20 een soort wilde westen waarbij buurten hun eigen, soms bijna unieke systeem van hardware, software en governance ontwikkelen. Of zoals de voorzitter van één van de lokale coöperaties opmerkt: "vroeger maakten we ons druk over de vraag of wij de energietransitie konden betalen, nu betaalt de energietransitie ons."

Op dit moment kunnen kleinverbruikers nog niet handelen in energie. Ze hebben vaak geen toegang tot de data die daarvoor nodig is, mogen geen prijzen bepalen en kunnen zelf nog geen verantwoordelijkheid dragen voor eventueel veroorzaakte onbalans. Eigenlijk is peer-to-peer trading vooralsnog alleen marketing. Wel verbetert langzaam de toegang van kleinere aansluitingen tot de energiemarkt. Bijvoorbeeld in het Gopacs platform waarmee netbeheerders lokale congestie en onbalans uitvragen of het Duitse, door Shell gekochte, Sonnen waar batterijen mee aangestuurd worden. Wereldwijd en ook in Zuid-Holland werken energiebedrijven, startups en netbeheerders aan een elektriciteitsmarkt waar meer partijen actief aan mee kunnen doen.

Afb. P10

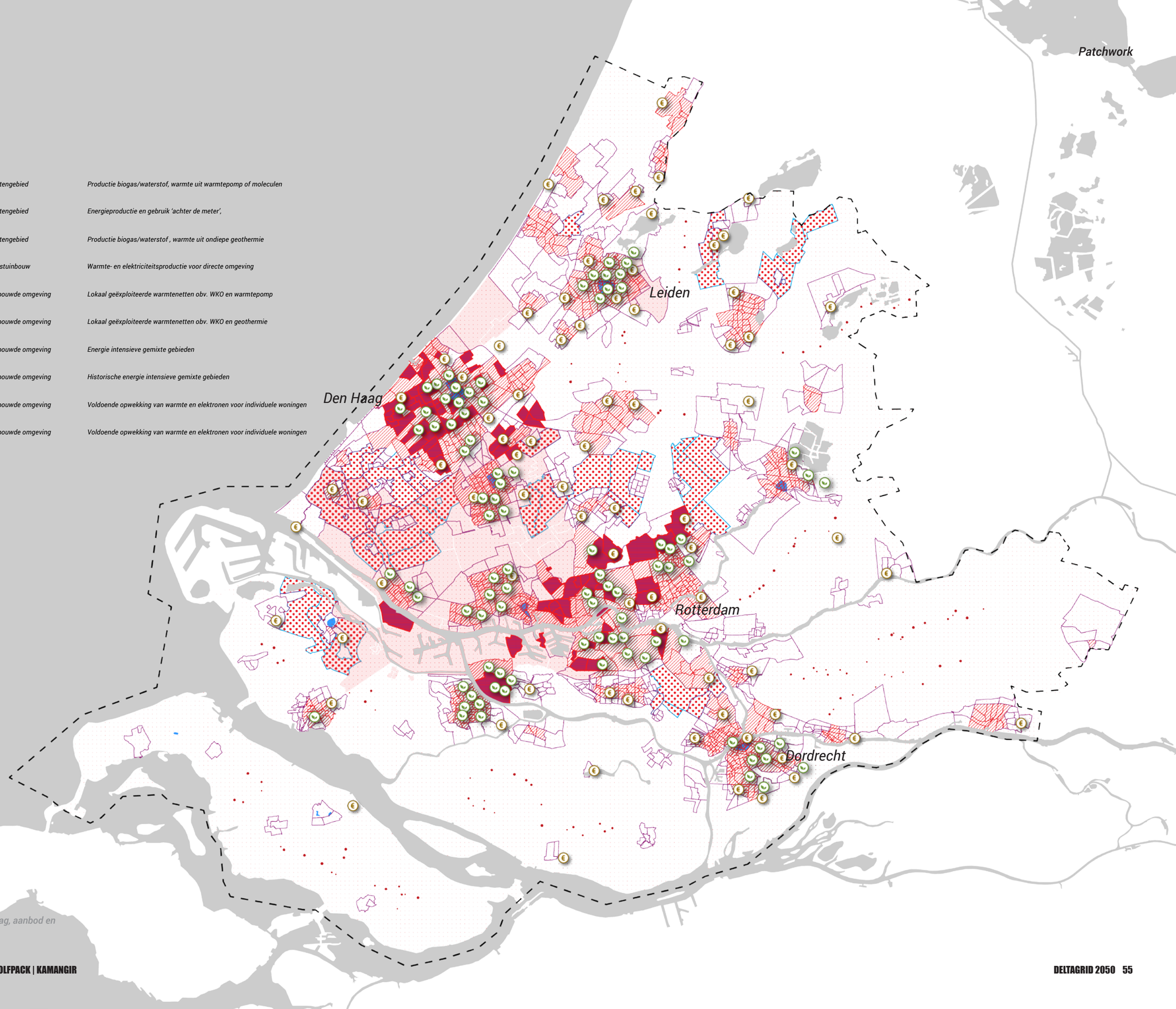
Patches 2050

PATCHES

Energy cowboys	*Buitengebied*	*Productie biogas/waterstof, warmte uit warmtepomp of moleculen*
Lone Wolves	*Buitengebied*	*Energieproductie en gebruik 'achter de meter',*
Energy cowboy met ondiepe geothermie	*Buitengebied*	*Productie biogas/waterstof , warmte uit ondiepe geothermie*
Regional hub met geothermie	*Glastuinbouw*	*Warmte- en elektriciteitsproductie voor directe omgeving*
Easy adapters	*Gebouwde omgeving*	*Lokaal geëxploiteerde warmtenetten obv. WKO en warmtepomp*
Easy adapters met ondiepe geothermie	*Gebouwde omgeving*	*Lokaal geëxploiteerde warmtenetten obv. WKO en geothermie*
Blend/ Hot Pot	*Gebouwde omgeving*	*Energie intensieve gemixte gebieden*
Blend/ Hot Pot met moleculen import	*Gebouwde omgeving*	*Historische energie intensieve gemixte gebieden*
Pioneering patch	*Gebouwde omgeving*	*Voldoende opwekking van warmte en elektronen voor individuele woningen*
Pioneering patch met ondiepe geothermie	*Gebouwde omgeving*	*Voldoende opwekking van warmte en elektronen voor individuele woningen*

SOCIAAL

- Hoge welvaart
- Groene leefstijl



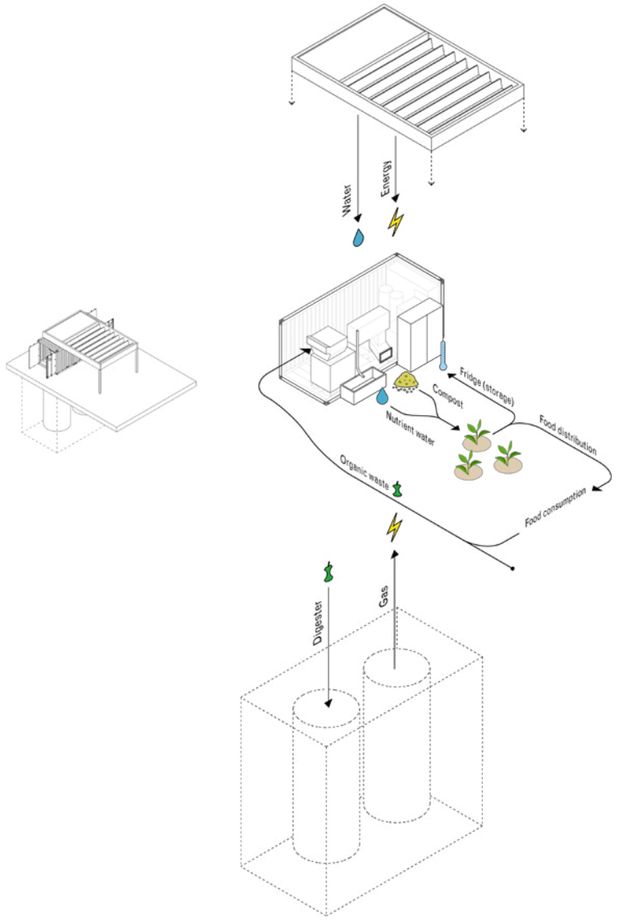
Afb. P11
Iedere wijk een eigen energiemix, gebaseerd op vraag, aanbod en andere omstandigheden.

PATCHWORK - RUIMTE

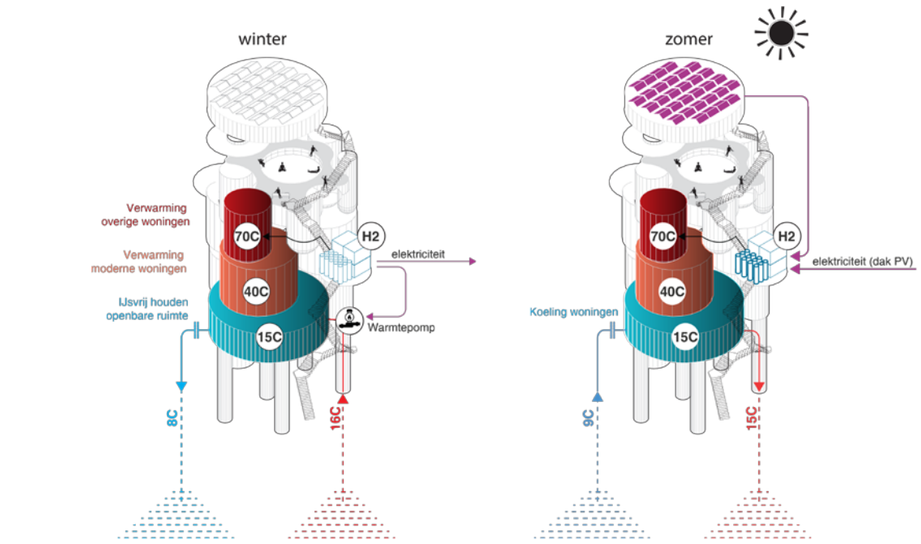
Door een toename van lokale energieopwekking, meer maatregelen om energie te besparen en lokale opslag gebeurt er veel in de beleving van de leefomgeving. In het algemeen wordt energieopwekking overal zichtbaar, en het gaat een identiteitsbepalende factor worden in stedelijk gebied: karakteristieken van een wijk of buurt bepalen op wat voor manier het energiesysteem in elkaar zit. Daarnaast ontstaan overal systemen om op lokale schaal energie uit te wisselen, waardoor ook lokale netten SMCG worden. In deze 'patches' maakt men compost en energie uit biomassa, zorgen ze voor een open warmtenet waar ook restwarmte uit waterstofproductie ingezet kan worden, helpen ze met het passief verwarmen van woningen en kantoren of zorgen ze dat Grid 2 Vehicle niet alleen een lokaal buffersysteem is, maar ook energie van de ene naar de andere plek brengt.

Patchwork vraagt veel ruimte in stedelijk gebied

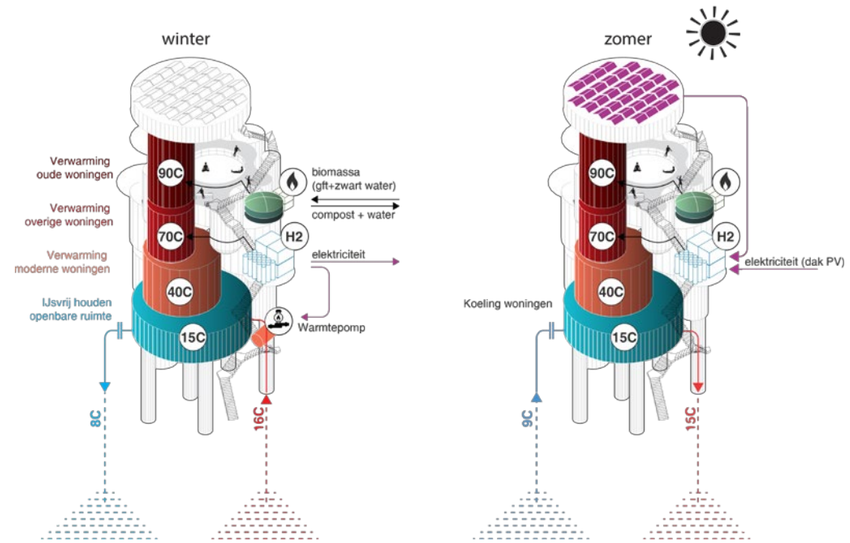
Het Patchwork-SCMG betekent een grote ruimtelijke transformatie van het stedelijke (en landelijke) gebied, en zelfs met meervoudig ruimtegebruik zal de ruimtelijke druk toenemen. Het steeds efficiënter worden van opwekkingsvormen zal deze druk niet volledig wegnemen. Uit eerdere projecten met zeer hoge duurzaamheidsdoelstellingen op een klein schaalniveau met een hoge dichtheid, zoals het Bajes Kwartier in Amsterdam, blijkt dat de totale ruimtevraag van een volledig hernieuwbaar systeem (voor energie, regenwater en materialen) zo'n 10 tot 15% meer ruimte kost op woning- en buurtniveau dan wanneer er gekozen wordt voor een standaard systeem. Opwekking legt een claim op buitenruimte



Afb. P12 - Patchwork Tool: Waste Transformer
De Waste-Transformer is een kleine unit die organisch afval omzet in energie, water en compost. Door de biogas-uitvoer is dit bijvoorbeeld interessant in gemengde wijken waar veel gft beschikbaar is en enkele gebouwen een hoge warmtevraag hebben, of als voeding van een eventueel bidirectioneel gasnet. De bijdrage in de totale warmtevraag is echter beperkt.



Zonder HT vraag



Met HT vraag

Afb. P13 - Patchwork Tool: Multi Commodity Hub
Doordat lokale energie-uitwisseling en opslag veel belangrijker wordt, ontstaan allerlei nieuwe toepassingen in het straatbeeld. De Multi Commodity Hub zorgt ervoor dat een gecascadeerd restwarmtenet gerealiseerd kan worden zonder directe afhankelijkheid tussen leverancier en afnemer te creëren. De hub fungeert als buffer tussen verschillende aanbieders en afnemers.
Door hier een waterstofcel aan te koppelen kan restwarmte van waterstofproductie meteen ingevoerd worden, zodat het bijdraagt aan seizoensopslag van energie. Ook kan een lokale biovergister aan een HT-vraag voldoen. Of er biogas of waterstof gebruikt wordt is afhankelijk van het aanbod en de vraag ter plekke, ze zijn niet naast elkaar nodig.
Het formaat van de SMCG-hub is afhankelijk van lokale omstandigheden, maar eerdere ontwerpstudies naar warmtehubs resulteren in objecten van ca 15 tot 20 meter hoogte, een flink volume dus.

(vooral daken), maar infrastructuur ten bate van opslag en transport van energie zullen een grote impact hebben op de bebouwing en openbare ruimte. Zaken die bijvoorbeeld ruimte kosten in de stad zijn:

Extra isolatie, met als gevolg dikkere muren, kost 5 tot 10% van het bruto vloeroppervlak.[6]

Een grotere technische ruimte, om een warmtepomp, boilervat of batterij en een wtw-ventilatiesysteem te plaatsen kost ca 6m3 per woning

Om de donkere winter door te komen, is er bij alleen zonne energie een **opslagcapaciteit van 20% van het jaargebruik nodig.**

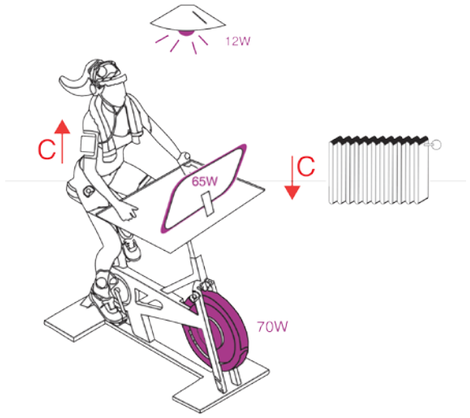
PV en zonneboilers op gevel- en dakoppervlak gaan concurreren met groen en glas

Het decentraliseren van de materialenkringloop kost eveneens ruimte, denk bijvoorbeeld aan de tijdelijke **opslag van organisch afval.**

In woonblokken zijn steeds meer voorzieningen nodig voor gedecentraliseerde infrastructuren die het Patchwork-smcg mogelijk maken, bijvoorbeeld **warmtehubs, batterijen, afvalomvormers,** etc.

Ook **ondergronds** ontstaat ruimtedruk, door wko's, ondergrondse warmteopslag en extra infrastructuren die op wijkniveau nodig zijn om energie te transporteren.

Het gevolg is dat er minder capaciteit is in steden en de woningdichtheid en hoeveelheid groen op termijn omlaag zal gaan, of de gebouwdichtheid per woning omhoog. Er moet dus gezocht worden naar nóg meer meervoudig ruimtegebruik, maar ook naar ruimte voor steden om uit te breiden.
Belangrijk is de notie dat deze extra ruimteclaim elders ruimte bespaart: heel veel zonnepanelen vervangen een elektriciteitscentrale, lokale afvalwaterzuivering met energiewinning maakt RWZI's overbodig, etc. Hierdoor komt ook weer ruimte vrij aan de randen van steden.



Afb. P14 - Patchwork tool: Energie van mensen?
Rustig fietsen levert zo'n 60 watt op, genoeg om een laptop en verlichting draaiend te houden. Omdat je lichaamswarmte toeneemt, wordt bovendien bespaard op verwarmingskosten. De totale opbrengst van menselijke energie is verwaarloosbaar, maar omdat het sterk besparend werkt kan het interessant zijn om op deze manier overal energie voor handen te hebben.

Havengebied transformeert, zee doet mee

De haven is een patch die functioneert op een ander schaalniveau, en vormt een systeem samen met de nieuwe windparken op zee. Het Haven-industrieel complex bestaat grofweg uit de overslag van containers, stukgoederen, droge bulk, natte bulk en de verwerking van grondstoffen in de raffinage en chemische industrie.

50km2 is fossiel gerelateerde industrie[7].

Dit gaat allemaal fundamenteel transformeren.

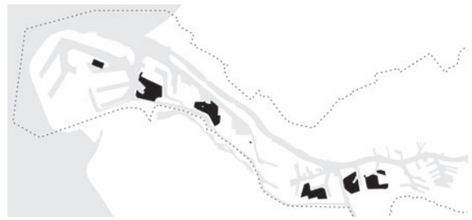
Er is bijvoorbeeld meer ruimte nodig voor de opslag van biomassa en Wat gebeurt er met de haven als iedereen eigen energie op moet wekken? Uitgangspunt is dat de bedrijven hun elektriciteit van windparken op zee krijgen die tot 2030 worden gepland. Ook in de industriegebieden zullen steeds meer bedrijven zelf windmolens uitbaten.

Centrales (AVR, Elektriciteit, RWZI) worden overbodig, want de bijbehorende stromen worden lokaal in kringlopen hergewaardeerd. Vrijgekomen ruimte wordt ingezet om verstedelijkingsdruk op te vangen, al zal dit indirect zijn (eerst worden bedrijven nabij de stad uitgeplaatst). De aanname is dat er binnen het Patchwork scenario geen nieuw grootschalig binnenlands transport van moleculaire dragers nodig is, omdat de haven vooral zichzelf en het Ruhrgebied zal bedienen.

Buitengebied op eigen benen

Het landbouwsysteem zal door een sterkere focus op lokale markten en CO_2-positieve productie omschakelen naar agroforestry, een combinatie landbouw en bosbouw - waarbij lokale verschillen sterker worden. Dit zal het beeld van het Groene Hart flink veranderen. Op termijn transformeert ca 30% van het gebied tot biomassaproductiegebied -voornamelijk wilgen en lisdodde (en veenmos in cultuurhistorisch beschermde gebieden waar genoeg regenwaterbuffering mogelijk is[8].

Opslag (olie)
21 Km²



Verwerking 1e fase (raffinaderijen)
16 Km²

Energiecentrales
2 Km²

Verwerking 2e fase (chemicaliën)
11 Km²

Afb. P.15

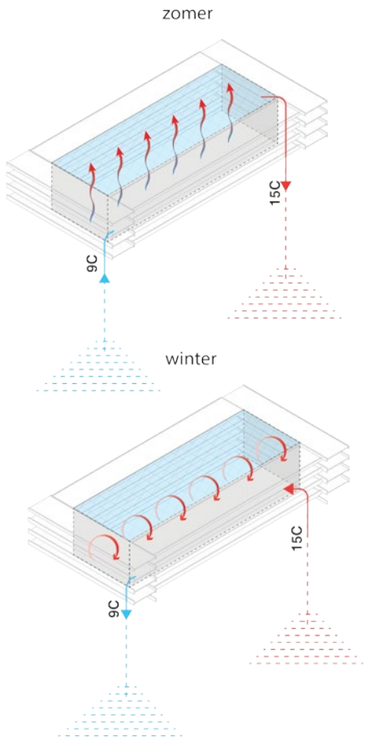
6. Posad, FABRICations et. al; 2018. Klimaat, Energie, Ruimte. Ruimtelijke verkenning energie en klimaat.
7. Gebaseerd op een inventarisatie van Google Maps
8. Op basis van aannames van Wageningen Economic Research in het kader van het perspectief Groene Hart: 40% blijft grootschalig, 30% wordt kringlooplandbouw en 30% biomassa + natuur.

Glastuinbouw wordt lokale energieleverancier

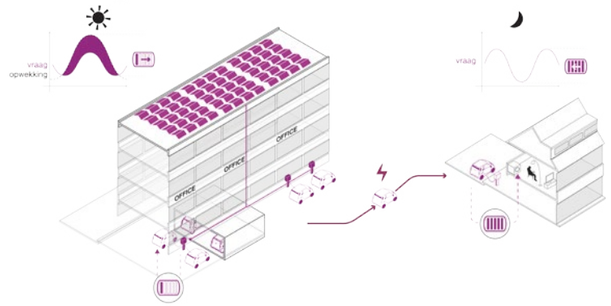
De glastuinbouw heeft een hogere organisatiegraad en kan daardoor diepere geothermiebronnen aanboren, en daarmee energieleverancier worden. Ook kunnen kassen elektriciteit leveren door reflecterende folies te gebruiken die alleen bruikbaar licht doorlaten en de rest weerkaatsen in een PV cel.[9] Door een overschot aan energie ontstaat een sterke uitwisseling met de gebouwde omgeving m.b.t. warmte en koeling. Traditioneel staan in glastuinbouwgebieden woningen en kassen door elkaar. Dit zal versterken door de potentie voor uitwisseling.

Minder mobiliteit

Mobiliteit wordt vooral elektrisch, met opwekking in de wijk, want eigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor voldoende energieproductie. Met betrekking tot mobiliteit zullen grote besparingen plaatsvinden. Tal van mobiliteitshubs maken uitwisseling van pakketjes en andere goederen in de stad mogelijk, waaronder vervoer per Light Electric Vehicle. Beloopbaarheid wordt steeds belangrijker, en de inrichting van wegprofielen wordt aangepast op een veel grotere diversiteit aan kleinschalige elektrische vervoersmiddelen. Zo wordt transport en mobiliteit op lokaal niveau zo goed als energieneutraal.



Afb. P16 - Patchwork tool: Klimaat-atrium
De accumulerende warmte in de vele atria in kantoorgebouwen kan gebruikt worden om een WKO te voeden en zo een warmtebron in de winter te zijn.



Afb. P17 - Patchwork tool: Mobiele batterij
Grid2Vehicle is een veelbesproken mogelijkheid om autobatterijen in te zetten als energiebuffer voor korte schommelingen. Vaak staan auto's overdag bij werklocaties, en 's avonds bij woningen. In G2V systemen is het dus aantrekkelijk te beginnen bij werklocaties. Dan transporteren voertuigen de facto energie van werk naar woongebieden. Zeker waar woongebieden lastig te elektrificeren zijn door de beperkte capaciteit van het grid, kan dit een besparing op infrastructuur betekenen.

IoE - Automobielen

Een blik op een toekomst

Vol verwachting loopt Arnulf Grübler zijn straatplantsoen in Voorburg uit naar het pick up point aan de doorgaande weg. Wanneer de commoncar voorrijdt, kijkt hij snel naar binnen en ziet dat zijn bestelde overhemd al op de stoel ligt. Hij kijkt even schielijk om zich heen en besluit meteen maar het overhemd aan te passen terwijl de auto weer invoegt in de stroom.

Noem het beroepsdeformatie, een lange loopbaan bij Rijksdatastaat laat toch zijn sporen na, maar hij klikt toch even op de voertuiginformatie. Hij leest dat de gemiddelde benuttingsgraad de afgelopen week 24% was. Een enorme verbetering ten opzichte van de verspillende 6% benutting van privé voertuigen uit de jaren '20. De 2x2x2 strategie (2x minder voertuigen, 2x zoveel passagiers per voertuig, 2x zoveel kilometers per persoon) bleek een enorm succes. Trams, bussen en een groot deel van de prive voertuigen zijn uit het Haagse straatbeeld verdwenen en met het verdwijnen van de parkeerzee in veel woonstraten en winkelgebieden ontstond ruimte voor natuur, lopen, fietsen, hangen en handel. Tussen de spitsen door halen de voertuigen pakketten op en leveren ze energie aan woonwijken.

De voertuigen, of commoncars, rijden zelf, plannen gezamenlijk en realtime optimale routes waardoor bijvoorbeeld ambulances altijd vrij baan hebben, communiceren zelf met stroomaansluitingen waar en wanneer zij het best kunnen (ont)laden, sluiten zelf contracten af bij geautomatiseerde wasstraten en garages en rekenen zelf af via smart contracts. De grote afwezige in dit ecosysteem van zelfstandig opererende machines is de mens. Het logische gevolg is dat de generatie commoncars van 2050 dan ook geen menselijke eigenaar meer heeft en de voertuigen ook in juridische zin autonoom zijn. Tegen deze commoncars is geen commercieel verdienmodel opgewassen[9].

Arnulf stapt uit bij een fiets waarmee hij het laatste stukje naar zijn werk aflegt. Nog steeds in gedachte verzonken rijdt hij bijna een duif aan. Waarom maken ze het samenleven met dieren niet net zo gemakkelijk als het samenleven met machines verzucht hij.

Elektrische voertuigen kunnen een ramp worden voor het elektriciteitsnetwerk zonder slim laden en netbalancering. Wanneer slim laden de norm wordt, bespaart dat miljarden euro's aan investeringen in het netwerk[10]. Nederland neemt hier internationaal een koppositie in. 'Slim' heeft hier verschillende gradaties. Slim is om tijdens daluren te laden, waar het Rotterdamse Jedlix al een belangrijke rol speelt. Slimmer is om vloten van auto's gezamenlijk mee te laten werken aan de netbalans, waar VandeBron, IBM en Tennet een succesvolle pilot mee uitvoerden op basis van blockchain technologie. Gezamenlijk kan dit voor autobezitters een besparing opleveren van rond de 400 euro per jaar en nog eens 650 euro als volstaan kan worden met een kleinere elektriciteitsaansluiting[11].

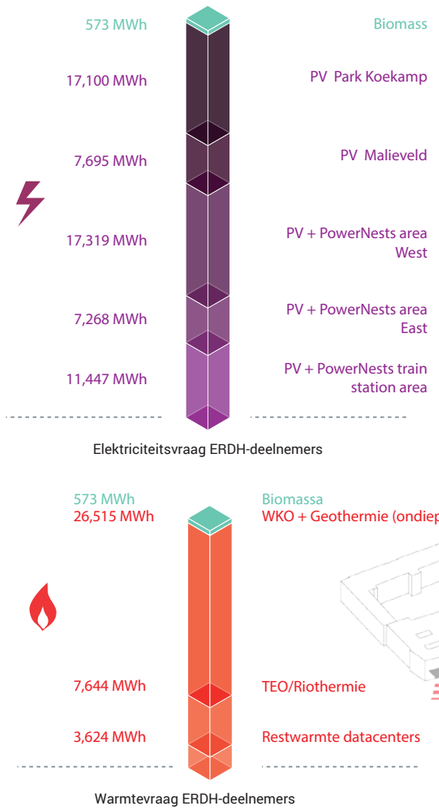
Bovenstaande voorbeelden van het slim laden tijdens daluren en inzet voor netbalancering zijn nog relatief eenvoudige IoE toepassingen. Nog slimmer is het bijvoorbeeld om de batterij te gebruiken om energie op te slaan en te leveren aan de gebouwde omgeving, waarmee bijvoorbeeld in The Green Village mee geëxperimenteerd wordt. Ter illustratie: de capaciteit van een batterij van een nieuwe Tesla Model 3 kan een gemiddeld huishouden voor 8 dagen van stroom voorzien en de auto staat 95% van de tijd stil. Wordt aan iedere elektrische auto een woning gehangen, dan kan dus een groot deel van de flexibiliteitvraag op dag en in geval van nood weekniveau lokaal worden opgelost. De overtreffende trap van slim is echter om integraal naar mobiliteit te kijken om een enorme toename van (elektrische) auto's te voorkomen[12]. Wanneer elektrische auto's rond 2025 even duur zijn als auto's met verbrandingsmotor, stopt de prijsdaling namelijk niet. Daardoor kan het reboundeffect van veel goedkoper elektrisch vervoer leiden tot veel meer autokilometers en file. Dit vraagt om een samenhangende aanpak die deelauto's en koppelingen met openbaar vervoer, lopen en fietsen stimuleert; zelfrijdende voertuigen die stilstaande auto's uit het straatbeeld doen verdwijnen en stadsplanning die deze ruimte inzet voor gezonde en mooie steden. Dat is pas slim.

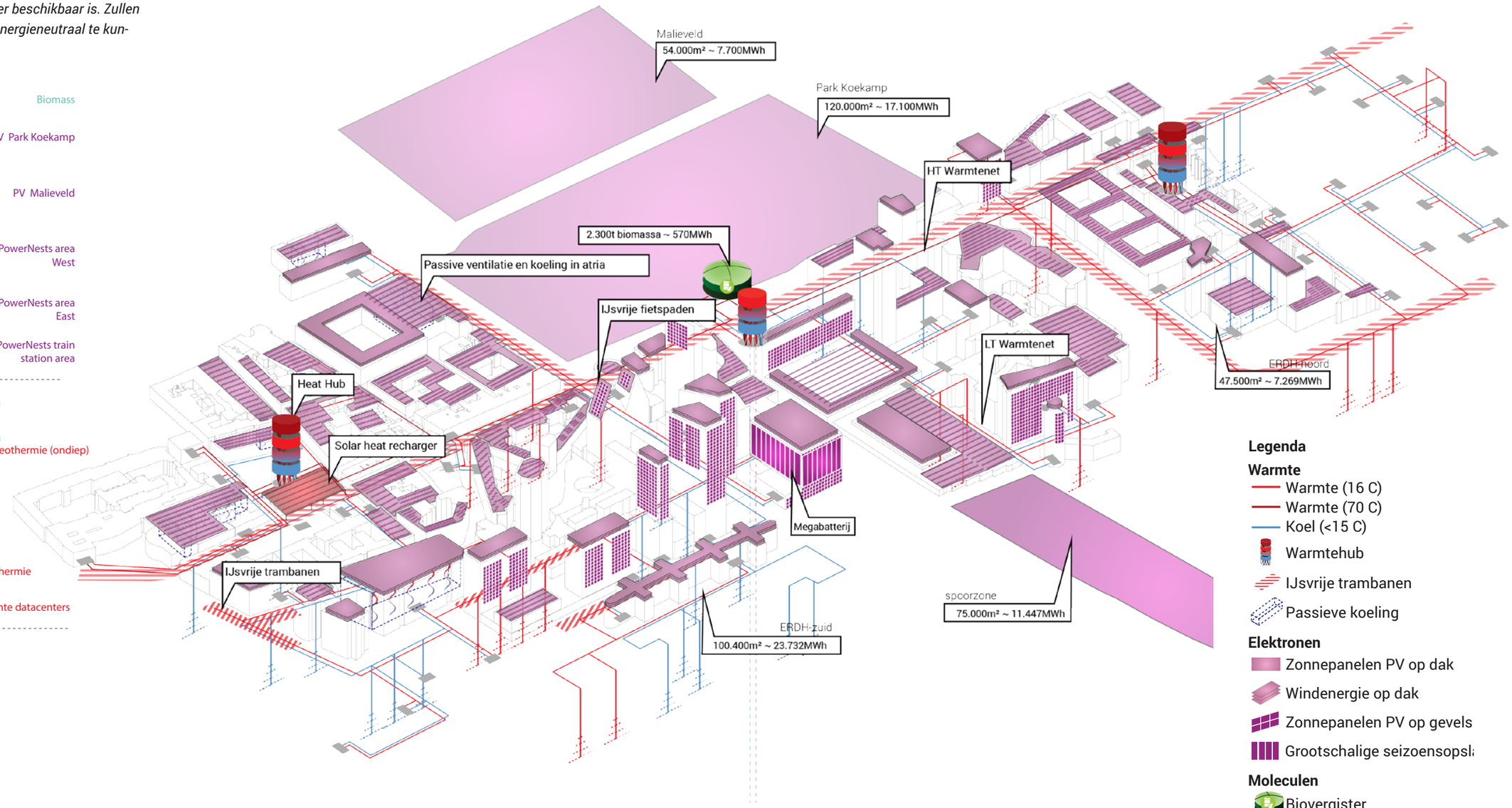
9. Naar de ideeën van Jan Peter Doomernik, zie bijvoorbeeld zijn TEDxErasmusUniversityRotterdam lezing van januari 2019
10. https://www.netbeheernederland.nl/nieuws/oproep-netbeheerders-maak-slim-laden-elektrische-auto-s-de-norm--1238
11. https://www.duurzaamnieuws.nl/slim-auto-laden-maakt-je-stroom-goedkoper/
12. World Economic Forum (2018), Electric Vehicles for Smarter Cities: The Future of Energy and Mobility

Afb. P18

CASE: Energierijk Den Haag

Energierijk Den Haag gebruikt veel meer energie dan het zelf op kan wekken. Met optimaal gebruik van gevels en daken voor PV en een externe warmebron (bijvoorbeeld geothermie) komt het tekort - rekening houdend met conversieverliezen voor seizoensopslag - overeen met het gebruik van één van de grote ministeries. Ook is ontzettend veel opslag nodig, omdat zonne-energie vooral in de zomer beschikbaar is. Zullen steden moeten verdunnen om energieneutraal te kunnen worden?





Afb. P.23 - DeltaGrid Energierijk Den Haag

Afb. P.19 - Rijkskantoor Rijnstraat 8 deels vervangen voor batterijen.

Afb. P.20 - Uitplaatsing van grote overheidsinstellingen zodat zij lokaal energie op kunnen wekken

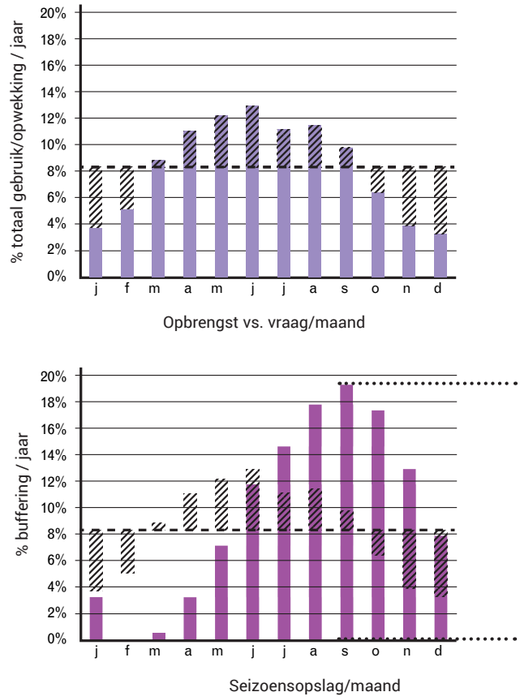
Opslag en balancering

Omdat het gebied afhankelijk is van PV, is er in de winter te weinig opwekking. Om genoeg buffer op te bouwen om de donkere maanden door te komen, is -geen rekening houdend met conversieverlies- een opslag van ca. 20% van de totale elektriciteitsvraag nodig.*

Wanneer dit met batterijen zou gebeuren – momenteel de opslagvorm met het minste conversieverlies – is voor het centrum van Den Haag een batterijvolume ter grootte van 1/3 van rijkskantoor Rijnstraat 8, (ministerie van I&W en BUZA). Dit is eigenlijk niet te doen, en door de langdurige opslag ontstaan er rendementsverliezen. Voor de opslag van elektriciteit in waterstof is minder ruimte nodig maar door de conversieverliezen is de benodigde opwekking nog eens 20% groter. Er moet dus andersom gekeken worden: flink besparen worden op energiegebruik, door isolatie, slimme toepassingen of in het extreme geval het verlagen van de dichtheid van de meest energie-intensieve gebieden.

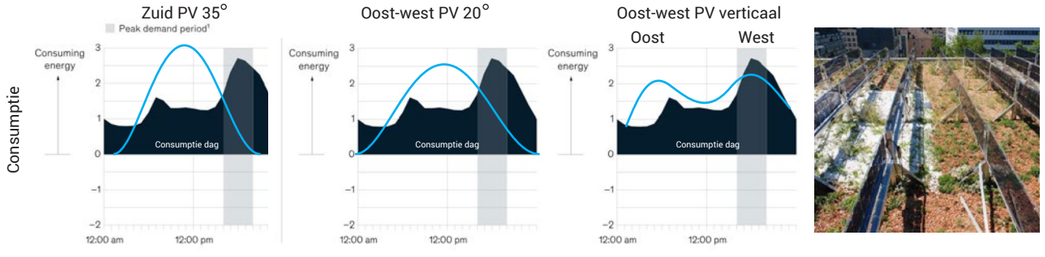
Uitplaatsing van grote overheidsinstellingen is bij beperkte beschikbaarheid van energie een mogelijkheid om energievraag in de stad om laag te brengen. Buiten de stad ontstaan dan campussen waarbij de buitenruimte ingezet wordt voor energieopwekking.

Voor dagelijks gebruik kan gebufferd worden in accu's. Deze vraag is minder uitdagend, omdat opwekking en vraag gedurende de dag dichter bij elkaar liggen dan seizoensopslag. Door gebruik te maken van verticale PV op gevels aan de west- en oostzijde kan de opwekking gedurende de dag afgestemd worden op de vraag.



Afb. P21
Benodigde seizoensopslag bij volledig PV

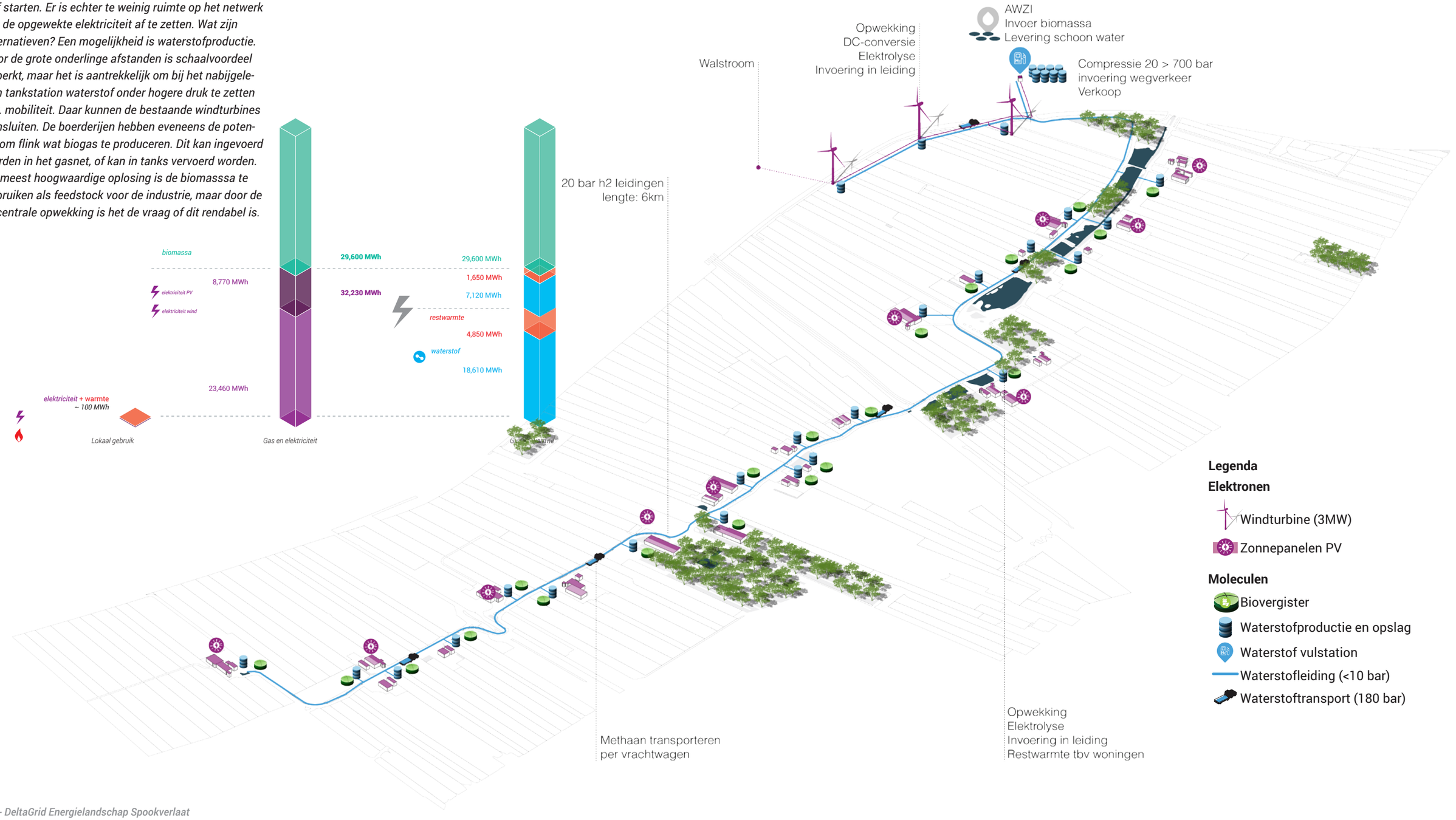
**Dit is berekend door de maandelijks opwekkingsoverschot of -tekort te bepalen wanneer de jaarlijkse opwekking overeenkomst met het jaarlijkse verbruik. Zo komen cumulatieve opbrengsten/tekorten in beeld. In September moet er genoeg energie opgeslagen zijn om de maanden met tekorten (okt-feb) door te komen.*



Afb. P22 - De opbrengst van oost-west PV ligt dichter bij de vraag.

CASE: Energielandschap Spookverlaat

Het lint van boerderijen die aan de Spookverlaat bij Alphen aan de Rijn liggen willen samen een energiecollectief starten. Er is echter te weinig ruimte op het netwerk om de opgewekte elektriciteit af te zetten. Wat zijn alternatieven? Een mogelijkheid is waterstofproductie. Door de grote onderlinge afstanden is schaalvoordeel beperkt, maar het is aantrekkelijk om bij het nabijgelegen tankstation waterstof onder hogere druk te zetten tbv. mobiliteit. Daar kunnen de bestaande windturbines aansluiten. De boerderijen hebben eveneens de potentie om flink wat biogas te produceren. Dit kan ingevoerd worden in het gasnet, of kan in tanks vervoerd worden. De meest hoogwaardige oplosing is de biomasssa te gebruiken als feedstock voor de industrie, maar door de decentrale opwekking is het de vraag of dit rendabel is.

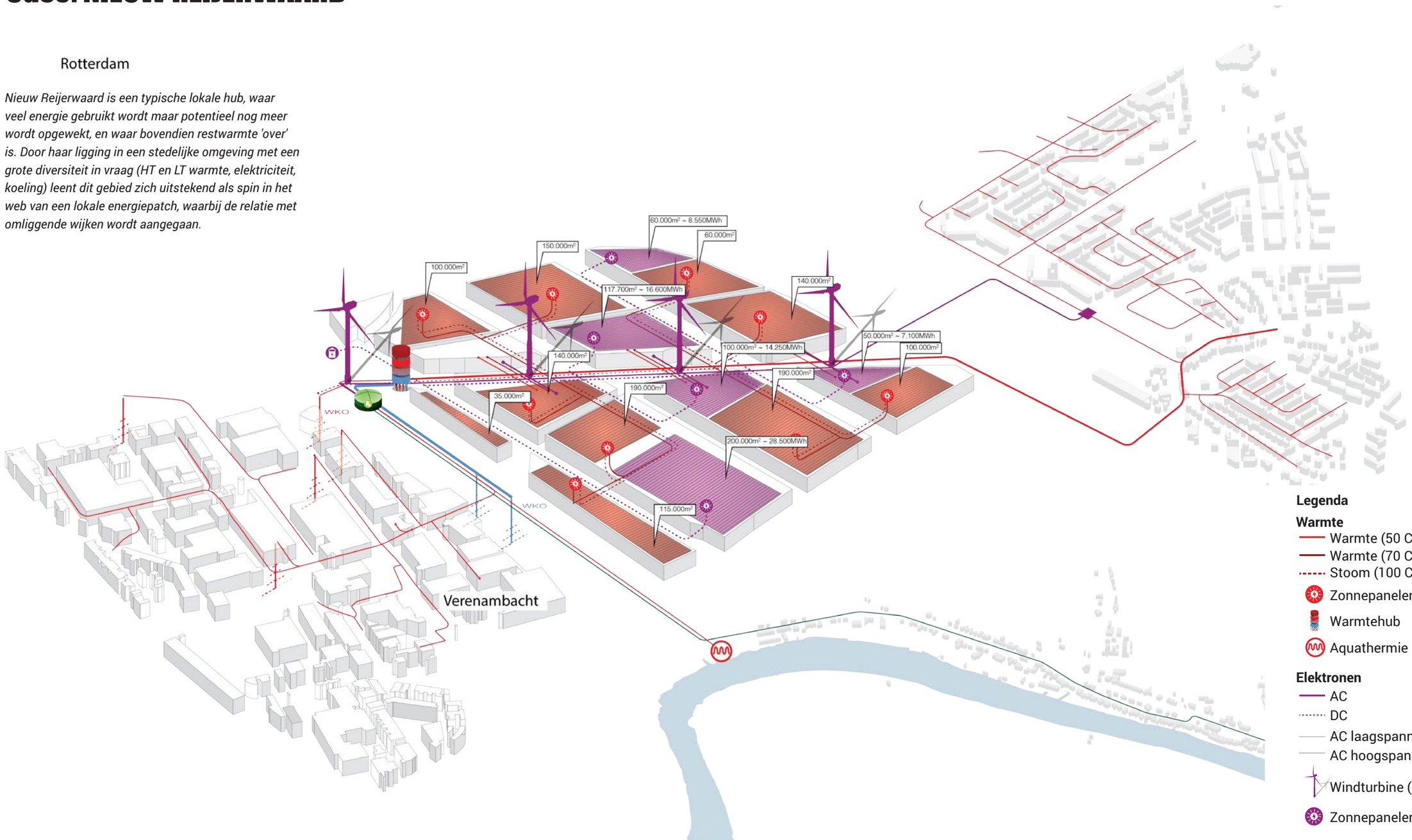


Afb. P.24 - DeltaGrid Energielandschap Spookverlaat

Case: NIEUW REIJERWAARD

Rotterdam

Nieuw Reijerwaard is een typische lokale hub, waar veel energie gebruikt wordt maar potentieel nog meer wordt opgewekt, en waar bovendien restwarmte 'over' is. Door haar ligging in een stedelijke omgeving met een grote diversiteit in vraag (HT en LT warmte, elektriciteit, koeling) leent dit gebied zich uitstekend als spin in het web van een lokale energiepatch, waarbij de relatie met omliggende wijken wordt aangegaan.



Legenda

Warmte
- Warmte (50 C)
- Warmte (70 C)
- Stoom (100 C)
- Zonnepanelen boiler
- Warmtehub
- Aquathermie

Elektronen
- AC
- DC
- AC laagspanning (bestaand)
- AC hoogspanning (bestaand)
- Windturbine (3MW)
- Zonnepanelen PV

Moleculen
- Biovergister

Opwekking en balancering
- Piekbuffer batterij

Afb. P.25 - DeltaGrid Nieuw Reijerwaard

I0e - De kans van onbalans

Een blik op een toekomst

[hier volgt een bijdrage van het fictieve bedrijf Flexen]
"Wij zijn het oliemannetje van de energietransitie", lacht Murat Hendriks van Flexen, terwijl zijn auto onderweg is naar de informatiebijeenkomst in Nieuw Reijerwaard. Flexen hoort bij het handjevol snelgroeiende internationale bedrijven dat lokale oplossingen biedt voor onbalans en overbelaste elektriciteitsnetten. Vaak gaat het in eerste instantie om tijdelijke oplossingen, die de lokale netbeheerder de ruimte geven om de mankracht en middelen te verzamelen om het net te verzwaren.

Deze groeistuipen van de energietransitie komen overal voor en zijn al jaar en dag schering en inslag. Het begon in de jaren '20 bij het aansluiten van nieuwe zonneparken, werd in de jaren '30 met name veroorzaakt door de snelle groei van elektrisch vervoer en in de jaren '40 door het elektrificeren van productieprocessen in de industrie.

"Het werkt eigenlijk simpel", zegt Murat. "eerst krijgen wij een seintje van de netbeheerder dat een ingreep noodzakelijk is. Vervolgens verzamelen wij als onafhankelijke Data Responsible Party de energiegegevens van alle aansluitingen. Onze algoritmen vergelijken deze gegevens met onze eigen dataset van vele honderden andere locaties en oplossingen waar wij eerder gewerkt hebben om zo tot unieke maatwerkoplossingen te komen voor de komende 2 tot 5 jaar. De lokale energiegebruikers en netbeheerder bieden vervolgens op de gegenereerde opties, waarbij de optie met het hoogste bod wordt uitgevoerd. Tot slot verzorgen wij de aanbesteding en datavergunningen en begeleiden we de uitvoering."

Voor Nieuw Reijerwaard is de AI uitgekomen op drie oplossingen: het plaatsen van drie containers met gereviseerde batterijen bij de Waal waar ook de binnenvaart en auto's gebruik van kunnen maken; het koppelen van het lokale microgrid aan de twee omliggende grids in Barendrecht en Ridderkerk waarmee de drie netten gezamenlijk genoeg flexibiliteit hebben; en het installeren van een electrolyser bij de windmolens op het terrein. Door de combinatie van goed getrainde algoritmen, de transparante werkwijze en het empathische en communicatieve vermogen van Murat en zijn collega's, lukt het Flexen in meer dan de helft van de gevallen om een oplossing te bieden die verder gaat dan de korte termijn. Voor Nieuw Reijerwaard geeft de investeringsmodule van Flexen een kans van 46 tot 73% dat de oplossing de geplande netverzwaring definitief overbodig maakt. Zo bouwt Flexen aan een veerkrachtig energiesysteem. Knelpunt voor knelpunt.

Steeds vaker zal het voorkomen dat het stroomnet overbelast dreigt te raken, waardoor bedrijven niet kunnen uitbreiden of duurzame energieprojecten vertraging oplopen. Aanpassingen van het net kosten vaak enkele jaren en forse investeringen. Zo voedt een zonnepark van 1-3 Ha in op middenspanningsniveau. Als daarvoor een nieuw middenspanningstation nodig is, vraagt dat een investering van 1,3 tot 6 miljoen euro, een locatie van rond de 1000m2 en duurt de aanleg 2,3 tot 3 jaar[13]. Het zal netbeheerders niet altijd lukken om tijdig te anticiperen op verzwaring van het net en dit zal ook niet altijd de meest kostenefficiënte oplossing zijn. Gegeven elektrificering en verduurzaming zal (tijdelijke) overbelasting steeds vaker voorkomen en chronisch worden. Dit is een kans voor het SMCG om het energiesysteem uiteindelijk goedkoper en betrouwbaarder te maken. Op deze plekken ontstaan immers mogelijkheden om nieuwe flexibiliteit toe te voegen via opslag, vraagsturing of conversie[14]. Dat vraagt om een aantal technische, economische en institutionele ontwikkelingen.

Voor het voorspellen van overbelasting en het effect van flexibiliteitsoplossingen is data nodig over het energiegebruik en productie op de verschillende aansluitingen, gebruikerskarakteristieken, het netwerk, etc. Vooral oplossingen die gebruik maken van kunstmatige intelligentie hebben veel data nodig op een hoge resolutie (bijvoorbeeld voor iedere aansluiting, iedere vijftien minuten, over meerdere jaren) om hun algoritmen te trainen. Op dit moment hebben de regionale en nationale netbeheerders de taak om de data van slimme meters te beheren. Traditionele en nieuwe energiebedrijven hebben op dit moment onvoldoende toegang tot dit soort data om zicht te hebben op knelpunten en om hun algoritmen en modellen te trainen[15].

De datagovernance (het beheer en de voorwaarden voor toegang tot data) zal hiervoor moeten verbeteren. Op dit moment hebben regionale en nationale netbeheerders de taak voor het beheer van data van uit slimme meters[16]. Het verkrijgen van de data is omslachtig en een aantal belanghebbenden, waaronder de prosument (!), heeft geen inspraak in het systeem waarop de data verwerkt wordt. Energiegebruikers kunnen niet bepalen hoe hun data gebruikt wordt, door wie en waarvoor. De autoriteit consument en markt wil daarom naar een model waarbij de prosument zelf de rechten van zijn data beheert en andere partijen toegang kan geven[17].

Voor een open en eerlijke markt voor energiedata is instemming van de prosument niet afdoende. De waarde van data neemt snel toe wanneer een bedrijf meer data verzamelt. Zeker bedrijven die snel kunnen groeien omdat ze niet in fysieke apparaten hoeven te investeren, maar bijvoorbeeld de besturing van andermans batterijen, verwarmingsinstallaties en het (ont-)laden van elektrische auto's overnemen, kunnen uitgroeien tot (te) machtige spelers. Er is nog geen AirBnB of Uber voor energie, maar deze zouden kunnen ontstaan.

Naast datagovernance, zijn er nog meer institiutionele veranderingen nodig om vraagsturing, opslag en conversie te stimuleren. De FME, de ondernemersvereniging voor de technologische industrie pleit daarbij ondermeer voor een gelijk fiscaal speelveld voor alle energiedragers, het voorkomen van dubbele heffing van energiebelasting bij opslag en prikkels voor het opslaan van warmte.

Voorbeelden van Zuid-Hollandse initiatieven en bedrijven op dit vlak zijn: Skoon (platform voor containers met batterijen voor scheepvaart en energiediensten); Peeeks (biedt 'flexibility as a service' door het vinden en ontsluiten van flexibiliteit bij ondermeer windparken, elektrische boilers en gasturbines) en StoredEnergy (ontwikkelt energieopslagprojecten).

13. Netbeheer Nederland (2019), Basisdocument voor energie-infrastructuur
14. Taleb (2012) noemt dit anti-fragile: Het fenomeen dat sommige dingen beter worden dankzij verstoringen, dus het tegengestelde van kwetsbaarheid. Dit fenomeen treedt op bij allerlei onderwerpen. Zoals kort, intensief sporten leidt tot meer spierkracht, en een inenting van verzwakte ziektekiemen tot een sterker afweersysteem.
15. FME en Energy Storage NL (2019), Nationaal Actieplan Energieopslag en Conversie
16. Om precies te zijn de data die zij krijgen via de P3 poort en via de P4 poort beschikbaar wordt gesteld aan derden. Slimme meters hebben ook een P1 poort waarmee data kan worden verzameld.
17. ACM (2019), visie datagovernance energie

Afb. P.26

IMPLICATIES EN CONCLUSIES

Technologisch

Met het Patchwork ontstaat een energie-ecosysteem waarbij innovatie kan floreren. Er is immers niet één grote afnemer, maar een heleboel individuen. Het is daarmee geen rationeel en robuust systeem, maar het is eerder intuïtief en veerkrachtig. Technologisch zijn er daarom in het begin veel uitdagingen, maar doordat het Patchwork intrinsiek een lerend systeem is, kan het op termijn efficiënter uitpakken. Technologische implicaties zijn:

> **Dominantie zonnecellen**: zonne-energie is bij uitstek de opwekkingstechnologie in steden. PV cellen kunnen overal op 'geplakt' worden zonder overlast te veroorzaken. Dit levert echter een mismatch in vraag en aanbod op, waardoor er veel balancering nodig is dmv. elektriciteitsopslag en vraagbeïnvloeding.

> De opwekpotentie van elektriciteit in een aantal gebieden, vooral dichtbebouwde gebieden en industriegebieden, **niet voldoende om in haar eigen behoefte te voorzien.** Er zullen dus innovaties ontstaan om het rendement van bestaande toepassingen te verhogen, energiegebruik te verlagen en veel directer op te wekken op zeer kleine schaal (á la het rekenmachientje met een pv cel of trappedalen om een computer aan te zwengelen).

> Dit heeft ook effect op keuzes voor warmte: **in dichtbebouwde gebieden zal te weinig stroom zijn voor warmtepompen.** Passiefsystemen, biogas en waterstof uit het buitengebied en eventueel ondiepe geothermie zullen daar dominant zijn.

> **De opslag van energie zal sterk decentraal zijn, en daardoor afhankelijk van kleinschalig toe te passen technieken,** zoals in eerste instantie batterijen en warmtevaten. Er is nog geen bewezen techniek voor langdurige elektriciteitsopslag (om een winter te overbruggen) waarbij geen conversie naar moleculen plaatsvindt – en door de beperkte ruimte in stedelijk gebied kunnen de conversieverliezen die hierbij horen niet lokaal opgevangen worden. Op kleinere schaal kunnen electrolyzers ingezet worden. Conversieverliezen zijn vervolgens in te zetten door restwarmte die ontstaat als er veel zonne-energie is, op te slaan in een WKO.

> **Technieken die te complex zijn om op kleine schaal toegepast te worden – zoals raffinage of diepe geothermie – zullen minder voorkomen.** Maar ook hier zullen schaalvoordelen kleiner worden. Bioraffinage heeft bijvoorbeeld minder schaalvoordelen dan huidige chemie, zeker omdat biomassastromen veel minder centraal zijn.

> Er komt veel meer aandacht voor het **radicaal verminderen van het energieverbruik:** isolatie, OV, lopen en fietsen, zelf energie opwekken, etc. Als energie er niet is, gebruik je het ook niet. Een Patchwork zal daarom technisch dicht bij de trias energetica liggen: eerst besparen, dan duurzaam opwekken.

> De **ontwikkeling van interfaces tussen het elektriciteitsnetwerk en de laadtechnologie van auto's**; tussen routing en planning van ritten; en tussen (deel-) fietsen, treinen en auto's maakt energiebesparing en –uitwisseling mogelijk.

> Het is **nodig om data- en handelsplatformen te ontwikkelen en demonstreren** die leiden tot meer flexibiliteit en duurzame energieproductie. Deze moeten gebruiksvriendelijk en veilig zijn, rekening houden met privacy en vrije keuze stimuleren.

> Relevant is het verschil begrijpen tussen de 1 en 3 fase aansluitingen. Bij 3 fase aansluitingen kan het zijn dat een thuisbatterij en de diverse zonnenpanneel installaties aan verschillende fasen (en dus fysiek gescheiden electranetten) in de wijk en buurt zitten. **Feitelijk wordt dan helemaal niets gesaldeerd** en blijft het risico bestaan dat de lokale netten snel overbelast raken.

De energiemix van het patchwork zal sterk verschillen per patch, maar er zijn wel een paar algemene uitspraken te doen. In een Patchwork zal in de gebouwde omgeving opwekking door middel van PV cellen een grote rol spelen, waarbij piekopslag vooral in batterijen achter de meter plaats vindt. **Moleculen zullen een rol spelen voor seizoensopslag**, behalve in oude binnensteden waar warmte uit moleculen (biogas en/of waterstof) nodig is om gebouwen op temperatuur te houden. In het buitengebied zal er productie zijn van moleculaire dragers, doordat er veel energie beschikbaar is (zowel duurzaam opgewekte elektriciteit als biomassa) die lastig is te transporteren. Mobiliteit zal afnemen en grotendeels elektrisch zijn.

Economisch

Het Patchwork is economisch een **veerkrachtig systeem,** omdat het uit een heleboel kleine elementen en investeringen bestaat, in plaats van enkele grote. Dit vermindert de afhankelijkheid van de keuzes van enkele grote partijen. Daarnaast is er minder energie import met haar bijbehorende afhankelijkheden. Bovendien zijn er veel meer mogelijkheden voor lokaal optimale oplossingen. Dit in tegenstelling tot grotere infrastructuren met grote (voor)investeringen.

> Patchwork is in beginsel niet de meest goedkope benadering om aan het klimaatvraagstuk te beantwoorden. Efficiency van de systemen zijn niet de allerbelangrijkste driver voor aanleg. Maar het risico is ook veel kleiner; **een misinvestering heeft een kleine impact.** Bovendien kan het Patchwork een kostenbesparende **gedragsverandering** als gevolg hebben, omdat mensen veel directer de consequenties van hun energiegedrag merken. Op termijn kan het Patchwork dus best eens de **meest betaalbare richting** zijn.

> Peer to Peer financiering en microkredieten zullen in het Patchwork een belangrijke rol spelen.

> Het is nodig om economische incentives en verdienmodellen voor prosumers en bedrijven die flexibiliteit, gedeelde assets en lokale zelfconsumptie stimuleren via fiscale en prijsmechanismen (lokaal) te ontwikkelen.

> Alle locaties waar het net overbelast raakt en onbalans wordt veroorzaakt lenen zich voor de **ontwikkeling van opslag en flexibiliteit**. De businesscase hiervan verbetert door het combineren van verdienmodellen (bijv. energiehandel, congestiemanagement, zelfconsumptie en netbalancering) het verlagen van de drempels om op deze markten deel te nemen en het wegnemen van onzekerheid rond het beleid.

Een belangrijk aspect is financiering, omdat het over het algemeen geen draagkrachtige partijen zijn die de investeringen doen. **Gebouwgebonden -of zelfs wijkgebonden- financiering i**s daarom belangrijk (in plaats van persoonsgebonden financiering). Voordeel is dat bij meer lokale investeringen, kost en baat dicht bij elkaar liggen - degene die investeert is degene die profiteert. Een groot risico is oplopende kosten wanneer niet iedereen mee wilt doen - en dat terwijl vrijheid juist hoog in het vaandel staat in het Patchwork.

Er ligt een sterke samenhang met de maatschappelijke paragraaf waar het gaat om solidariteit en mogelijkheden voor iedereen om mee te profiteren van de energietransitie – economisch betekent een systeem met kleine achtervang namelijk ook een grotere leveringszekerheid en daarmee investeringszekerheid.

Maatschappelijk

> Het Patchwork wordt door iedereen samen gebouwd, en **mensen dragen de lasten, maar zeker ook de lusten**. Daarom is het een aanvliegroute die op een groot draagvlak kan rekenen. Bovendien wordt er minder geïnvesteerd in opwekkingstoepassingen die een grote ruimtelijke impact hebben.

> Mensen hebben meer keuzevrijheid, waardoor er een **veerkrachtiger en meer gedragen energie-ecosysteem** zal ontstaan. Je kan zelf kiezen voor geldbesparing of juist meer comfort, voor een efficient systeem met veel risico's of juist een bewezen systeem met lager rendement, etc.

> Om het Patchwork te laten slagen moet het energiesysteem behapbaar zijn. Er zijn dus **grote innovaties nodig om het systeem simpeler te maken.** Nieuwe toepassingen, zelfs al breed toegepaste systemen zoals WKO, zijn vaak nog behoorlijk kwetsbaar en moeilijk te managen door particuliere eigenaren, vergeleken met een buis waar gas uit komt en je een vlammetje bij houd. Toepassingen als augmented reality, gekoppeld aan het IoE, kunnen helpen systemen te monitoren en gebruikers te begeleiden in het klein-onderhoud van het systeem.

> **Veiligheid is een issue.** Het wordt aantrekkelijk zelf te gaan knutselen en energiesysteempjes aan te leggen.

> Solidariteit en community zijn belangrijke pijlers onder het Patchwork. Het is makkelijker voor welvarende mensen om sneller duurzaam te worden, en individuele systemen kunnen voor hen goedkoper zijn dan collectieve systemen. Er moet dus **nagedacht worden over een manier om ook minder welvarende huishoudens de mogelijkheid te geven energieneutraal of –positief te worden.** Een rol hierin kunnen te vormen communities spelen, die op lokaal schaalniveau energie uitwisselen. Heb jij een hoog dak met veel wind? Misschien kan je dan elektriciteit aan de buren verkopen, die hun schuur vol hebben gezet met batterijen omdat de auto de deur uit is. Wellicht dat door dit type uitwisseling ook solidariteit ontstaat, al is er ook een risico op 'have's en have-not's.

> Het energiesysteem zal **uitermate zichtbaar zijn** op plekken waar energie wordt gebruikt. Er is geen afwenteling meer: waar jij energie gebruikt, moet je iets bedenken om het op te wekken. Windmolens op zee zijn er vooral ten bate van de industrie, dus lagere overheden kunnen niet meer zeggen dat het restant daar wel vandaan komt. Het elektriciteitsnetwerk is hiervoor ook niet toereikend.

> Er ontstaan regionale verschillen in energie-opwekking, vanwege het consumptiegedrag en mogelijkheden voor opwekking die lokaal verschillen. Hierdoor kan de energietransitie binnen een **Patchwork bijdragen aan regionale identiteit.**

> De burger kan behoefte hebben aan begeleiding door de overheid of private organisaties. **Het kan zelfs zo zijn dat er uiteindelijk alsnog in de private sfeer dominante spelers ontstaan die juist hier groot in worden:** het begeleiden van het opzetten van energiesystemen en het handelen met de opgewekte energie, zoals we bij veel deelplatforms zien - bijv. AirBnB of Marktplaats. Systemen die technisch open zijn (iedereen kan leveren en afnemen) en digitaal gewaarborgd (blockchain) kunnen dit voorkomen.

> Doordat er een veel merkbaardere relatie is tussen gedrag en systeem, (meer energiegebruik is direct hogere kosten) kan een Patchwork bijdragen aan een **groter bewustzijn mbt energiegebruik.** Vanwege de eigen verantwoordelijkheid kunnen burgers ook kiezen voor meer energiecomfort, maar dit kost geld of er moet meer opgewekt worden.

> **Minder vervoersarmoede**; autoluwe woon-, werk- en winkelwijken; zeer drukke hoofdaders en pick up/ drop off punten

> Uit ervaring is gebleken dat de wijkaanpak om van het gas af te gaan voor een dynamiek zorgt waar gemeenten nog niet de juiste aanpak voor een soepele overgang hebben gevonden. Het gaat om grote investeringen die zich lastig terugverdienen, en **wanneer niet iedereen mee doet lopen de kosten op**.

Institutioneel

Het Patchwork is een resultante van een algemene terugtrekking van de overheid. Waar nodig stimuleert de overheid, bijvoorbeeld met belasting, subsidies en financieringsmogelijkheden. Maar verder zullen de teugels gevierd worden.
Waar het rijk en gemeente een grote rol blijven spelen is bij normering en veiligheid. Het Patchwork is modulair, maar moet in staat zijn op elkaar aan te sluiten. Daarom is een standaard nodig voor energie-uitwisseling. De gemeente zal ook na moeten denken over de ruimtelijke consequenties van het Patchwork, al is duidelijk dat het huidige kader van welstand- en vergunningscommissies zichzelf opnieuw uit zal moeten vinden. De visuele impact van energie-opwekking vraagt om een geheel nieuwe kijk op ruimtelijke kwaliteit, waarbij niet behoud maar vernieuwing een hoofdrol speelt.

> **Integrale gebiedsontwikkeling** die nu gericht is op een nieuwe inrichting van de wegen en straten, wetgeving rond autonome voertuigen en eigenaarschap

> Het ontwikkelen van **een model voor energiedata governance** dat gebaseerd is op maatschappelijke waarden rond gezonde marktwerking, dataeigendom, privacy, non-discriminatie en transparantie, is noodzakelijk.

> Het is nodig om **peer to peer transacties mogelijk te maken,** waarbij prosumers eigendom blijven van hun data, zelfstandig toegang krijgen tot markten (het bestaande systeem balansverantwoordelijkheid (BRP's) is hierbij een obstakel) en het introduceren van (lokale) tijd- en plaatsafhankelijke prijzen van energie en netwerkkosten.

Conclusies

> Niet alleen opwekking en isolatie, maar ook **infrastructuur om energie uit te wisselen en op te slaan gaat het straatbeeld bepalen** op plekken waar veel energie gebruikt wordt (de gebouwde omgeving) en het straatbeeld veranderen. Tal van kastjes met accu's, waterstofcellen, warmtebuffers, biovergisters, noem maar op zijn een grote ruimtelijke opgave in de toekomst.

> Gebieden die zich lenen voor individuele energie-oplossingen, en waar dus bespaard kan worden op infrastructuur, zijn vaak ook gebieden die veel energie kunnen opwekken (bijv. buitengebied/agrariërs). Als je op netwerkinfrastructuur wilt bezuinigen, moeten er daarom **netwerkoplossingen gevonden worden voor het aanbod van energie, in plaats van de vraag.** Omzetting in moleculaire dragers (H2) tbv. mobiliteit lijkt een grote kans, omdat tankstations gelijkmatig over het buitengebied verspreid zijn.

> Op termijn zou de energietransitie wel eens een **nieuwe suburbanisatie** teweeg kunnen brengen als collectieve oplossingen (warmtenetten) falen of te duur blijken.

> Een patchwork benadering is misschien niet de meest efficiente, maar is wel veerkrachtiger dan een centrale aanpak.

> Hoe kleinschaliger gekeken wordt naar oplossingen, hoe dominanter elektriciteit is tov. Warmte en moleculen – en zonder voldoende balancering en uitwisseling dus ook een grotere druk op het elektriciteitsnetwerk.

> Met een patchwork benadering wordt de energietransitie een identiteitsbepaler voor gebieden: het levert ruimtelijke diversiteit op.

Afb. P.27 - DIY Elektriciteitsgrid

Afb. P.28 - Energieparasiet

Afb. P.29 - Overal kleinschalige opwekking

3.
MAINFRAME

POSITIONERING
KOSTENEFFICIENTE CO_2EQ-MAATREGELEN
REALMS
CASES
- **Redundantie door Smart Multi Commodity**
- **Smart Thermal Grid**
- **Zuid-Houtland**

IMPLICATIES en CONCLUSIES

Afb. M1: Opening van de snelweg tussen Amsterdam en Utrecht in 1953.
Bron: www.geheugenvannederland.nl, 2018.

Mainframe 2050

In 2050 is de ondergrond van Zuid-Holland totaal veranderd. Op veel plekken wordt geothermie naar de ondiepe ondergrond opgepompt en getransporteerd via ondergrondse thermal backbones. Vervolgens wordt het gedistribueerd via ondergrondse warmtenetten voor de lage temperatuur warmtevraag (<100°C) van de gebouwde omgeving en glastuinbouw. Voor de hoge temperatuur warmtevraag (>100°C) van de industrie wordt elektriciteit van Wind op Zee omgezet naar waterstof en via ondergrondse waterstofleidingen getransporteerd of opgeslagen in oude gasvelden onder land. Oude gasvelden onder de Noordzee worden gebruikt voor CO_2-opslag.

De uitgebreide ondergrondse energie-infrastructuren gevoed met hernieuwbare bronnen zijn voorwaardescheppend voor nieuwe industrie. Infra zal leidend zijn voor ontwikkelingen.

De grootste ruimtelijke impact is tijdelijk en zit hem in het uitbreiden en aanleggen van nieuwe ondergrondse leidingen en kabels. Zoals thermal backbones en waterstofleidingen tussen grote aanbieders en vragers van energie. Daarnaast zullen biobased grondstoffen en (half)fabricaten getransporteerd worden tussen de haven van Rotterdam naar Rotterdam The Hague Airport, Moerdijk, Amsterdam, Antwerpen, Terneuzen en verder.

Het Mainframe grid vormt daarmee een hernieuwde ontginning van de Zuid-Hollandse ondergrond.

- BIO raffinage industrie
- BIO chemische industrie
- Recycling-installatie
- conversiestation
- elektriciteitsproductie
- elektriciteitsproductie wind
- 380 kV-net
- 150 kV-net
- 380 kV-station
- elektriciteits-gebruik
- waterstofproductie (H_2) *-elektrolyse*
- indicatief tracé waterstof netwerk
- aanpassing compressorstation
- doublet, 0,5 PJa^{-1} per put (Trias)
- doublet, 0,15 PJa^{-1} per put (Krijt)
- hoofdwarmteleiding / thermal Backbone
- aangesloten op warmtenetten (<1,5 km tot bron/warmte-infra)
- restwarmtebronnen (getekend oppervlakte naar vermogen)
- warmteproductie uit oppervlaktewater
- warmteproductie verbanding H_2
- procesefficiëntie warmte
- warmteproductie
- (bij)productie H_2 bij industrieel proces
- H_2-gebruik
- waterstofopslag in oude gasvelden
- syngas-productie
- biogas-leiding
- biogas-productie
- biogas-gebruik
- bio-naphtha-leiding
- bio-naphtha-productie
- CO_2-leiding
- CO_2-productie
- CO_2-gebruik
- CO_2-opslag Noordzee
- nieuwe industrie
- bestaande industrie
- water

Mainframe
Leiden
Den Haag
Rotterdam
Dordrecht

Afb. M2: Aanleg van het gasnetwerk in 1963. Bron: Dick Coersen/ANP, 2018.

POSITIONERING

Het MAINFRAME-perspectief: een introductie

De gevolgen van klimaatverandering worden overal merkbaar. In Zuid-Holland zal het wassende water en het extreme weer grote impacts hebben. Maar door de ligging aan zee bestaan juist hier in Zuid-Holland ook kansen in de energietransitie. De combinatie van veel wind en zonuren en een hoge dichtheid aan grote energievragers, zorgt ervoor dat energievraag en hernieuwbaar aanbod direct aan elkaar kunnen worden gekoppeld. Daarnaast heeft de provincie nog een extra troef in handen: de onzichtbare maar enorme hoeveelheid aanwezige thermische energie in de ondergrond, in de vorm van geothermie. Dit roept toch om een centraal gecoördineerde aanpak om deze potentie te ontsluiten?

De hele keten

Het uitputten en vervuilen van de aarde wordt door steeds meer bedrijven en individuen gezien als een no-go area. Het keren van de klimaatverandering voor zover die het gevolg is van menselijk handelen vereist daarnaast een bredere aanpak dan alleen ons energie-eindgebruik te verminderen en te verduurzamen. En hierin ligt een enorme kans. De systemen die menselijke basisbehoeften zoals voedsel, water, energie en goederen vervullen moeten integraal worden aangepakt. Nadrukkelijk wordt focus gevraagd op de energie en grondstoffen in alle ketens. Immers, in alles wat wij gebruiken zit energie- en grondstoffengebruik verscholen (embodied energy en embodied carbon): in de kleren die we dragen, in ons eten, in de isolatiematerialen die we gebruiken, in ons vervoer en in onze verwarming.
De onderliggende en meest fundamentele opgave is om te schakelen van een op fossiele bronnen gebaseerde, naar een circulaire en biobased economie gebaseerd op hernieuwbare bronnen. Een transparante afweging van de verschillende opties voor verduurzaming van het energie- en grondstoffensysteem is daarbij cruciaal.

Toekomstbestendig

Zuid-Holland kan met de Rotterdamse haven, diens industriële clusters en de bestaande aanlandingen van Wind op Zee diens positie versterken als belangrijke schakel binnen de BV Nederland. Grote stromen van hernieuwbare (energie)grondstoffen zullen over zee het gebied binnenkomen en hier worden verwerkt, op- en overgeslagen en doorgevoerd. Hiermee kan Zuid-Holland opnieuw een cruciale hub-functie vervullen van waaruit de rest van Nederland en Noordwest-Europa wordt bediend en voorzien in hun behoefte naar energie en grondstoffen. Zuid-Holland kent een aantal belangrijke hoogspanningsnet knooppunten -HS-stations- voor de afvoer van de elektriciteitsproductie van de huidige centrales in het gebied en voor de aanvoer naar grote elektriciteitsgebruikers. Met de aardgas-backbone die door het gebied loopt, de CO_2-infrastructuur, en andere infrastructuren zoals (vaar)wegen en spoor, speelt Zuid-Holland ook een cruciale rol in de energietransitie van heel Nederland en daarmee ook naar een duurzame BV Nederland.

Naast een transport- en logistieksector van wereldklasse beschikt Nederland en in het bijzonder Rotterdam ook over een uitgebreid buisleidingennetwerk. Via dit ondergrondse netwerk worden industriële gassen zoals stikstof, waterstof en zuurstof tussen clusters zoals Rotterdam en Chemelot in Nederland uitgewisseld met industrieën in Antwerpen, Gent, in België tot aan Duinkerken en Waziers in Frankrijk. Voor de transitie naar een duurzaam energie- en grondstoffensysteem kunnen deze buisleidingen -met name voor het transport van waterstof- belangrijk worden.

Tenslotte is Nederland goed aangesloten op internationale gas- en elektriciteitsnetwerken en vervult het een belangrijke schakel (gasrotonde) tussen de landelijke netten van Engeland, Duitsland, Scan-

dinavië en België. Dat geldt ook voor elektriciteit. De zogenoemde zee-interconnectoren met het VK, verbonden met Rotterdam, Noorwegen en Denemarken vanuit de Eemshaven zorgen voor een robuust Noord-Europees elektriciteitsnetwerk.

Interoperabiliteit energie-infrastructuren

Door alle energiesystemen met elkaar te verbinden op een hoog netwerkniveau kan onderling grote hoeveelheden energie uitgewisseld worden bij tekort en/of overschot op een energiesysteem. Ook kan er dan zo optimaal mogelijk worden gestuurd op het balanceren van vraag en aanbod van alle energiemodaliteiten. Zo ontstaat een robuust toekomstbestendig energiesysteem en kan in de keten van bron naar afname onderweg nog gewisseld worden van energiedrager. Dit zorgt ervoor dat transport van energiedragers van bron tot lokale distributienetwerken niet gebonden is aan een specifiek type energie-infrastructuur -het doel (bijv. warmtecomfort bij eindgebruikers) heiligt de middelen- (infrastructuur).

Uitgangspunten Mainframe

De transitie naar een circulaire economie en de uitwisseling van o.a. andere warmte, CO_2, biogas, elektriciteit, waterstof en biomassa vraagt om nieuwe, of slim hergebruikte infrastructuren (bijvoorbeeld warmtenetten) en buisleidingen. Voor veel van deze systemen geldt dat opschaling leidt tot een robuuster en efficiënter systeem (economy of scale). Bundeling van deze systemen en bijbehorende infrastructuren maakt ruimtelijke inpassing eenvoudiger en veelal mogelijk in bestaande leidingtracés of langs andere infrastructuren. Hiermee is een ‘circular Mainframe’ denkbaar dat voorwaardenscheppend zal zijn voor de vestiging van biochemische industrie, glastuinbouw, bedrijven en mogelijk zelfs voor de nog te realiseren 200.000 woningen in Zuid-Holland. Het strategisch en proactief sturen op de realisatie van bovenstaande netwerken, leidt tot een robuust grensoverschrijdend ‘multi commodity grid’. Deze hoofdstructuur voor de uitwisseling van grondstoffen en energie zal als ruimtelijk casco fungeren voor toekomstige, duurzame ontwikkelingen en transformaties en deze versnellen.
Daarmee ontstaat het beeld dat de ruimtelijke geografie van toekomstige stromen van duurzame energie en grondstoffen grotendeels samenvalt met de huidige geografie van fossiele stromen.

Ook bestaande voorzieningen zoals de diepzeehaven en overslagpunten zullen opnieuw zwaartepunten blijken in deze netwerken. Daarnaast zullen er nieuwe systemische en ruimtelijke knopen ontstaan die ook nieuwe ruimtelijke en economische ontwikkelingen ontlokken

Transitiepad

Het vergt tijd en collectieve inspanning om de huidige lineaire economie naar een circulair systeem om te vormen. Er moet rekening gehouden worden met nog vele variabelen die op het transitiepad naar een circulaire economie kunnen komen. Dit vraagt om korte- en lange termijn strategieën met groeimodellen en ruimtelijke reserveringen om de transities zo goed mogelijk te kunnen faciliteren, en te kunnen schakelen waar noodzakelijk.

Een proactief opererende en regisserende overheid is nodig, zowel op nationaal, provinciaal, regionaal, als gemeentelijk niveau om de potentie van lokale bronnen te kunnen benutten. De realisatie van robuuste energie- en grondstoffeninfrastructuren vereist ook flink wat samenwerkend vermogen van de diverse-overheidslagen en hun uitvoerende diensten -zoals waterschappen, netwerkbedrijven, ministeries- met de marktpartijen, kennispartners en in het bijzonder met de inwoners van Zuid-Holland. Dit alles vraagt om sturende principes, marktordening en procesoptimalisatie in een gezamenlijke visie op de transities en de infrastructuren in het bijzonder.

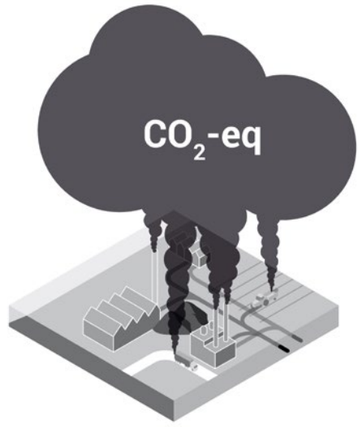
Uitgangspunten

> **Duurzaam en betaalbaar energie- en grondstoffensysteem**
> Een modulair en open Mainframe waar verschillende nationale hernieuwbare bronnen ingezet kunnen worden voor energie en grondstoffen. 'Economy of scale' met een maatschappelijk kostenefficiënt energie- en grondstoffensysteem.

> **Betrouwbaar**
> Belangrijk is het om balans op het netwerk te handhaven, met voldoende buffercapaciteit en een achtervang op een hoger netwerkniveau door internationale connectiviteit en interoperabiliteit (Smart Multi Commodity) tussen energiestromen.

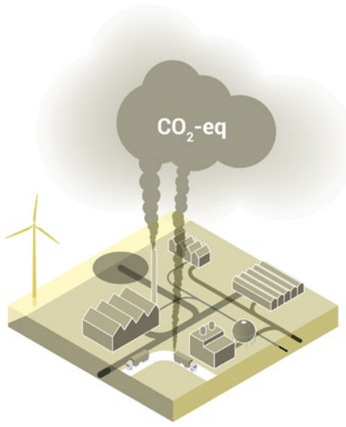
> **Toekomstbestendig**
> Strategische en proactieve sturing op de cruciale infrastructuur. Dit leidt tot een robuust grensoverschrijdend DeltaGrid, dat wellicht pas in zijn volle potentie duurzaam benut gaat worden na 2030. Maatregelen tot 2030 moeten bijdragen aan de doelstellingen van systeemkeuzes tot 2050. Zo zijn bijvoorbeeld warmtenetten gevoed op restwarmte de aanjager voor meer geothermie, en is op zijn beurt weer aanjager om meer restwarmtebronnen aan te schakelen. Ook vanuit kostenefficiëntie is het belangrijk om ook nu al te investeren in cruciale infrastructuur die wellicht pas in zijn volle potentie duurzaam benut gaat worden na 2030.

> **Integrale systeemoptimalisatie**
> De systemen die menselijke basisbehoeften zoals voedsel, water, energie en goederen vervullen moeten integraal worden aangepakt. Zo staren we ons niet blind op het klimaatneutraal maken van alleen het technische deel (bron, conversie, opslag, transport, distributie en afgifte) van het energiesysteem op eigen bodem. Dat is namelijk maar een klein deel van de totale CO_2-uitstoot van Nederland. Er moet nadrukkelijk ook worden gekeken naar de grondstoffentransitie, hoe deze te faciliteren en de daarbij benodigde infrastructuren.



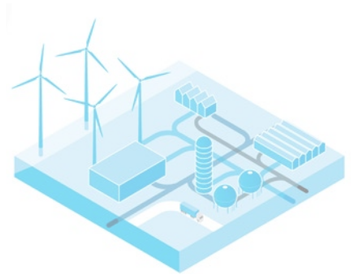
Afb. M3: 2019: huidig grondstoffen en energiesysteem

Morgen beginnen:
- CO_2-productie reduceren
- CO_2-uitstoot afvangen en opslaan
- CO_2-infrastructuur uitbreiden
- Systeem- en procesoptimalisatie o.a. industrie
- Pilots groene waterstofproductie



Afb. M4: 2030: transitie energiesysteem

Transitie energiesysteem grote CO_2-uitstoters en gebruikers, 2030
- Elektrificering industriële processen
- Aanleg waterstofinfrastructuur
- Feedstock pilots
- Warmtenetten glastuinbouw uitbreiden gevoedt met geothermie en restwarmte industrie



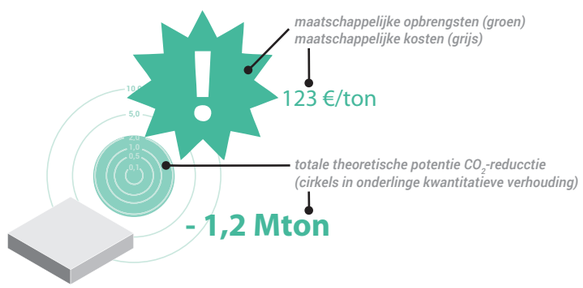
Afb. M5: 2050: transitie grondstoffensysteem

Transitie grondstoffensysteem, 2050
- Biomassa als feedstock
- Grootschalig groene waterstof
- Uitrol feedstockpilots
- grootschalige uitrol warmtenetten
- aanpassen opslagfaciliteiten voor het benodigde volume aan duurzame energie en grondstoffen

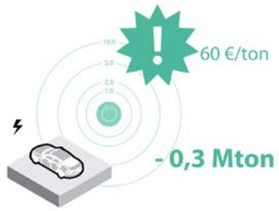
Kostenefficiëntie van CO_2eq reductie-maatregelen

In het Klimaatakkoord zijn verschillende CO_2eq reductiemaatregelen beoordeeld op hun effectiviteit, maatschappelijke kosten baten, en technische haalbaarheid. In dit rapport worden 40 kansrijke maatregelen toegelicht, op volgorde van afnemende maatschappelijke baten naar maatschappelijke kosten in euro per ton CO_2 gereduceerd. In totaal zijn er in het onderzoek van het PBL meer dan 80 maatregelen beoordeeld. Grofweg zijn de oplossingen onder te verdelen in twee kampen, het reduceren van de uitstoot van CO_2eq, of het onttrekken van CO_2eq uit de atmosfeer. Het reduceren van de CO_2eq uitstoot is redelijk rechtlijnig, door zuiniger om te gaan met fossiele energie of om te schakelen naar een energiesysteem zonder schadelijke emissies, verminderen wij onze uitstoot. Ook verminderen wij onze uitstoot door bijvoorbeeld minder vervuilend te reizen, minder hard te rijden of het veevoeder aan te passen van onze melkveehouderij, zodat de koeien minder methaangas uitstoten.

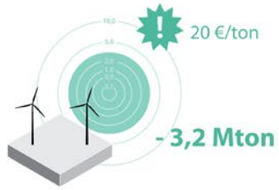
Om de verschillende maatregelen te kunnen vergelijken, passen we de volgende rekenmethode toe. We delen de initiële kosten door de verminderde of onttrokken uitstoot over de hele levensduur. Vervolgens rekenen we deze factor toe naar een euro per ton CO_2. Met die eenheid kunnen we zowel de kosten voor CO_2eq reducerende als CO_2eq onttrokken maatregelen vergelijken. De kosten of opbrengsten gelden de Nederlandse samenleving als geheel. Daarnaast staat per maatregelen de totale theoretische potentie in Mton verbeeld. Niet alle maatregelen zijn even kosteneffectief. In bijgaand schema zijn de kosten (of opbrengsten!) per maatregel verbeeld. Hoe groter de groene ster, hoe groter de maatschappelijke opbrengst is. Hoe groter de grijze ster, hoe hoger de maatschappelijke kosten zijn.



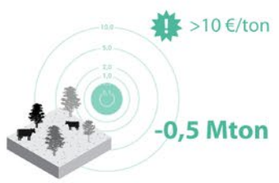
zuinige banden



stimuleren elektrische personenauto's

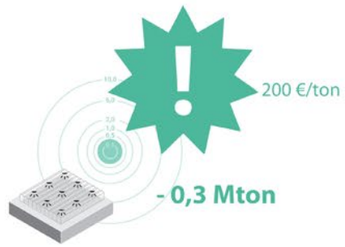


+50 PJ wind op land



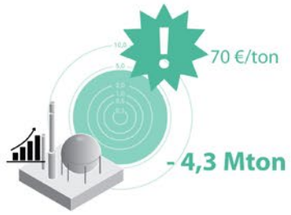
bosbeweiding

teelt tussen bomen

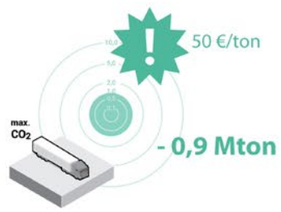


LED verlichting glastuinbouw

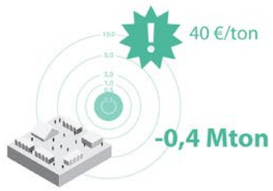
recycling industrie



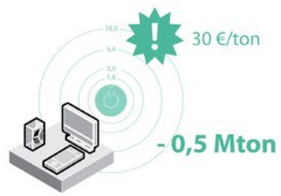
procesefficiëntie industrie



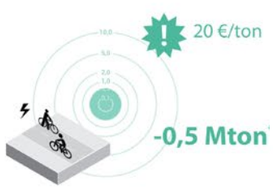
CO2-norm vrachtwagens



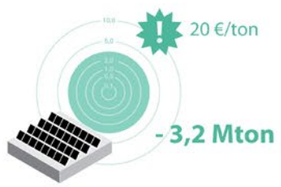
voetgangervriendelijke steden



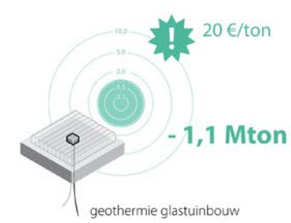
A+++ apparaten



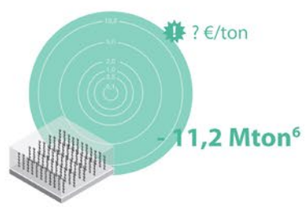
elektrische fietsen



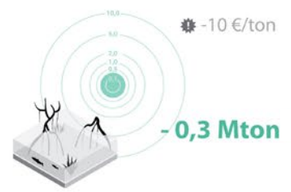
+25 PJ zonnevelden



geothermie glastuinbouw

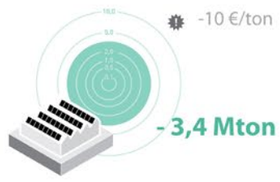


zeewierteelt Noordzee



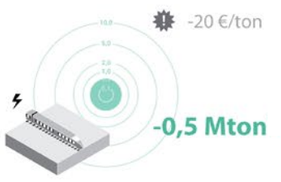
herstel mangrovebossen

slim bosbeheer

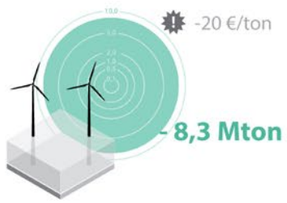


zonPV op bedrijven

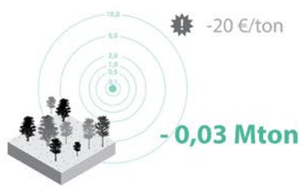
aanplant naaldbossen op open zandgronden



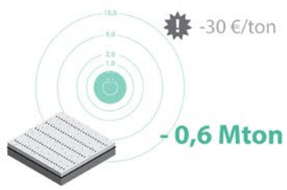
hogesnelheidslijnen



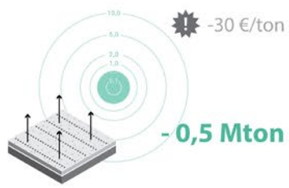
+75 PJ wind op zee



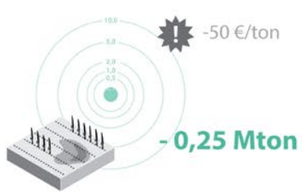
aanplant vochtige loofbossen op veengrond



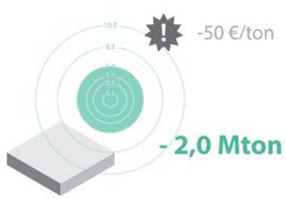
peilfixatie



passieve vernatting

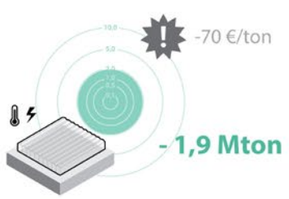


landbouwgrond naar natte landbouw

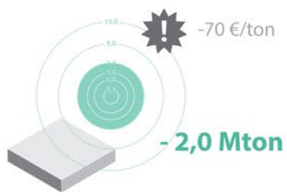


vernatten 50% veenweidengebieden

+75 -150 PJ wind op zee

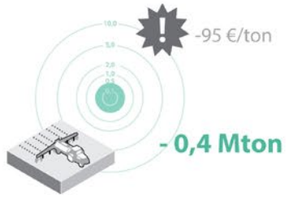


glastuinbouw als energiebron

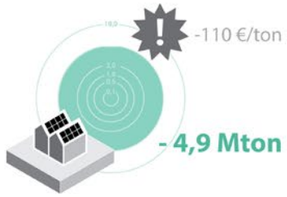


vervaning ophoogzand voor olivijn

CCS industriële emissies

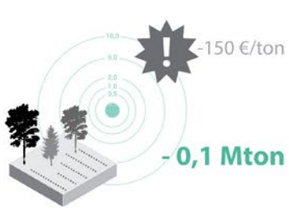


precisiebemesting

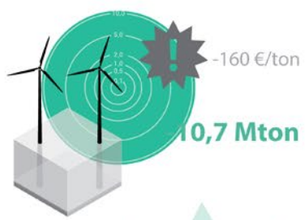


zonPV op woningbouw

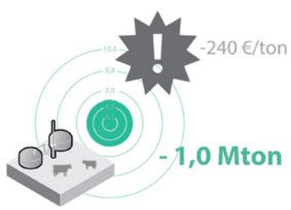
rantsoenaanpassing melkvee



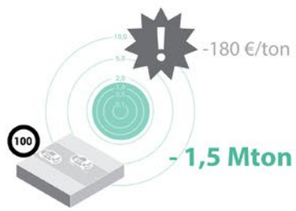
landbouwgrond naar natuur



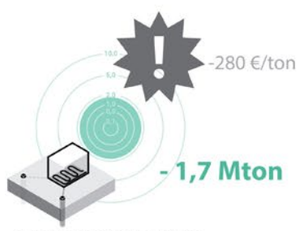
> +150 PJ wind op zee



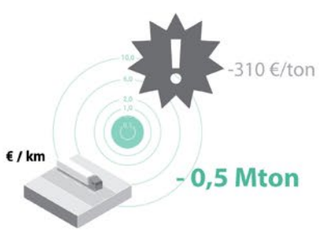
monovergisting mest



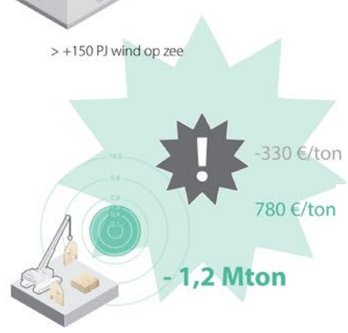
verlagen max. snelheid tot 100km/u



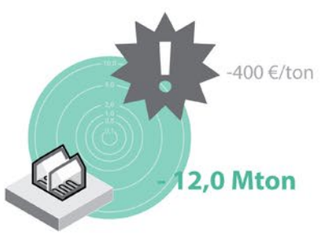
warmtekoudewinning bedrijven



kilometerheffing vrachtverkeer



massive houtbouw 50% woningbouwopgave



nul-op-de-meterrenovatie

e.warmtepomp/zonneboiler

Naast de maatregelen van het Klimaatakkoord putten wij ook uit maatregelen geformuleerd in het boek 'Drawdown'. In dit boekwerk komen 100 van de meest effectieve oplossingen om klimaatontwrichting te keren aan bod. De maatregelen zijn gebaseerd op nauwgezet onderzoekswerk door wetenschappers en beleidmakers over de hele wereld.
Hoewel deze maatregelen dus duidelijk zijn onderbouwd zijn zij niet specifiek toegespitst op de Nederlandse situatie zoals de maatregelen uit het Klimaatakkoord wel zijn. Echter, wij menen dat ze wel een 'orde grote' aangeven over hoe effectief bepaalde maatregelen kunnen zijn en hebben ze daarom ook in dit onderzoek gebruikt.

IoE De koolstof bottom line

Een blik op een toekomst

"Haven wordt belastingparadijs", Tom de la Haye, directeur van de Rotterdamse Haven, is niet gelukkig met de kop boven het interview, maar kan er ergens ook wel om lachen. Hij doelde uiteraard op de koolstofbelastingvoordelen voor nieuwe industrie. Als enige Europese haven wil Rotterdam namelijk aanbieden de resterende CO_2-uitstoot van nieuwe industrie gratis af te vangen en op te slaan via het Zuid-Hollandse Deltagrid. Bedrijven die zich nieuw vestigen in de haven hoeven daardoor geen carbon added tax te betalen, wat de journalist verleidde tot de vette kop.

Wel beschouwd is dit het sluitstuk van een beweging die al twintig jaar eerder is ingeslagen beseft hij. Rond 2020 werd door heel Europa gekozen voor een hogere koolstofbelasting. In de jaren daarna bleek het risico waarvoor de industrie al eerder waarschuwde reëel: industrie verhuisde naar ondermeer de Verenigde Staten, China en Nigeria waar toen nog geen of een lagere koolstofbelasting gold. Niet alleen de petrochemie, maar ook de tuinbouw en producenten van auto onderdelen, filament voor 3D printers, etc. hadden hier last van. Nationaal maar ook internationaal ontstond zo een nieuwe patstelling rond het klimaat.

Op dat moment werd al wel een jaar of tien gesproken over een elegant alternatief voor koolstofbelasting bij de bron. Namelijk een koolstofbelasting die door de hele keten doorberekend wordt aan de klant; de carbon added tax (CAT) op producten. Vergelijkbaar met de BTW. Verschillende landen kunnen daarbij een ander koolstoftarief hanteren en dit aan de grens verrekenen. Omdat met dit systeem producten van buiten de EU het Europese tarief voor de CO_2 ketenuitstoot betalen en de Nederlandse export het in het buitenland geldende tarief, ontstaat een concurrerend internationaal speelveld. Tegelijkertijd wordt het koolstoflek dat dreigde te ontstaan door het wegtrekken van industrie grotendeels gedicht.

De grote, praktische drempel was natuurlijk dat alle bedrijven voor de CAT een aparte energie- en koolstofboekhouding moesten bijhouden. Smart Port Rotterdam, de industrie en de grote Nederlandse accountancybureaus en banken pakten deze uitdaging op in een gezamenlijke tactische meesterzet. In 2024 lanceerden zij na enkele jaren testen het wereldwijde carbonline™ platform voor automatische registratie, validatie en facturatie van CO_2-uitstoot en aanverwante diensten. De tijd was hier rijp voor dankzij de automatisering van boekhouding, de digitalisering van supply chain management en de opkomst van blockchaintechnologie. Het platform bood de innovatieve Europese belastingdiensten en politici een gouden aanbod om uit de impasse te geraken. En stiekem werden ze ook aangetrokken door de welkome, zachte handelsbarrière die daarmee ontstond. In 2026 ging carbonline naar de beurs en groeide snel uit tot een platform dat qua invloed op de wereldwijde supplychains vergelijkbaar werd met het Chinese Alibaba en Amerikaanse Amazon.

Omdat het havengebied met de komst van de carbon added tax minder afhankelijk werd van politieke besluitvorming rond klimaat, kon het havenbedrijf zich volledig richten op de uitbouw van haar datapositie, de warmte en CO_2 infrastructuur en nieuwe CO_2-negatieve industrie. Tom grinnikt nog eens over de krantenkop en kijkt nog eens naar de foto van de carbonline beursgang, waarbij zijn voorganger naast een eveneens apetrotse Europese Commissievoorzitter staat.

Het grootste deel van de CO_2-uitstoot in Zuid-Holland wordt veroorzaakt door de industrie. Het heeft weinig zin om deze CO2 uitstoot alleen vanuit een provincieperspectief te benaderen. De grondstoffen komen uit de hele wereld en de producten vinden hun weg door heel Europa. Op het moment dat dezelfde processen verplaatst worden naar een ander deel van de wereld, schiet het klimaat daar niets mee op. Zeker aangezien die processen in het buitenland meestal minder efficiënt zijn. Wel zal de huidige industrie in het havengebied richting 2050 moeten overschakelen op koolstofarme energiedragers al is het maar omdat veel economische activiteit nu samenhangt met de productie van olie-gebaseerde brandstoffen die de komende decennia zal wegvallen[1]. Zowel voor het klimaat als de concurrentiepositie van het havengebied moet daarom naar de hele energie- en productieketen worden gekeken.

De huidige beleidsinstrumenten en marktregels zijn onvoldoende om de klimaatdoelstellingen op lange termijn te halen en zijn beperkt effectief omdat ze meestal gericht zijn op specifieke technologieën en emissiebronnen en niet op hele ketens. Tot deze conclusie komen CE Delft, Kalavasta en Berenschot op basis van een review van de hoofdlijnen van het klimaatakkoord[2]. Eén van de hoofdinstrumenten waar zij voor pleiten is de Carbon Added Tax (of VEK, verrekening externe kosten). De CAT werkt als volgt: bedrijven houden bij hoeveel koolstof zij toevoegen in iedere stap van het productieproces. Bedrijven betalen aan de belastingdienst een vergoeding voor iedere eenheid CO_2 die zij produceren. Net als bij de BTW, kunnen zij de CAT die zij hebben betaald aan hun leveranciers aftrekken van de CAT die zij afdragen. Uiteindelijk betaalt de consument de totale CAT die over de hele productieketen aan de belastingdienst is afgedragen. De belastingdienst kan met de inkomsten bijvoorbeeld de inkomstenbelasting verlagen zodat de consument netto geen extra belasting betaalt. Wel wordt de consument gestimuleerd om te kiezen voor klimaatvriendelijke producten. Zo wordt een nieuwe een cursus bijvoorbeeld relatief goedkoper dan een nieuwe TV. De productie van een TV kost immers meer CO_2. Dit systeem is voor bijvoorbeeld de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie aantrekkelijker dan een koolstofbelasting. Dit omdat de CAT aan de (Europese) belastinggrens kan worden verrekend. Een product van chinees staal moet bij import naar Europa dan CAT betalen over de hoeveelheid CO_2 die in het productieproces is veroorzaakt, terwijl eenzelfde Europees product dat naar China gaat aan de grens kan worden gecompenseerd als de CAT in China lager is.

Toen het idee van de CAT voor het eerst geopperd werd, was er veel weerstand. In een artikel uit 2009 werd het 'an idea whose time should never come' genoemd omdat 'an economy-wide carbon added tax that would extend through the retail level would impose enormous costs of compliance and administration and thus would not be cost-effective' [3]. Tegelijkertijd is het steeds meer de vraag of er een extra boekhouding moet worden gevoerd. Er zijn al grote hoeveelheden data over het energiegebruik van productieprocessen. Bovendien kiezen bedrijven er nu al steeds vaker voor om dit soort gegevens te verzamelen vanuit hun klimaat- en circulaire ambities , of simpelweg om inefficiënties in het productieproces op te sporen. Daarnaast Ook maken digitale innovaties in de administratie en belastingaangifte zoals bijvoorbeeld grondstoffenpaspoorten, digitalisering van vrachtbrieven, etc. het steeds eenvoudiger en goedkoper om deze administratie te voeren. Het eerder genoemde artikel uit 2009 hield geen rekening met dit soort ontwikkelingen. De tijd staat niet stil en anno 2019 is een CAT al veel kansrijker.

Afb. M7: Haven Rotterdam
Bron: Havenbedrijf Rotterdam

1. *in 2015 werd 1000PJ aan brandstoffen uitgevoerd, ongeveer het dubbele van het gas- en elektriciteitsverbruik van de provincie. Bron Energietransitiemodel*
2. *Kalavasta, CEDelft en Berenschot (2018), Noodzakelijk beleid Klimaatakkoord: een maatschappelijke afweging.*
3. *McLure (2010), the Carbon Added Tax: an idea whose time should never come*

REALMS

Op basis van kostenefficiëntie van CO_2-reductiemaatregelen, ruimtelijke impact en integrale ketenoptimalisatie is een inschatting gemaakt wat de te verwachtte energie- en/of grondstoffenmix is per realm (sector) in het MAINFRAME-perspectief. Op basis van de nu voorhanden zijnde kennis is zeker dat het transitiepad van het verduurzamen van het energie- en grondstoffensysteem zal bestaan uit meerdere decarbonisatiepaden. Deze paden hebben duidelijk verschillende ruimtelijke componenten en energiesysteemonderdelen, die niet noodzakelijker wijs binnen één realm hoeven te vallen.

Verwachtte energie- en grondstoffenmix 2050

Om in 2050 in alle energiebehoeften te kunnen voorzien, met hernieuwbare bronnen, zijn in het Mainframe-perspectief een aantal ketenstappen nodig die zijn vertaald in de afbeelding hiernaast. Hierbij is blauwe waterstof als feedstock voor de industrie ook meegenomen omdat voor deze energiedrager extra opwek-, opslag en transportfaciliteiten moeten komen.
In de afbeelding is te zien dat voor de waterstofvraag voor de hoge temperatuur warmtevraag industrie en feedstock aanvullende elektriciteitsproductie nodig is voor elektrolyse. Er is nadrukkelijk gekozen om zo min mogelijk waterstof te gebruiken voor personenvervoer en ruimteverwarming onder andere omdat dit anders zou zorgen voor nog meer aanvullende elektriciteitsvraag, en daarmee meer windmolens. Bijvoorbeeld als 50% van het personenvervoer in Zuid-Holland op waterstof gaat rijden dan is er nog eens een extra elektriciteitsvraag van 95 PJa^{-1} nodig, mede door conversieverlies.

Gebouwde omgeving

> Houtige biomassa als dé grondstof bij de bouw van woningen, en bij het verduurzamen (isoleren) van bestaande woningen. Hout slaat CO_2 op en heeft zo een dubbel positieve bijdrage.
> Inzet van zoveel mogelijk restwarmte en duurzaam gewonnen aardwarmte, zonnewarmte en omgevingswarmte aangevuld met biogas of waterstof voor piekvraag.

Industrie

> De ruimtelijke geografie van toekomstige stromen van duurzame energie en grondstoffen valt grotendeels samen met de huidige geografie van fossiele stromen. Bestaande voorzieningen zoals diepzeehavens en overslagpunten zullen opnieuw zwaartepunten blijken in deze netwerken.
> Het surplus aan elektriciteit van Wind op Zee wordt via elektrolyse direct op zee, of bij de aanlanding op Maasvlakte II omgezet in waterstof en gebruikt voor de productie van goederen (bijvoorbeeld kunstmest) en de hoge temperatuur warmtevraag van de industrie in de haven.
> Overschotten aan elektriciteit gaan via de industrie (bufferen piekbelasting).
> Daarnaast zal de aanwezigheid van H_2, CO_2, warmte, langs de verbindingen tussen de clusters ook tot nieuwe vestigingslocaties leiden (voorwaardenscheppend) voor industrie.

Landbouw en landgebruik (buitengebied)

> Landbouwvoertuigen zullen rijden op BIO-CNG
> We zien de opkomst van agroforestry, een combinatie landbouw en bosbouw
> Bosbouw vindt plaats voor constructiehout nieuwbouwwoningen

Glastuinbouw

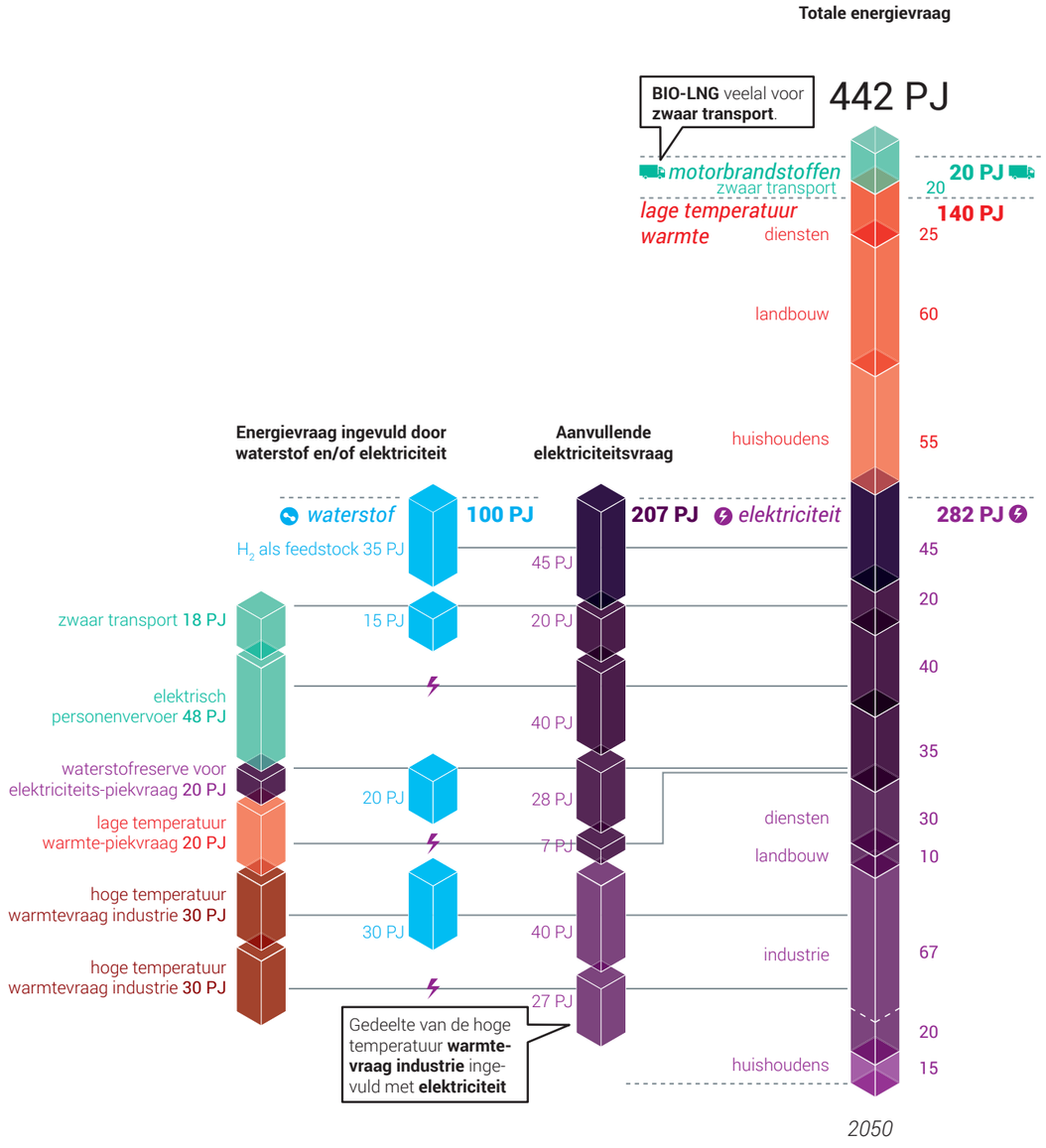
> De warmtevraag glastuinbouw wordt vervuld met geothermie
> Reststromen worden gebruikt voor bioraffinage

Mobiliteit

> Steeds meer transport van goederen en energiedragers zal via buisleidingen (en dus via moleculen) gaan. Dit is goedkoper qua volume en betrouwbaarder. Goed voor ecologie omdat direct bovenop buisleidingen niet gebouwd mag worden.
> Personenvervoer wordt allemaal elektrisch (met uitzondering van een enkele waterstofauto).
> Zware langeafstandstransport met vrachtwagens en binnenvaart vindt plaats op een mix van biobrandstoffen waaronder BIO-LNG of waterstof.

Commoditeiten

Met de focus op het verduurzamen van het energie- en grondstoffensysteem, van bron naar afnemer, zijn de commoditeiten en wijzen van transport van groot belang. Systeem- en ketenoptimalisaties worden gedreven door kostenefficiëntie, beperkte ruimtelijke impact en het beperken/reduceren van energieverlies. Zo kan het optimaliseren van de keten van energietransport leiden tot het gebruik van andere energiedragers onderweg. Bijvoorbeeld kan elektriciteit van Wind op Zee worden omgezet in waterstof en via een gasnetwerk goedkoop vervoerd worden aan land. Zo wordt in sommige gevallen voorkomen dat nieuwe hoogspanningsverbindingen aangelegd moeten worden.



Afb. M8: Duurzame energiemix 2050: aanbod en vraag
De linkerkolom representeert de energievraag die via waterstof (tweede kolom van links) en/of elektriciteit (derde kolom van links) gaat worden ingevuld in dit perspectief. De derde kolom van links is de totale aanvullende elektriciteitsvraag mede doordat waterstof gemaakt wordt via elektrolyse waarbij elektriciteit nodig is (inclusief conversieverliezen). In de rechter kolom wordt deze derde kolom opgeteld bij de verwachte energievraag voor 2050 in de verschillende sectoren.
De baseload warmte in de rechterkolom wordt in het Mainframe-perspectief met name ingevuld door geothermie (133 PJa^{-1}) en restwarmte (50 PJa^{-1}), hiervoor is wel seizoensopslag van warmte nodig (85 PJa^{-1}) zie pagina 98 en 99. De benodigde elektriciteit wordt opgewekt via Wind op Zee (210 PJa^{-1}) en elektriciteitsproductie op land (75 PJa^{-1}) via windmolens en zonnevelden.

2050 ELEKTRICITEITSPRODUCTIE EN WATERSTOFSYSTEEM VERBONDEN

CONVERSIE, HOGE TEMPERATUUR WARMTEVRAAG EN OPSLAG

Voor de opslag en doorvoer van energie van Wind op Zee moet de Rotterdamse haven als havengebied en industrieel cluster, transformeren van een fossiele energiehub naar een meer 'groene energiehub' om, afhankelijk van de vorm waarin de energie aan gaat landen in het gebied, grote CO_2-reductie te kunnen bewerkstelligen voor heel Nederland, maar ook zeker om de toekomstbestendigheid van het gebied te vergroten. Deze veerkracht is van essentieel belang om deze hub-functie te kunnen blijven vervullen in een veranderende wereld.
Zo kunnen we met grote zekerheid zeggen dat de capaciteit van de aanlandingspunten van wind op zee verhoogd worden en de groene waterstofproductie verder wordt uitgebreid. Afhankelijk van de resterende elektriciteit, dat doorgevoerd moet worden naar andere delen in Nederland, moeten de hoogspanningsnetten rond het gebied verzwaard worden.
Met de transitie naar biobased grondstoffen zullen verschillende pilots met waste plastics, bio-naphtha en bio-LNG verder worden opgeschaald.

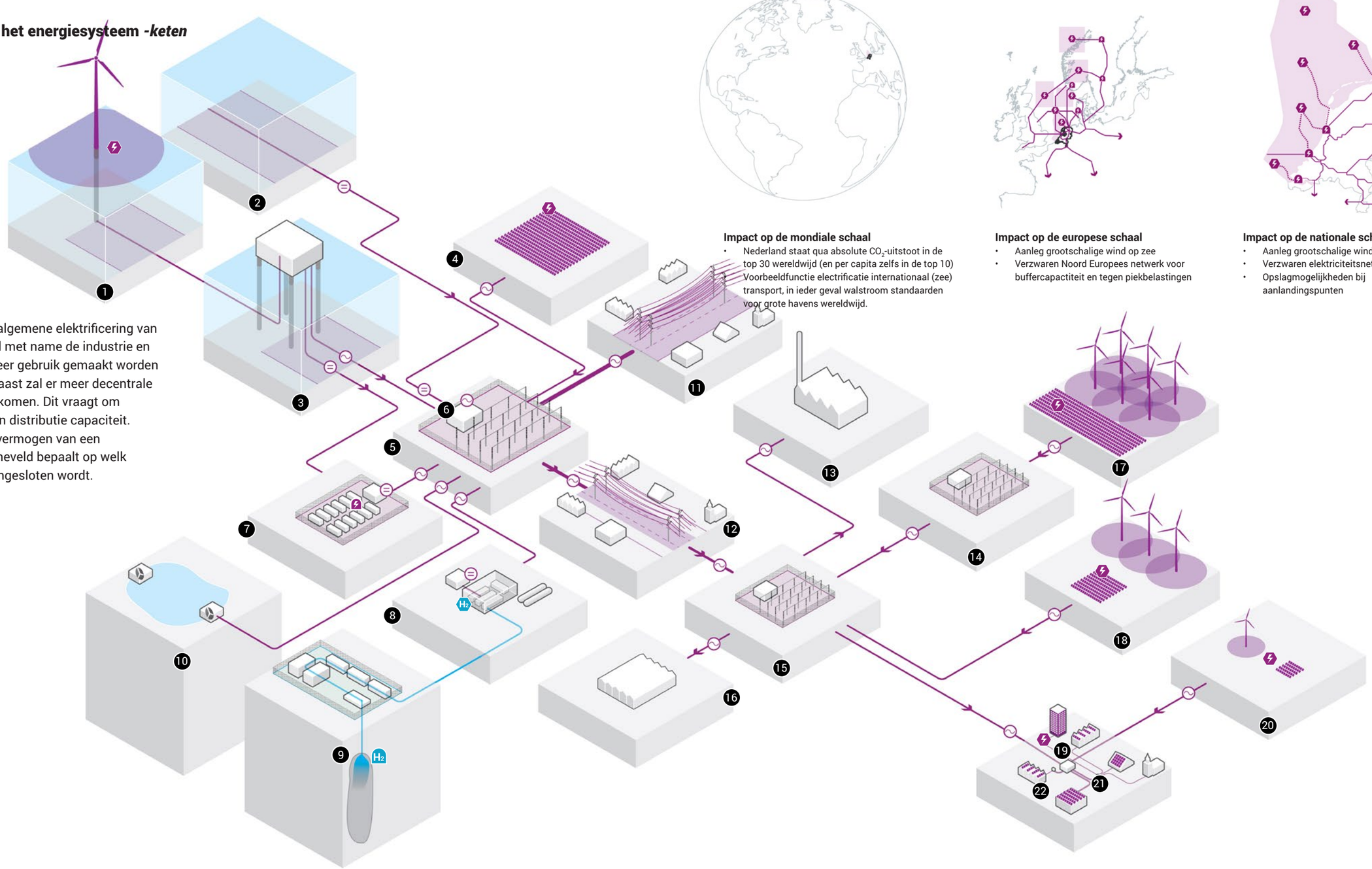
OPGAVE Wind op Zee voor o.a. elektrificatie industrie, waterstofproductie o.a. voor de hoge temperatuurvraag van de industrie, elektrisch personenvervoer:

±200 PJ
(14,5 GW, op basis van 4.000 vollasturen)

- BIO raffinage industrie
- BIO chemische industrie
- Recycling-installatie
- conversiestation
- elektriciteitsproductie
- elektriciteitsproductie wind
- 380 kV-net
- 150 kV-net
- 380 kV-station
- warmteproductie uit oppervlaktewater
- warmteproductie verbanding H_2
- waterstofproductie (H_2) *elektrolyse*
- indicatief tracé waterstof netwerk
- (bij)productie H_2 bij industrieel proces
- gebruik H_2 of opslag
- aanpassing bestaand compressorstation
- waterstofopslag in oude gasvelden (201 pJ / 56 TWh onder land)
- industriegebieden
- water

Mainframe
E.ON-centrale Leiden
Leiden
Energiecentrale Den Haag
Hydrogen to Power voor redundantie elektriciteitsnetwerk nabij HS-station
Smart Multi Commidity energie-uitwisseling
Den Haag
H_2 opslag in lege gasvelden
Centrale RoCa
Rotterdam
Grootschalige elektrolyse bij aanlanding Wind op Zee
H_2 voor hoge temperatuur warmtevraag industrie
HVC Afvalcentrale
Dordrecht
ri. Antwerpen, Chemelot en Ruhrgebied

Elektrificering van het energiesysteem *-keten*



In samenhang met de algemene elektrificering van het energiesysteem zal met name de industrie en bij personenvervoer meer gebruik gemaakt worden van elektriciteit. Daarnaast zal er meer decentrale elektriciteitsproductie komen. Dit vraagt om additionele transport en distributie capaciteit. Het totaal opgestelde vermogen van een windmolenpark of zonneveld bepaalt op welk elektriciteitsstation aangesloten wordt.

Elektriciteitsketen

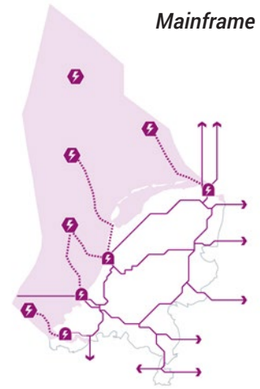
- elektriciteitsproductie
- HS-station
- 380 kV-net
- 150 - 23 kV-net
- 23 - 0,4 kV-net
- elektriciteitsopslag
- gelijkstroom
- wisselstroom
- H_2 waterstofproductie
- H_2 waterstofopslag

Impact op de mondiale schaal

- Nederland staat qua absolute CO_2-uitstoot in de top 30 wereldwijd (en per capita zelfs in de top 10)
- Voorbeeldfunctie electrificatie internationaal (zee) transport, in ieder geval walstroom standaarden voor grote havens wereldwijd.

Impact op de europese schaal

- Aanleg grootschalige wind op zee
- Verzwaren Noord Europees netwerk voor buffercapactiteit en tegen piekbelastingen



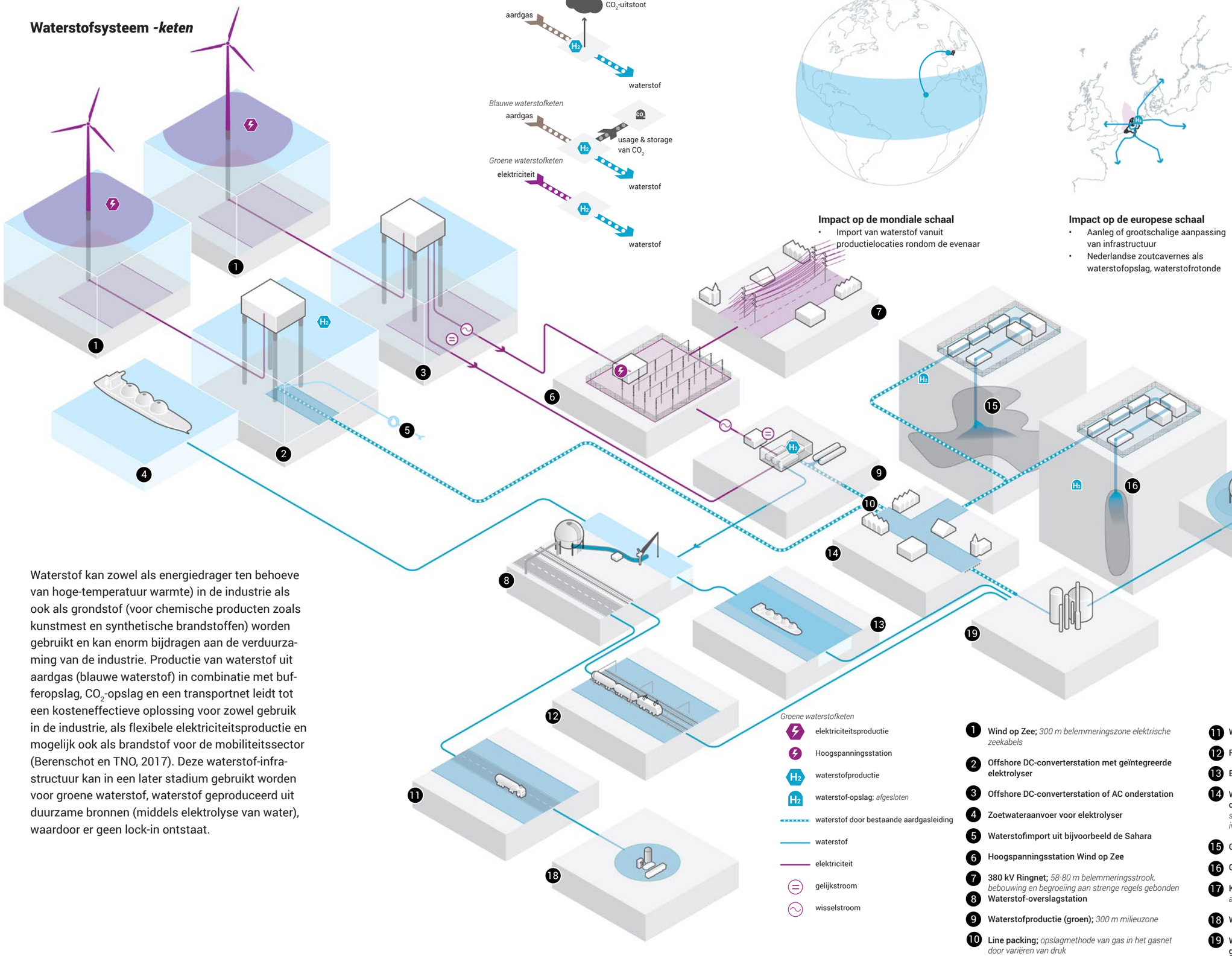
Impact op de nationale schaal

- Aanleg grootschalige wind op zee
- Verzwaren elektriciteitsnetwerk
- Opslagmogelijkheden bij aanlandingspunten

1. Wind op Zee; *300 m belemmeringszone elektrische zeekabels windturbines 7x⌀;afstand tot aanpalende windturbine*
2. Interconnectoren zoals het BriNed 450 kV HV DC
3. Offshore DC-converterstation of AC onderstation
4. X stuks van >3 MW; >75 ha. zon-PV, >75 MW
5. EHS-HS station (van 220 - 380 naar 110 - 150 kV); *4 - 10 ha.; >100 mln. euro*
6. Converterstation 450 kV DC naar 380 kV AC
7. Netopslag batterijen
8. **Waterstofproductie** *(groen); 300 m milieuzone*
9. **Grootschalige waterstofopslag in lege gasvelden**
10. Valmeer
11. 380 kV Ringnet; *58-80 m belemmeringsstrook, bebouwing en begroeiing aan strenge regels gebonden*
12. 110 - 150 kV net;
13. Industriële grootgebruikers elektriciteit verbonden aan HS-MS station
14. HS-TS station (van 110 - 150 naar 25 - 66 kV); *1,5 - 4,5 ha.; >25 mln. euro*
15. HS-MS station (van 110 - 150 naar 3 - 23 kV); *1,5 - 4 ha.; >25 mln. euro*
    TS-MS station (van 25 - 66 naar 3 - 23 kV); *0,2 - 1 ha.; >1,5 - 10 mln. euro*
16. Glastuinbouw aangesloten op TS-MS station
17. <25 stuks 3 MW windturbines; 50 - 75 ha. zon-PV, ong. 50 - 75 MW
18. <4 stuks 3 MW windturbines; 4 - 49 ha. zon-PV, ong. 4 - 49 MW
19. MS-MS station (van 3 - 23 kV); *1 - 3 ha.; 1,35 - 6,5 mln. euro*
20. 1 stuk <1 MW windturbine; 50-75 ha. zon-PV, ong. 1 - 3 MW
21. MS-LS station (van 3 - 23 naar 0,4 kV; ca. 50 - 250 huishoudens); *10 - 35 m²; 35 - 250 euro*
22. Huishoudelijk elektriciteitsgebruikers incl. oplaadunits elektrisch *(personen)vervoer*

BRON: o.a. Industriële grootgebruikers elektriciteit verbonden aan HS-MS station, Netbeheer Nederland, 2019

Waterstofsysteem -*keten*

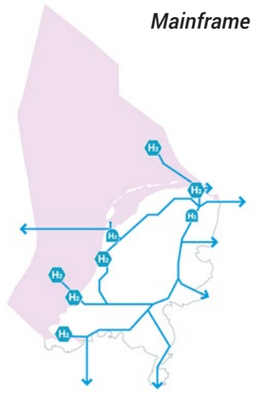


Waterstof kan zowel als energiedrager ten behoeve van hoge-temperatuur warmte) in de industrie als ook als grondstof (voor chemische producten zoals kunstmest en synthetische brandstoffen) worden gebruikt en kan enorm bijdragen aan de verduurzaming van de industrie. Productie van waterstof uit aardgas (blauwe waterstof) in combinatie met bufferopslag, CO_2-opslag en een transportnet leidt tot een kosteneffectieve oplossing voor zowel gebruik in de industrie, als flexibele elektriciteitsproductie en mogelijk ook als brandstof voor de mobiliteitssector (Berenschot en TNO, 2017). Deze waterstof-infrastructuur kan in een later stadium gebruikt worden voor groene waterstof, waterstof geproduceerd uit duurzame bronnen (middels elektrolyse van water), waardoor er geen lock-in ontstaat.

Impact op de mondiale schaal
- Import van waterstof vanuit productielocaties rondom de evenaar

Impact op de europese schaal
- Aanleg of grootschalige aanpassing van infrastructuur
- Nederlandse zoutcavernes als waterstofopslag, waterstofrotonde

Mainframe



Impact op de nationale schaal
- Opslag waterstof in zoutcavernes
- Aanleg grootschalige infrastructuur
- Waterstofproductie bij Wind op Zee aanlanding en/of bij windpark op zee

1. **Wind op Zee;** *300 m belemmeringszone elektrische zeekabels*
2. **Offshore DC-converterstation met geïntegreerde elektrolyser**
3. **Offshore DC-converterstation of AC onderstation**
4. **Zoetwateraanvoer voor elektrolyser**
5. **Waterstofimport uit bijvoorbeeld de Sahara**
6. **Hoogspanningsstation Wind op Zee**
7. **380 kV Ringnet;** *58-80 m belemmeringsstrook, bebouwing en begroeiing aan strenge regels gebonden*
8. **Waterstof-overslagstation**
9. **Waterstofproductie (groen);** *300 m milieuzone*
10. **Line packing;** *opslagmethode van gas in het gasnet door variëren van druk*
11. **Wegtransport waterstof**
12. **Railtransport waterstof**
13. **Binnenvaart transport waterstof;** *1070 m aandachtsgebied*
14. **Waterstof via bestaande aardgasleidingen incl. compressorstations (500m milieuzone);** *buisleidingen in stroken; belemmeringszone ≈5 m aan weerszijden pijpleiding ivm onderhoud; externe veiligheid 250 m*
15. **Grootschalige waterstofopslag in lege gasvelden**
16. **Grootschalige waterstofopslag in zoutcavernes**
17. **Kleinschalige waterstofopslag in tank;** *>30 m onderlinge afstand*
18. **Waterstof tankstation;** *belemmeringszone 35 m*
19. **Waterstofchemie, (industriële) waterstofgebruikers, gascentrales op waterstof;** *200 - 700 m belemmeringszone*

I 2050 VOLOP GEOTHERMIE

LAGE TEMPERATUUR WARMTEVRAAG GEBOUWDE OMGEVING

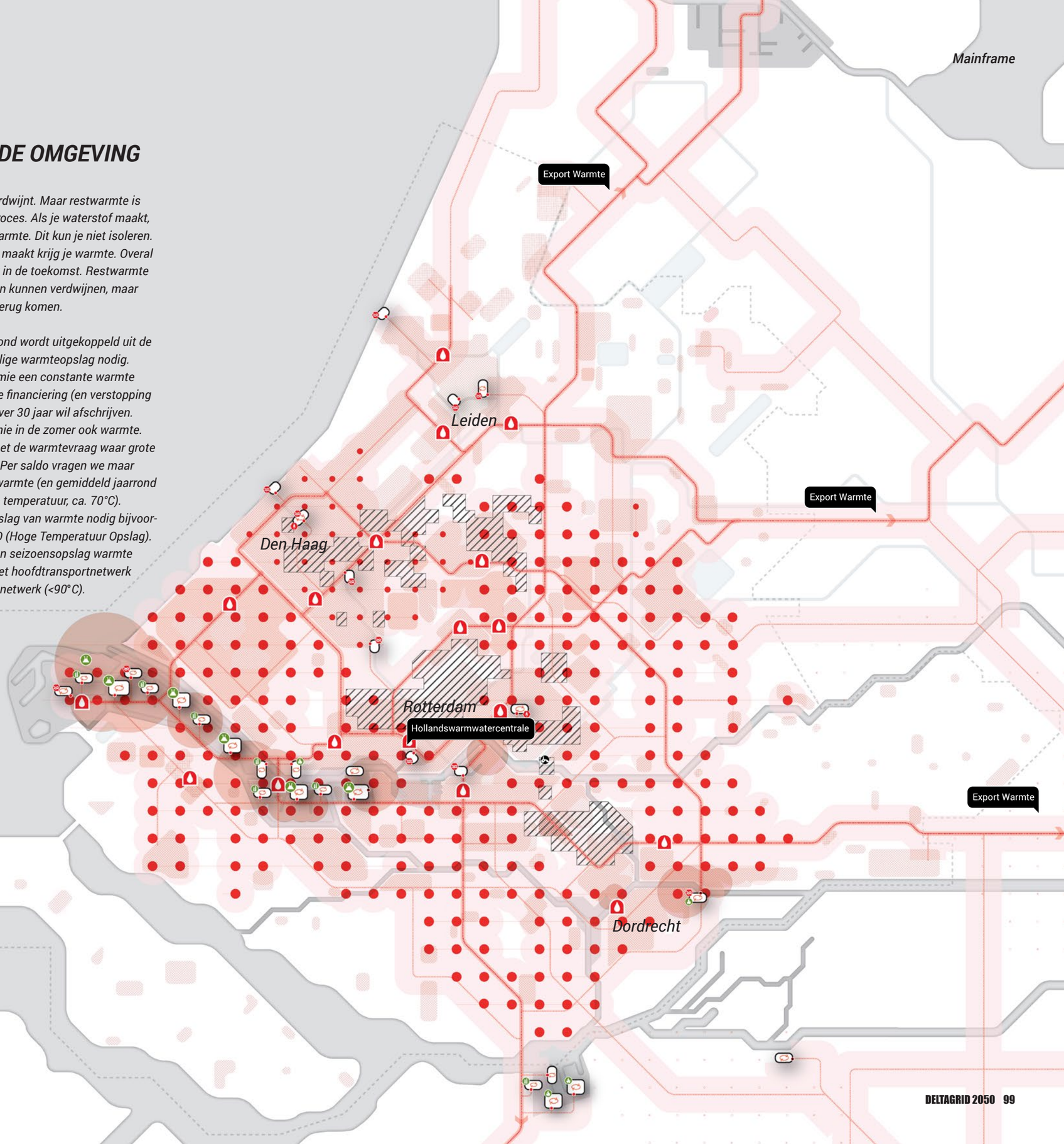
Tot 2050 wordt een steeds groter gedeelte van het bebouwd gebied van stadsverwarming voorzien, waardoor er stapsgewijs een dekkend en robuust netwerk ontstaat, waaraan warmte kan worden geleverd en ontrokken. Op strategische plekken in het netwerk zullen (seizoen)buffers worden aangelegd (LTO Glaskracht, 2013: 6). Alleen in bepaalde delen van het buitengebied waar de dichtheid van de warmtevragers te beperkt is, en ook geen goede kansen voor geothermie zijn, worden nog mogelijke individuele voorzieningen getroffen. Binnen de tijdspanne verschuift het aandeel van de verschillende warmtebronnen. Geothermie (Trias en Krijt) zal langzaam maar zeker de belangrijkste warmtebron worden voor de collectieve warmtevoorziening. Over tijd kan zelfs een deel van de diepe geothermie, waarbij stoom vrijkomt, worden aangewend voor de opwekking van duurzame elektriciteit. Industriële restwarmte zal als (minder duurzame) bron op den duur mogelijk ook worden vervangen door geothermie.
In de loop der tijd zullen er nieuwe duurzame restwarmtebronnen bijkomen (onder andere vrijkomt bij biochemie en elektrolyse), uitgegaan wordt van 50 PJa^{-1} restwarmte in 2050. Mensen denken vaak dat restwarmte verdwijnt. Zoals je een huis kunt isoleren en dan de restwarmte verdwijnt. Maar restwarmte is een onderdeel van een proces. Als je waterstof maakt, krijg je als restproduct warmte. Dit kun je niet isoleren. Als je uit gas elektriciteit maakt krijg je warmte. Overal komt warmte bij vrij. Ook in de toekomst. Restwarmte verdwijnt niet. De bronnen kunnen verdwijnen, maar daar zullen andere voor terug komen.

Als alle restwarmte jaarrond wordt uitgekoppeld uit de industrie, is er grootschalige warmteopslag nodig. Daarnaast moet geothermie een constante warmte leveren in verband met de financiering (en verstopping bij stil zetting) die men over 30 jaar wil afschrijven. Daardoor levert geothermie in de zomer ook warmte. Het matcht echter niet met de warmtevraag waar grote seizoensverschillen zijn. Per saldo vragen we maar circa 3/5 maanden veel warmte (en gemiddeld jaarrond voor warmtapwater hoge temperatuur, ca. 70°C). Daarom is er seizoensopslag van warmte nodig bijvoorbeeld in de vorm van HTO (Hoge Temperatuur Opslag). Strategische situering van seizoensopslag warmte is onder andere tussen het hoofdtransportnetwerk (>90°C) en het distributienetwerk (<90°C).

Lage temperatuur warmtevraag gebouwde omgeving en glastuinbouw ZH 2050 : **±140 PJ**

- doublet, 0,5 PJa^{-1} per put (Trias): totaal 255 putten -> **128 PJa^{-1}**
- doublet, 0,15 PJa^{-1} per put (Krijt): totaal 37 putten -> **5 PJa^{-1}**
- hoofdwarmteleiding / Thermal Backbone
- gebied aangesloten op collectieve warmtenetten (<1,5 km tot bron/warmte-infra)
- restwarmtebronnen (getekend oppervlakte naar vermogen): : **±50 PJa^{-1}**
- Hollandswarmwatercentrale: **±10 PJa^{-1}**
- gascentrale op waterstof voor piekvraag elektriciteit en warmte: **±10 PJa^{-1}**
- procesefficiëntie warmte
- warmteproductie
- Bodem minder geschikt voor warmte-opslag in de bodem (aquifers)
- Seizoensopslag warmte
- conversiestation
- BIO raffinage industrie
- BIO chemische industrie

Gebaseerd op onder andere: TNO,
België: Atelier Diepe Geothermie, VITO, Heat Plan 2020
Duitsland: Heat roadmap Europe, Geothermal Atlas

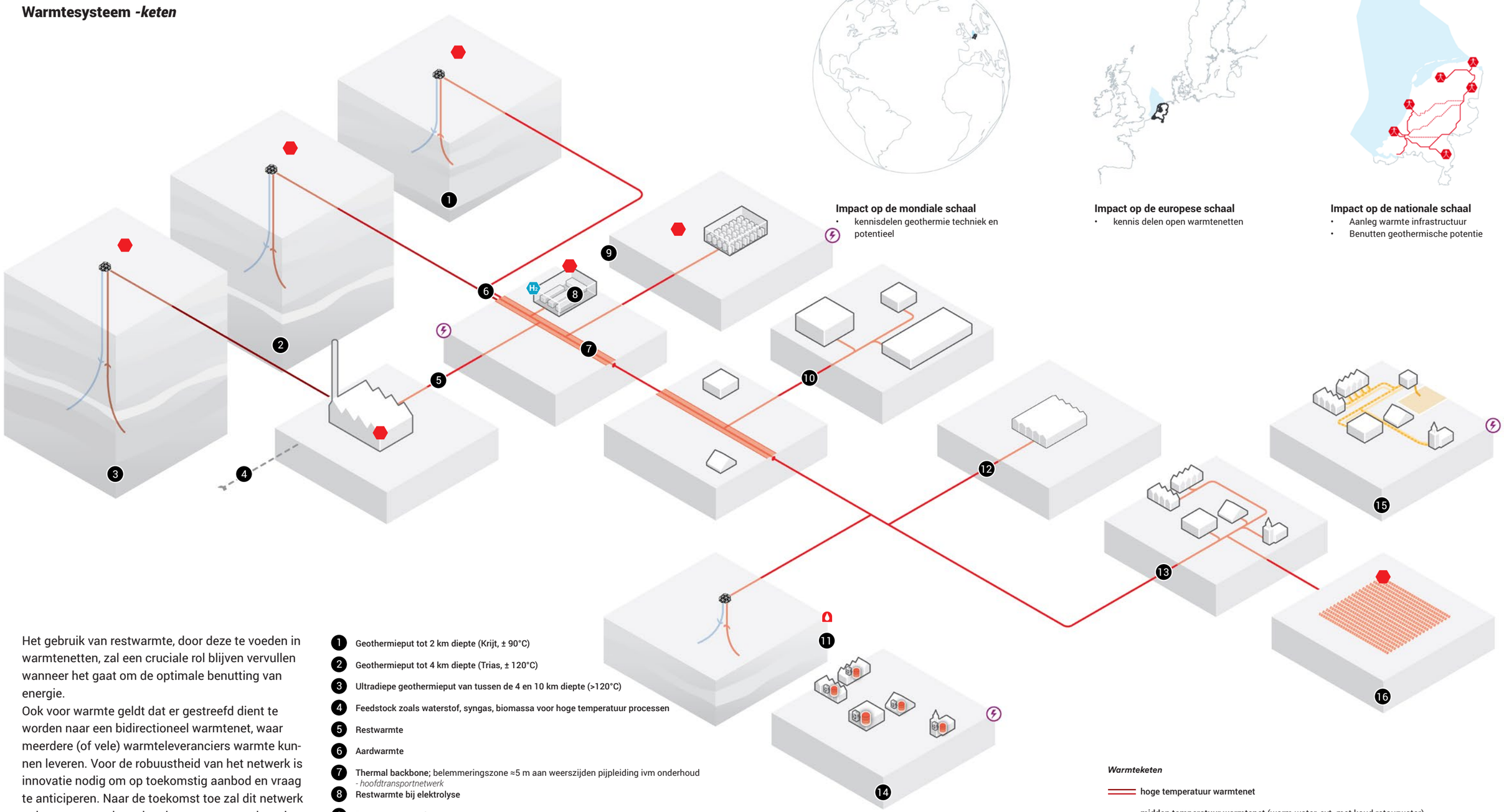


Warmtesysteem -*keten*

Impact op de mondiale schaal
- kennisdelen geothermie techniek en potentieel

Impact op de europese schaal
- kennis delen open warmtenetten

Impact op de nationale schaal
- Aanleg warmte infrastructuur
- Benutten geothermische potentie



Het gebruik van restwarmte, door deze te voeden in warmtenetten, zal een cruciale rol blijven vervullen wanneer het gaat om de optimale benutting van energie.
Ook voor warmte geldt dat er gestreefd dient te worden naar een bidirectioneel warmtenet, waar meerdere (of vele) warmteleveranciers warmte kunnen leveren. Voor de robuustheid van het netwerk is innovatie nodig om op toekomstig aanbod en vraag te anticiperen. Naar de toekomst toe zal dit netwerk ook meer gevoed worden door geo- en zonthermie (opwarmen van water door zonlicht).

1. Geothermieput tot 2 km diepte (Krijt, ± 90°C)
2. Geothermieput tot 4 km diepte (Trias, ± 120°C)
3. Ultradiepe geothermieput van tussen de 4 en 10 km diepte (>120°C)
4. Feedstock zoals waterstof, syngas, biomassa voor hoge temperatuur processen
5. Restwarmte
6. Aardwarmte
7. **Thermal backbone;** belemmeringszone ≈5 m aan weerszijden pijpleiding ivm onderhoud *- hoofdtransportnetwerk*
8. **Restwarmte bij elektrolyse**
9. Restwarmte van datacenters
10. Warmte voor industriële processen
11. **Ondergrondse seizoensopslag van warmte van industrie en geothermie; of warmtemeer of warmtebuffer** *-tussen hoofdtransportnetwerk en het distributienetwerk*
12. **Lage temperatuur warmtegebruik glastuinbouw** *-distributienetwerk*
13. **Lage temperatuur warmtenet woningbouw** *-distributienetwerk*
14. Elektrische warmtepompen voor ruimteverwarming
15. Aquathermie
16. Zonthermie

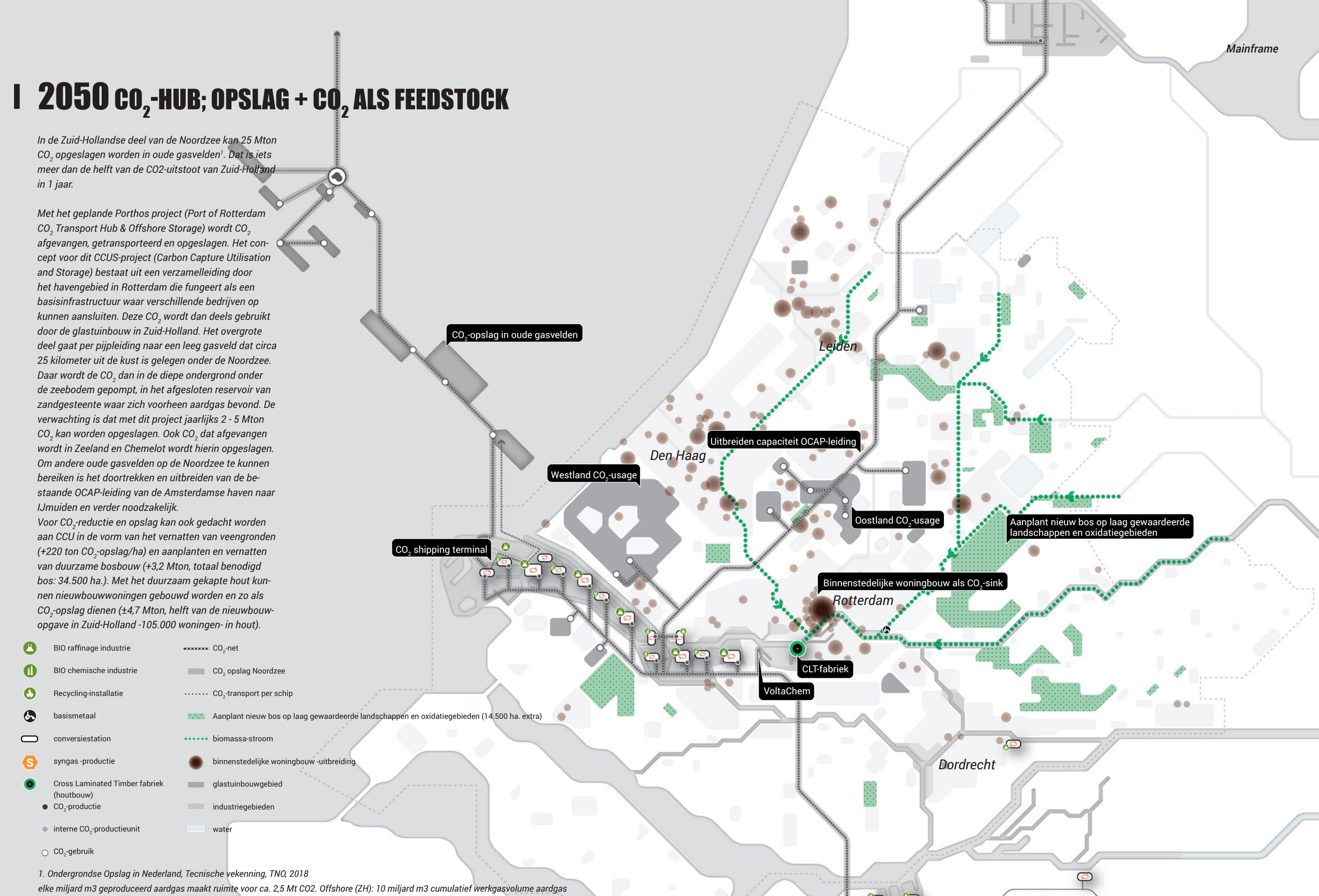
Warmteketen

- hoge temperatuur warmtenet
- **midden temperatuur warmtenet** (warm water, evt. met koud retourwater)
- lage temperatuur warmtenet
- warmteproductie
- warmteopslag
- H_2 waterstofproductie
- elektriciteitsbehoefte

I 2050 CO_2-HUB; OPSLAG + CO_2 ALS FEEDSTOCK

In de Zuid-Hollandse deel van de Noordzee kan 25 Mton CO_2 opgeslagen worden in oude gasvelden[1]. Dat is iets meer dan de helft van de CO2-uitstoot van Zuid-Holland in 1 jaar.

Met het geplande Porthos project (Port of Rotterdam CO_2 Transport Hub & Offshore Storage) wordt CO_2 afgevangen, getransporteerd en opgeslagen. Het concept voor dit CCUS-project (Carbon Capture Utilisation and Storage) bestaat uit een verzamelleiding door het havengebied in Rotterdam die fungeert als een basisinfrastructuur waar verschillende bedrijven op kunnen aansluiten. Deze CO_2 wordt dan deels gebruikt door de glastuinbouw in Zuid-Holland. Het overgrote deel gaat per pijpleiding naar een leeg gasveld dat circa 25 kilometer uit de kust is gelegen onder de Noordzee. Daar wordt de CO_2 dan in de diepe ondergrond onder de zeebodem gepompt, in het afgesloten reservoir van zandgesteente waar zich voorheen aardgas bevond. De verwachting is dat met dit project jaarlijks 2 - 5 Mton CO_2 kan worden opgeslagen. Ook CO_2 dat afgevangen wordt in Zeeland en Chemelot wordt hierin opgeslagen. Om andere oude gasvelden op de Noordzee te kunnen bereiken is het doortrekken en uitbreiden van de bestaande OCAP-leiding van de Amsterdamse haven naar IJmuiden en verder noodzakelijk.
Voor CO_2-reductie en opslag kan ook gedacht worden aan CCU in de vorm van het vernatten van veengronden (+220 ton CO_2-opslag/ha) en aanplanten en vernatten van duurzame bosbouw (+3,2 Mton, totaal benodigd bos: 34.500 ha.). Met het duurzaam gekapte hout kunnen nieuwbouwwoningen gebouwd worden en zo als CO_2-opslag dienen (±4,7 Mton, helft van de nieuwbouwopgave in Zuid-Holland -105.000 woningen- in hout).



1. Ondergrondse Opslag in Nederland, Tecnische vekenning, TNO, 2018
elke miljard m3 geproduceerd aardgas maakt ruimte voor ca. 2,5 Mt CO2. Offshore (ZH): 10 miljard m3 cumulatief werkgasvolume aardgas

CO_2-afvang en opslagsysteem *-keten*

Impact op de mondiale schaal

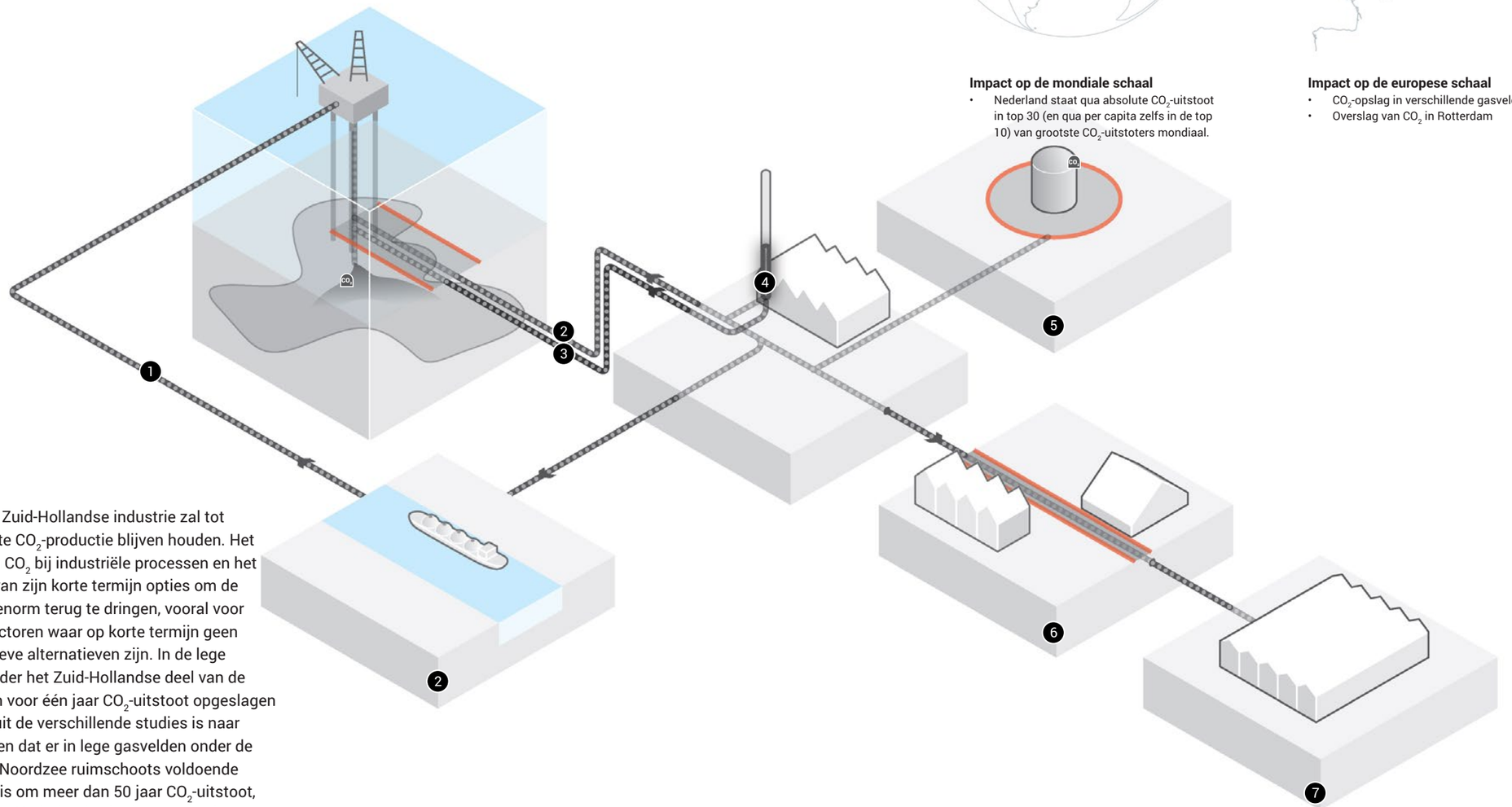
- Nederland staat qua absolute CO_2-uitstoot in top 30 (en qua per capita zelfs in de top 10) van grootste CO_2-uitstoters mondiaal.

Impact op de europese schaal

- CO_2-opslag in verschillende gasvelden
- Overslag van CO_2 in Rotterdam

Impact op de nationale schaal

- Aanleg CO_2-infrastructuur
- CO_2-opslag in gasvelden
- CO_2-opslag bij industrieclusters
- CO_2-transport binnenvaart



Met name de Zuid-Hollandse industrie zal tot 2030 een grote CO_2-productie blijven houden. Het afvangen van CO_2 bij industriële processen en het opslaan hiervan zijn korte termijn opties om de CO_2-uitstoot enorm terug te dringen, vooral voor essentiële sectoren waar op korte termijn geen kosteneffectieve alternatieven zijn. In de lege gasvelden onder het Zuid-Hollandse deel van de Noordzee kan voor één jaar CO_2-uitstoot opgeslagen worden. Vanuit de verschillende studies is naar voren gekomen dat er in lege gasvelden onder de Nederlandse Noordzee ruimschoots voldoende mogelijkheid is om meer dan 50 jaar CO_2-uitstoot, veroorzaakt op Nederlandse bodem, op te slaan. Zolang wil Nederland echter niet van CCS gebruik hoeven maken (Ministerie Economische Zaken en Klimaat, 2018). De toepassing van CCS mag de verduurzaming van de industrie niet in de weg staan Een belangrijke notie vanuit de industrie is dat de voorgestelde CO_2-infrastructuur leidt tot een open access CO_2-netwerk.

CO_2-keten

CO_2-opslag

CO_2-

1. CCS (Carbon Capture Storage); CO_2-opslag in lege gasvelden onder de Noordzee
2. Zuivere CO_2 richting CO_2-usage zoals glastuinbouw (bij meer aanbod dan vraag dan richting lege gasvelden voor opslag)
3. Onzuivere CO_2 richting lege gasvelden via CO_2-netwerk
4. Aanpassing industriële processen voor CO_2-afvang en opslag; *belemmeringszone 100 m*
5. Kleinschalige CO_2-opslagtanks; *belemmeringszone 50 m*
6. CO_2-pijpleiding; *belemmeringszone ≈5 m aan weerszijden pijpleiding ivm onderhoud*
7. CCU (Carbon Capture Usage); CO_2 als grondstof

Het grondstoffensysteem: biomassa en wasteplastics *-keten*

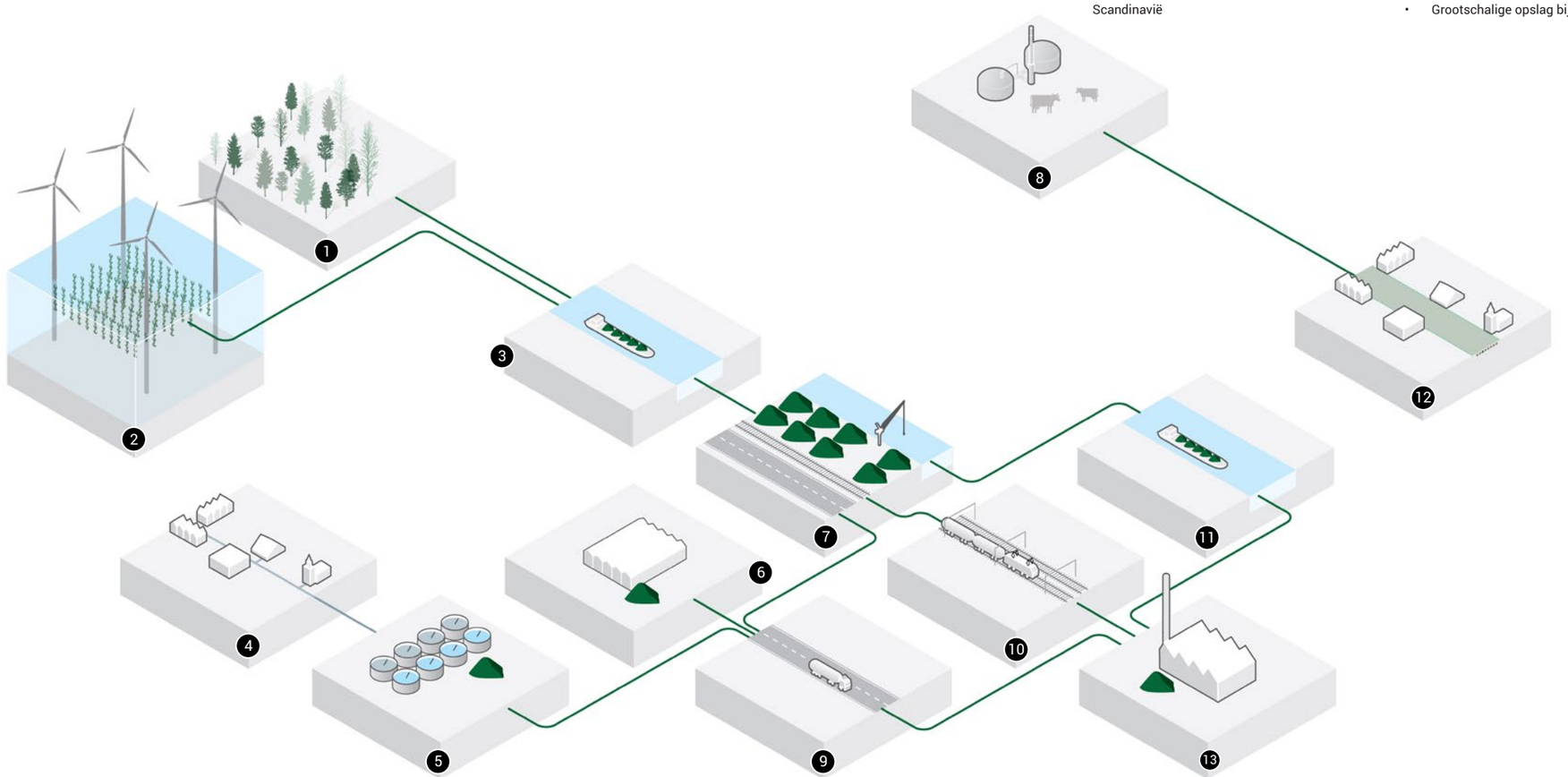
Biomassa zal voornamelijk ingezet worden als feedstock in de industrie en als bouwmateriaal voor de nieuwbouwopgave en niet, zoals we de komende jaren nog doen, verbrand worden. Deze biomassa, in ieder geval het overgrote deel hiervan, dient geïmporteerd te worden aangezien de vraag naar biomassa de binnenlandse potentie ruimschoots overstijgt. Zowel binnen als buiten Nederland brengen productie, transport en opslag een grote ruimteclaim met zich mee. Binnen Nederland leidt biomassagebruik tot een toename van het aantal transportbewegingen over zee, op binnenwater en op land. Een “bio-footprint” buiten Nederland (mogelijk meermaals het oppervlak van Nederland) brengt ook ruimtelijke consequenties met zich mee. De productie en het transport van biomassa heeft mondiaal gevolgen, zeker als meer landen inzetten op de import van biomassa.
Biomassagebruik vereist daarom grote ruimtelijke aanpassingen in en rond de grote zeehavens, voor zowel de aanvoer als de opslag en verwerking van deze hoeveelheid goederen, naast alle andere ruimteclaims die door de energietransitie op havengebieden worden gelegd (waterstofopslag, aanlanding van duurzame Noordzee-elektriciteit etc.). Dit vraagt om een duurzame logistieke infrastructuur.

Naast biomassa vormt afval, door het mechanisch- of chemisch recyclen ervan, ook een belangrijk bron van grondstoffen. Mechanisch recyclen is de meest milieu- en kostenefficiënte manier om kunststoffen te verwerken. De uitdaging is op grote schaal hoogwaardig recyclaat te ontwikkelingen voor nieuwe kunststoffen. Chemisch recyclen is het omzetten van niet-recyclebaar kunststofafval in chemieproducten en brandstoffen door middel van vergassing of pyrolyse.

Impact op de mondiale schaal
- Grootschalige import van biomassa wereldwijd

Impact op de europese schaal
- Aanplant van biomassa
- Import van biomassa uit bijvoorbeeld Scandinavië

Impact op de nationale schaal
- Grootschalige teelt van bijvoorbeeld zeewier in de Noordzee
- Grootschalige opslag bij zeehavens



Biomassaketen

- biomassa-opslag; openlucht
- biomassa-stromen

1. **Houtige biomassa;** uit bestaande en aan te planten bossen
2. **Zeewierteelt tussen windmolens op zee**
3. **Noordzeescheeps transport**
4. **Huishoudelijke biomassa reststromen via riolering naar RWZI**
5. **RWZI; biomassastromen scheiden uit afvalwater**
6. **Biomassa restromen van glastuinbouw**
7. **Biomassa-overslagstation + opslag;** (houtige -vaste biomassa >2000 m2) 700 m milieuzone (geluid)
8. **Monovergisting mest**
9. **Wegtransport biomassa**
10. **Railtransport biomassa**
11. **Binnenvaart transport biomassa**
12. **groen gas via bestaande gas-infrastructuur**
13. **Biomassa-residu gebruik als energie voor industriële processen**

CASE: Redundantie door Smart Multi Commodity

Er zijn een aantal cruciale energiesysteemonderdelen, gekoppeld aan energie- en/of grondstoffenstromen, aan te wijzen die bijdragen aan een robuust en toekomstbestendig energiesysteem. Daarnaast dragen deze onderdelen bij aan de kostenefficiëntie van het energiesysteem en de ruimtelijke kwaliteit in algemene zin. Er zullen nieuwe systemische en ruimtelijke knopen ontstaan die ook nieuwe ruimtelijke en economische ontwikkelingen ontlokken.
Redundantie door smart multi commodity is dat systemen naast dat ze onafhankelijk kunnen opereren, zodat de levering bij uitval van één systeem ten minste gedeeltelijk door kan gaan, ook door middel van conversie van energie-overschotten van een ander systeem kunnen blijven leveren.

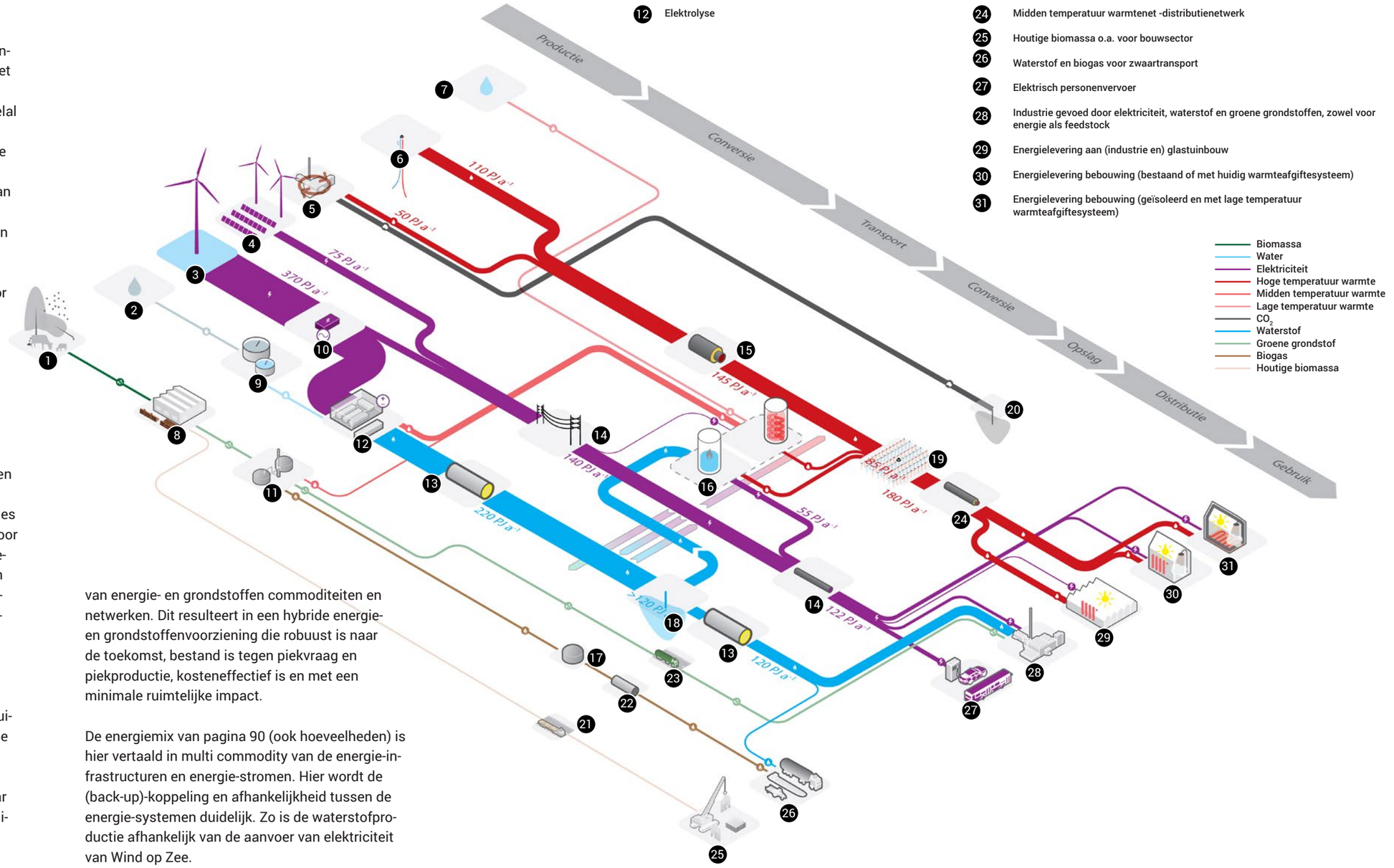
Vroeger vond centrale energieconversie plaats bij bijvoorbeeld gasfabrieken en in huidige energiecentrales worden aardgas, kolen en biomassa omgezet naar elektriciteit, en (rest)warmte. De benodigde primaire fossiele energiegrondstoffen worden, veelal in nabijheid, fysiek opgeslagen (kolenbergen, oliedrums en ondergrondse gasopslag). Hernieuwbare primaire energiebronnen zoals zonne-energie en wind ('dunner' door een lagere energiedichtheid dan fossiele energiegrondstoffen) kunnen op zichzelf niet grootschalig opgeslagen worden maar moeten eerst worden omgezet naar elektriciteit, warmte of moleculen. Doordat de meeste hernieuwbare energiebronnen niet volcontinu voorradig zijn, door afhankelijkheid van onder andere weersomstandigheden, is er ruimte nodig om bruikbare energie (elektriciteit, warmte, moleculen) op te slaan.

Op een aantal plekken binnen Zuid-Holland zullen in het Mainframe-perspectief, niet geheel toevallig, meerdere energie-infrastructuren naast elkaar komen te liggen of elkaar kruisen. Plekken met aansluiting op verschillende energie-infrastructuren dichtbij energievragers zijn geschikt voor conversie-units als back-up voor piekvraag. Zo zijn locaties van bestaande gascentrales uitermate geschikt voor (nieuwe) conversie-units, omdat vaak al een uitstekende aansluiting is op gas, elektra, warmtenetten en ook oppervlaktewater. Hier zouden TEO-H_2-centrales kunnen komen. Dit zijn centrales waar Thermische Energie Oppervlaktewater met toevoeging van elektriciteit warmte levert, en waar waterstof (H_2) verbrandt kan worden voor de productie van elektriciteit en warmte.
Op plekken waar energie-infrastructuren elkaar kruisen verder van energievraag, zoals de Rotterdamse haven maar ook de 'strook' tussen Zoetermeer en Roelofarendsveen (zie kaart pagina 87), kunnen conversie-units gebouwd worden. Op plekken waar energie-infrastructuren met CO_2-infrastructuur kruisen kunnen ook grondstoffen gemaakt worden.

Bijgaand schema toont een mogelijke combinatie van energie- en grondstoffen commoditeiten en netwerken. Dit resulteert in een hybride energie- en grondstoffenvoorziening die robuust is naar de toekomst, bestand is tegen piekvraag en piekproductie, kosteneffectief is en met een minimale ruimtelijke impact.

De energiemix van pagina 90 (ook hoeveelheden) is hier vertaald in multi commodity van de energie-infrastructuren en energie-stromen. Hier wordt de (back-up)-koppeling en afhankelijkheid tussen de energie-systemen duidelijk. Zo is de waterstofproductie afhankelijk van de aanvoer van elektriciteit van Wind op Zee.

1. **Houtige biomassa;** uit bestaande en aan te planten bossen
2. Afvalwater
3. Wind op Zee
4. Wind op Land en zonnevelden
5. Proceseffiëntie industrie; output: restwarmte en CO_2
6. Geothermie (aadwarmte)
7. Aquathermie
8. Biomassa (rest)stromen van bosbouw en glastuinbouw
9. RWZI; biomassastromen scheiden uit afvalwater
10. Aanlanding Wind op Zee
11. Biochemie
12. Elektrolyse
13. Waterstoftransport via (gecoated) aardgasnetwerk
14. Elektriciteitsnetwerk
15. Hoge temperatuur thermal backbones; 70 - 100°C
16. TEO-H_2-centrales als back-up voor elektriciteits- en warmtelevering
17. Biogas-opslag
18. Waterstofopslag in lege gasvelden
19. Seizoensopslag warmte (Hoge Temperatuur Opslag, warmtemeer, warmtebuffer)
20. CO_2-opslag in lege gasvelden onder de Noordzee
21. Transport houtige biomassa
22. Aardgasnetwerk
23. Transport groene grondstoffen
24. Midden temperatuur warmtenet -distributienetwerk
25. Houtige biomassa o.a. voor bouwsector
26. Waterstof en biogas voor zwaartransport
27. Elektrisch personenvervoer
28. Industrie gevoed door elektriciteit, waterstof en groene grondstoffen, zowel voor energie als feedstock
29. Energielevering aan (industrie en) glastuinbouw
30. Energielevering bebouwing (bestaand of met huidig warmteafgiftesysteem)
31. Energielevering bebouwing (geïsoleerd en met lage temperatuur warmteafgiftesysteem)



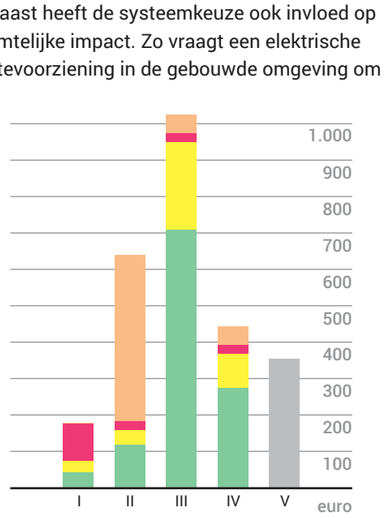
CASE: Smart Thermal Grid

Bijna negentig procent van de gebouwen in Nederland wordt verwarmd door lokaal opgewekte warmte met behulp van CV ketels -door verbranding van aardgas[1]. De ambitie is om het gebruik van deze fossiele brandstoffen voor ruimteverwarming tot (vrijwel) nul te reduceren in 2050. Het overgrote deel van de warmtevraag zal dus, om deze ambitie te halen, ingevuld moeten worden met hernieuwbare energiebronnen. Zo kan warmte gewonnen en geproduceerd worden met geothermie, zonnethermie, omgevingswarmte met behulp van hernieuwbare elektriciteit of hernieuwbaar gas. Ook kan restwarmte, daar waar het in ruime mate beschikbaar is, worden benut.

Smart Thermal Grid

Uit analyse van de energievraag in Zuid- Holland wordt duidelijk dat de warmtevraag, met 33% lage temperatuur warmtevraag en 30% hoge temperatuurvraag, de grootste energievraag is in de provincie. Voor de energietransitie in Zuid-Holland betekent dit dus ook nadrukkelijk kijken naar duurzame oplossingen voor de warmtevraag en de daarbij benodigde infrastructuur. Zo is het van belang de consequenties van de verschillende keuzen te doorgronden. Een transparante afweging van de verschillende opties voor verduurzaming van de warmtevraag is daarbij cruciaal.

Daarnaast heeft de systeemkeuze ook invloed op de ruimtelijke impact. Zo vraagt een elektrische warmtevoorziening in de gebouwde omgeving om verzwaring van laag- en middenspannigsnet en heeft een enorme ruimtelijke impact qua benodigde ruimte voor extra wind en zonneparken. Daarnaast zijn goedkope individuele buitenlucht/waterwarmtepompen luidruchtig en beeldverstorend.
Uit berekeningen (zie afbeelding M9) wordt duidelijk dat een grootschalig, collectief warmtenetwerk met geothermie als warmtebron cumulatief op regionale en nationale schaal de meest kosteneffectieve warmte-oplossing is. Dit geldt in ieder geval voor Zuid-Holland, waar vraag en aanbod dicht op elkaar liggen.



Afb. M9: Vergelijking ketenkosten warmtesystemen; euro/huishouden/jaar

Om iets te kunnen zeggen over waarschijnlijke kostenniveaus, zijn vier scenario's voor toekomstige duurzame warmtevoorziening in Zuid-Holland met elkaar vergeleken (zie afbeelding M9, en uitgebreide berekening van geothermie en warmtenetten op pagina hiernaast). De uitkomsten lijken, onder het voorbehoud van de kengetallen, te pleiten voor geothermie en warmtenetten die maar liefst een factor 3 goedkoper is dan het scenario met warmtepompen. Behalve de 'economy of scale' is een belangrijke oorzaak van dit verschil de levensduur van de maatregelen. Grootschalige voorzieningen en (low-tech) buisleidingen gaan in verhouding veel langer mee en zijn minder onderhoudsgevoelig dan kleine voorzieningen voor warmteopwekking zoals zonneboilers en elektrische warmtepompen.

Dat het Smart Thermal Grid-scenario uiteindelijk 'minder zichtbare' permanente ruimtelijke impact heeft dan windmolens, is een positieve uitwerking bij deze focus. Voor een volledig duurzaam en betrouwbaar warmtesysteem is financiering en garanstelling nodig op rijskniveau, regie nodig van de provincie bij de aanleg van transportleidingen (op grote en kleine afstanden) en de gemeente bij de distributienetten -en hoe deze te configureren op meedere bronnen.

Voor de Smart Thermal Grid -kaart zie pagina 86 en 87.

1. Evaluatie Warmtewet en toekomstig marktontwerp warmte, Ecorys, 2016, in opdracht van Min. EZ

Totaal te benutte warmte:
165 PJa^{-1}
incl. 10% verlies geo +net
incl. 20% verlies HTO
incl. restwarmte
incl. TEO/H2-piekcentrales

levensduur geothermieput is 30 jaar
levensduur primaire buisleiding is 30 jaar
levensduur warmtenetten is 50 jaar
levensduur warmteopslag is 15 jaar

Berekening initiële kosten geothermie:
255 aquifers in de Trias laag (+110 misboringen 9 mln. euro).
37 aquifers in de Krijt laag (+16 misboringen 7 mln. euro).

Aanlegkosten geothermieput Trias in 2030: 13 mln. per put

Aanlegkosten geothermieput Krijt in 2030: 10 mln. per put
(PBL, Smart Thermal Grid)

Totale initiële kosten (incl. 30% misboringen):
4.800.000.000 euro

Berekening initiële kosten uitbreiding primair transportnet:

Lengte aan te leggen primaire buisleiding: 600km

Aanlegkosten primair transportnetwerk: 5.210.000 euro/km
(CE Delft, 2014: 44)

Totale initiële kosten:
3.126.000.000 euro

Berekening initiële kosten uitbreiding warmtenetten:

Aanleg
70% van de bebouwde omgeving
50% van het glastuinbouwgebied
100% van de industriegebieden

Totale initiële kosten:
8.100.000.000 euro

(VESTA model, Bemmel, B van., 2015)
Berekening initiële kosten Hoge Temperatuur Opslag:

Capaciteit benodigde warmteopslag: 85 PJa^{-1}
Capaciteit (referentie): 0,056 PJa^{-1} per put (1.520 putten)
Aanlegkosten (referentie): 2 mln. per put

Totale initiële kosten:
3.040.000.000 euro
(TNO, Hoge temperatuur opslag in de ondiepe ondergrond, 2013)
Totale initiële kosten:
19.175.000.000 euro
115.000.000 euro/PJ

5.400 euro/huishouden
0.0000465 PJ/huishouden

Systeemkosten incl. transportkosten:
3,9 euro / GJa^{-1}
180 euro/huishouden/jaar
46,5 GJ/huishouden

CASE: Zuid-Houtland

In opdracht van de provincie Zuid-Holland, in het kader van Regio van de Toekomst

De bouwsector is verantwoordelijk voor 5% van de wereldwijde CO_2-uitstoot. Ook de mondiale druk op natuurlijke grondstoffen is hoog: 40% wordt verbruikt in de bouw. In Nederland komt dat neer op 250 miljoen ton ruwe grondstoffen per jaar voor infrastructuur, woning- en utiliteitsbouw. De studie van Metabolic toont aan dat binnen de bouwsector beton de grootste negatieve impact heeft op de provincie. Verandering in de bouwsector is daarom noodzakelijk, zeker nu de provincie Zuid-Holland aan de vooravond staat van een enorme woningbouwopgave; tot 2030 wordt de woningbouwopgave geschat op 210.000 woningen.

Een alternatief

Door minerale bouwmaterialen te vervangen door biobased bouwmaterialen wordt de uitstoot van CO_2 geminimaliseerd. Sterker nog: in biobased materialen kan CO_2 voor lange tijd worden opgeslagen, misschien wel voor enkele honderden jaren. Daardoor wordt CO_2 onttrokken aan de atmosfeer. Studio Marco Vermeulen heeft becijferd dat de bouw van 1 miljoen woningen op conventionele wijze gepaard gaat met 55 Mton CO2 emissie. Met de keuze van biobased materialen kan die hoeveelheid CO_2 vermeden worden en tegelijkertijd kan er 45 Mton CO_2 worden opgeslagen. Een verschil van 100Mton!

In tegenstelling tot kostbare opslag onder de Noordzee wordt met deze vorm van CO_2-opslag juist waarde gecreëerd in de vorm van woningen. Voor vrijwel alle gebouwdelen bestaan biobased alternatieven zoals houtwol voor isolatie en hennepvezel en vlas in biocomposieten elementen. Maar vooral het gebruik van massief hout als materiaal voor het casco; de wanden, vloeren, trappen en daken, biedt grote kansen. Daarmee kan de bouw een actieve rol vervullen in de strijd tegen klimaatverandering. Als de helft van de nieuwbouwopgave (105.000 woningen) in Zuid-Holland gebouwd wordt van hout, wordt er 4,7 Mton CO_2 opgeslagen.

Massief houtbouw

In Nederland staat massieve houtbouw nog in de kinderschoenen, maar toepassing in bijvoorbeeld Oostenrijk en Duitsland toont de grote kansen voor de bouwsnelheid, de bouwkosten en de gezondheid van bouwvakkers. De PZH heeft een grote bouwopgave, maar wil deze op een duurzame verantwoordelijke manier ontwikkelen. Houtbouw heeft een positief CO_2 effect. Echter, wordt er nog minimaal gebouwd met hout door gebrek aan ervaring en een standaard bouwcultuur. De provincie kan de bouwcultuur met deze strategie in transitie brengen. De toepassing van hout zorgt voor een korte bouwtijd i.v.m. prefabricatie. Wat een positief effect heeft op de grote woningvraag.

Bij de methode massief houtbouw wordt lokaal, snelgroeiend hout kruislings verlijmd tot grote platen in verschillende diktes onder de benaming cross laminated timber (CLT). Hiervan kunnen op industriele wijze bouwelementen worden geprefabriceerd in de gewenste vorm en voorzien van sparingen voor deuren en leidingen. Deze elementen worden op de bouwplaats ‘droog’ geassembleerd.
Massief houten elementen zijn eenvoudig te vervangen of aan te passen waardoor deze gebouwen een zekere mate van flexibiliteit in gebruik hebben. Wanneer een CLT gebouw niet meer voldoet kan het eenvoudig worden gedemonteerd en gerecycled worden tot laagwaardige houtproducten zoals fineer, spaanplaat en isolatiemateriaal of uiteindelijk in een biomassacentrale verbrand worden tot energie.
Gebaseerd op de routekaart verstedelijking van de Provincie Zuid-Holland zal het merendeel van de woningbouwopgave, ongeveer 80%, in bestaand stedelijk gebied gerealiseerd worden. Deze woningbouwprojecten vinden plaats nabij hoogwaardige openbaar vervoer (HOV) haltes. Daarbij worden ook verouderde bedrijventerreinen getransformeerd tot multifunctionele woonwijken. Dankzij het lage gewicht is hout bij uitstek geschikt om extra verdiepingen toe te voegen aan bestaande gebouwen. De overige 20% van de woningen kunnen worden gecombineerd met de nieuwe bossen. Daarmee ontstaan aantrekkelijke woonlandschappen die momenteel schaars zijn in Zuid-Holland. Momenteel wordt er gewerkt met mineralen en het negatieve effect hiervan is enorm. Door te inspireren/ bewijzen dat houtbouw haalbaar is in de huidige markt wordt de keten gestimuleerd om met biobased materialen te werken. Met deze circulaire woningbouwstrategie kan de seriematigheid van houtbouw voor middenklasse woningen getest en bewezen worden.

Voor de CO_2-opslag en -gebruik kaart zie pagina 102 en 103.

Gebaseerd op bron: Provincie Zuid-Holland, 2017; Routekaart verstedelijking icm HOV.

Binnenstedelijke verdichting - NOVI: ‘niet afwentelen op omgeving’

***40.000** woningen tot 2024, **50.000** woningen tot 2030*

IoE: de leercurve van het warmtenetwerk

Een blik op een toekomst

"Eigenlijk is de grote inhaalslag pas in 2045 voltooid", aan het woord is Marja Duijvestein van de regionale SMCG beheerder, "bij de uitrol van het warmtenet in de jaren '20 vonden veel mensen de warmtemarkt maar ouderwets: geen vrije keuze voor warmteleveranciers, centrale invoeding met fossiele (rest-)warmte en behoorlijk analoog. Totaal anders dan wat op dat moment rond stroom of mobiliteit gebeurde. Ik werkte indertijd in de wijkenaanpak en moest dan ook voortdurend onze 'designed for transition' aanpak uitleggen: zoveel mogelijk zekerheid op de korte termijn om ook letterlijk meters te maken, maar met ingebouwde flexibiliteit om over te schakelen naar een duurzaam, slim warmtenet."

Uit de hele wereld komen inmiddels delegaties langs om te leren over de meest competitieve warmtemarkt van Europa met meer dan een miljoen kleingebruikers en honderden prosumenten vanuit de industrie en tuinbouw. Doordat de meeste duurzame bronnen continu warmte leveren, dekken TEO's, warmte- koudeopslag en warmtebatterijen een groot deel van de warmtepieken af. Zonder een vroege digitaliseringsagenda was de transitie van het warmtenetwerk niet zo soepel verlopen. De gouden standaard voor warmtemarkten die al uit 2015 stamde vormde daarvoor de basis: een open warmtenet met een door algoritmen bepaalde, locatiespecifieke prijs om verliezen te minimaliseren, die rekening houdt met cascadering en de CO_2-uitstoot van warmtebronnen en uitkoppelingen met elektriciteit- en gasnetwerken mogelijk maakt[4]. De contracten, sensoren en meters werden vanaf het begin aan dit kader getoetst terwijl lokaal werd geëxperimenteerd met warmtemarktplatformen. Deze waren daardoor klaar voor gebruik zodra de lange termijn risico's rond fossiele (rest-) warmtelevering begonnen op te lopen en het aantal aanbieders van het warmtenet groeide. Duijvestein: "Voor de rest bleef het gewoon een kwestie van goed kijken naar de continue stroom van digitale innovaties in de elektriciteitssector en deze waar relevant toe te passen op de warmtemarkt. Zo hebben we rond opslag, integrale verdienmodellen, load forecasting en databeheer veel geleerd. Niets mis met een beetje achterlopen, zolang je dat maar met een goed plan doet."

Het merendeel van de ontwikkelingen rond IoE richt zich op elektriciteit vanwege elektrificatie, decentrale bronnen en de noodzaak tot snelle sturing. Het warmtenetwerk uit het mainframe perspectief is echter een unieke regionale kans en evenzeer decentraal, gedecarboniseerd en digitaal. Een slim warmtenet[5] is nodig om bestaande monopolieposities van centrale, deels fossiele warmteleveranciers in de toekomst te voorkomen. Een dergelijk net is open voor meerdere aanbieders, heeft een door algoritmen bepaalde, locatiespecifieke prijs om verliezen te minimaliseren, houdt rekening met de CO2 uitstoot van de warmteproductie en maakt uitkoppelingen met elektriciteit mogelijk[6]. Dit leidt tot een goedkopere en duurzame warmtevoorziening met minder kans op lock-in. Dit warmtenetwerk kan mondiaal toonaangevend zijn.

4. *CEDelft (2015), warmte in alle openheid*
5. *Lund et al (2014), 4th Generation District Heating (4GDH) Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems*
6. *CEDelft (2015), warmte in alle openheid*

Afb. M11: Heatpipe tunnel in Copenhagen
Bron: https://www.pinterest.com, 2015.

IMPLICATIES EN CONCLUSIES

Technologisch

Het Mainframe kan in potentie een belangrijke rol spelen in de Nederlandse energietransitie. Het is echter noodzakelijk om de energie-infrastructuren op te schalen om deze potentie waar te maken. Voor het opschalen is innovatie nodig. Onder andere door middel van onderzoek naar nieuwe technieken, het optimaliseren en zoeken naar nieuwe materialen (duurzame grondstoffen) voor nieuw aan te leggen energie-infrastructuren en installaties. De innovatiebehoeftes zijn veelal gericht op: langere levensduur, robuustheid, zettingsbestendigheid, veiligheid, kostenreductie, opslag (in dagen, weken, maanden, en ook voor warmte, zoals bijvoorbeeld Ecovat of Hocosto), bijdrage aan CO_2-reductie, conversie-efficiëntie tussen energiedragers, laag exergieverlies bij o.a. lange afstand transport.

> Innovatiebehoefte geothermieputten: verlengen levensduur putten, regeneratieopties in beeld brengen (winter/zomer, na 30 jaar, etc.), voorkomen van onder andere corrosie door middel van gebruik van composiet buizen, innovatie in misboringen en gezamenlijke risicoafdekking hiervan, combinatie met Hoge Temperatuur Opslag -of ondiepe (tot ca 400meter) en horizontale geboorde geothemie.
> Innovatiebehoefte TEO-centrales[1]: optimaliseren warmtepomptechniek en gebruik natuurlijk koelvloeistof, is als gaande.
> het demonstreren van geothermie als betrouwbare en betaalbare warmtebron in warmtenetten alsmede onderzoek naar synergie met andere (duurzame) energiebronnen.

Economisch

Het Mainframe vraagt om investeringen in energie-backbones en energie-distributienetwerken.
De case Smart Thermal Grid is zonder tussenpartij goedkoper over de gehele keten dan individuele warmtepompen of waterstofketels. Deze laatste warmtevoorziening heeft vaak ook toch enige mate van opschaling van collectieve netwerken als back-up nodig.

Het collectieve karakter van het Mainframe maakt de energiesysteemonderdelen interessant als investeringsobjecten voor institutionele beleggers zoals pensioenfondsen. Het zijn duidelijke investeringsobjecten met lange termijn garanties.

Bij warmtenetten in publiek eigendom (gemeenten) ligt het volledige investeringsrisico bij gemeenten (of provincies). Tenslotte kan eigendom van gemeenten bundeling van warmteprojecten in de weg staan; dit verlaagt de kans op financiering omdat grote financiële partijen juist op zoek zijn naar schaalgrootte. De voor- en nadelen van (semi) publiek eigendom zouden daarom per warmtenet bekeken moeten worden[2]. Dit ligt onder andere aan de potentie en bereidheid van regionale koppelingen van warmte-infrastructuur, de ontwikkeling in het reduceren van warmteverliezen van warmtetransport over grotere afstanden, en daarmee mogelijke aankoppeling van andere verder afgelegen warmtebronnen.

Eventuele investeringen door private partijen in de lokale warmtenetten hangt onder andere af van een duidelijke en transparante regionale visie. Hierbij is ook de ambitie in schaalgrootte van belang. Uitrol van lokale robuuste warmtesystemen met warmtenetten, kan gezien worden als startpunt van een grootschalig aaneengekoppeld warmtenet, zoals het geval is bij het gasnet.

Warmte, en dan met name restwarmte heeft nu nog geen waarde. Hoe krijgen we het aantrekkelijker voor industrie om restwarmte uit te koppelen (in plaats van 'gratis' weg te gooien). En ook echte prijs geven aan CO_2-uitstoot zodat ook de eveneens in ieder geval voor glastuinbouw noodzakelijke 2-netten ook sneller van de grond komen. Deze beiden zaken zijn actiepunten voor bij institutioneel.

Maatschappelijk

Maak gebruik van overtuigingskracht door middel van transparante afwegingen van de verschillende opties en dilemma's voor verduurzaming van het energie- en grondstoffensysteem. Stel het leerproces van energie-eindgebruikers centraal in het beleidsproces. Zo is het van belang de consequenties van de verschillende keuzen te doorgronden –over de gehele ketens. Een transparante afweging van de verschillende opties voor verduurzaming van de warmtevraag is daarbij cruciaal. Waarbij ook de transparantie in de prijsopbouw en de keuzevrijheid voor consumenten wordt benoemd. Zo zal er in de woonkernen na de warmtevisies en het aanwijzen van een wijkaanpak geen keuzevrijheid zijn wat betreft warmte-aansluiting, hier zal veelal aangesloten worden op warmtenetten gevoed door geothermie en andere warmtebronnen.

Het toewerken naar een duurzaam collectief warmtesysteem op basis van warmte uit geothermie heeft een positief effect op: het efficiënt kunnen benutten van de warmte, ruimtelijke kwaliteit, onderhoud aan systeemonderdelen, en beperkte investeringen in inpandige warmteafgiftesystemen.

Institutioneel

Het Mainframe zal niet bij toeval ontstaan. Dit betekent dat een proactief opererende en regisserende overheid noodzakelijk is, zowel op provinciaal, regionaal, als gemeentelijk niveau om de potentie van onder andere geothermie in woonkernen en bij de glastuinbouw te kunnen benutten. Het vereist daarnaast een significante mate van samenwerkend vermogen met en van semi-overheden zoals waterschappen, netwerkbedrijven, ministeries, marktpartijen en in het bijzonder de bewoners voor de realisatie van de robuuste energie-infrastructuren een feit zijn.

Om de potentie van het Mainframe optimaal te benutten, en investeerders aan te trekken, is het nodig om een overkoepelende visie op ambitie, ondergrond, benodigde infrastructuur en de financiering daarvan te ontwikkelen. Dit kan heel goed passen in de op te stellen regionale energiestrategieën voor de Provincie Zuid-Holland en de gemeentelijke Transitievisies Warmte die uiterlijk in 2020 gereed zijn. In deze beleidstrajecten kan zowel participatie, financiering, fasering en aanzienlijke stap verder worden gebracht ten aanzien van het realiseren van warmtenetten in de gebouwde omgeving en daarmee op innovatieve wijze een grote bijdrage leveren aan het reduceren van CO_2.

Door de aanzienlijke hoeveelheid mogelijke warmtebronnen, is in dit perspectief een maximale energiebesparing bij woningen minder urgent. Door de hoge aanvoertemperatuur bij geothermie en warmtenetten is het upgraden van woningen naar energielabel B voldoende, echter is hoger preferabel om de piekvraag te verlagen enzo de warmtenetten niet hoeft over te dimensioneren voor die paar weken met hoge warmtevraag in de winter.
Bij de aanleg van een regiodekkend warmtenetwerk kan de volledige geothermische potentie ontsloten worden, maar kunnen ook zoveel mogelijk warmteafnemers aangekoppeld worden.
Het aanleggen van warmtenetten in de gebouwde omgeving is ingrijpend. Door regionaal en integraal afstemmen kan bij grootscheepse graafwerkzaamheden voor (bestaande) ondergrondse infrastructuur, zoals bijvoorbeeld riolering, wellicht ook andere infrastructuur zoals warmtenetten aangelegd worden. Dit vraagt om goede afstemming, een transparante planning en regie voor de ondiepe ondergrond.

Collectiviteit

Collectieve energiesystemen hebben belangrijke voordelen door ongelijktijdigheid (niet iedereen is op dezelfde momenten aanwezig, neemt tegelijk een douche etc.) waardoor het systeem iets kleiner gedimensioneerd kan worden. Dat levert een betere benutting van het systeem en een hoger systeemrendement op. Met een centraal en collectief systeem is het ook veel makkelijker om de aansturing op een slimme manier te doen. Dat levert een betere spreiding van de energievraag op, in het bijzonder wanneer er nog wat buffering wordt toegepast. Daarnaast is er nog een efficiëntieslag te slaan bij het benutten van de energiebron en qua onderhoud aan de systeemonderdelen.

BRONNEN:
1. Thermische Energie Oppervlaktewater
2. Evaluatie Warmtewet en toekomstig marktontwerp warmte, Ecorys, 2016, in opdracht van Min. EZ

Afb. M12: Een afvanginstallatie voor CO_2 bij de industrie.
Bron: www.nrc.nl, 2018.

Governance

Dit alles vraagt om sturende principes en procesoptimalisatie in een gezamenlijke visie op de energietransitie en de energie-infrastructuur in het bijzonder. Voor deze energie-infrastructuur moet op het juiste schaalniveau nog worden besloten over de wijze van af- en aanvoer van energie, en eventueel nieuwe energievragers. Korte transport-afstanden hebben de voorkeur met name bij warmte. Voor de opslag en doorvoer van energie moeten meerdere gebieden zoals bijvoorbeeld HIC als havengebied en industrieel cluster, transformeren van een fossiele energiehub naar een meer 'groene energiehub' om daarnaast ook grote CO_2-reductie te kunnen bewerkstelligen maar ook zeker om de toekomstbestendigheid van het gebied te vergroten.

Regie

Dit betekent dat een proactief opererende en regisserende overheid noodzakelijk is, zowel op nationaal, provinciaal, regionaal als gemeentelijk niveau, om de juiste bronnen voor de juiste doelen te gebruiken.

Resumerend – Lessen uit Mainframe

> **Zet de juiste commoditeit in voor het beoogde doel:** waterstof bijvoorbeeld heeft een hoge exergetische potentie en leent zich dus het best voor de hoogwaardige warmtevraag van de industrie, en niet voor de laagwaardige warmtevraag voor huishoudens of personenvervoer. Elektriciteit leent zich juist weer beter voor huishoudelijk gebruik of personenvervoer.

> **De keuze voor het type duurzame warmtevoorziening is cruciaal** omdat dit grote invloed heeft op onder andere de ruimtelijke impact en cumulatieve maatschappelijke kosten.

> Bij de keuze voor **geothermie en warmtenetten is de permanente ruimtelijke impact van het warmtesysteem minimaal**, zowel qua opwek (onzichtbare warmtebron onder de grond, bovengronds 100m2 warmtewisselaar per geothermiebron) als de ondergrondse warmteleidingen en warmtenetten.

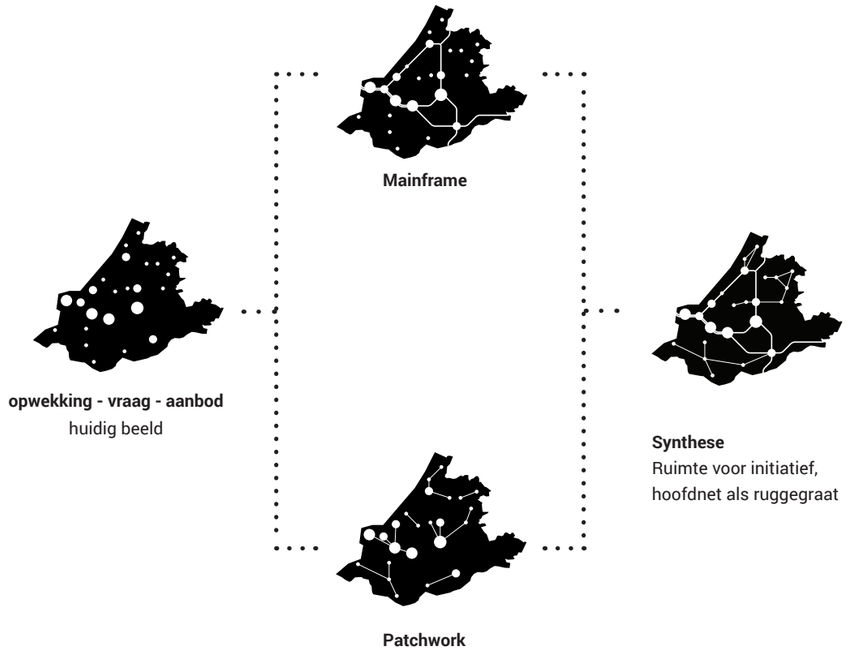
> Gebouwen worden al decennia lang beter geïsoleerd. Deze trend zal doorzetten naarmate energie duurder wordt, wettelijke eisen strikter worden en meer comfort wordt gevraagd. De vraag is of het zinvol is om voor gebieden die zich lenen voor warmtenetten zwaar in te zetten op verregaande isolatie (beter dan B label). Er is een klimaatcrisis gaande, dus helderheid door herregulering is noodzakelijk, en indien het goed wordt uitgelegd en eventueel financieel compenseert is na-isolatie verplichting een probaat middel.

> Een opvallende les uit Mainframe: **buffercapaciteit voor de behoefte naar warmte en elektriciteit is noodzakelijk. Maar deze capaciteit drukt ook flink op het energiesysteem**. Elektriciteitsopslag kan bijvoorbeeld in grootschalige batterij-opslag. Echter hebben de meeste batterijen tot op heden een vervuilende impact. Ook kan elektriciteitsoverschot omgezet worden in watrerstof en opgeslagen worden in lege gasvelden. In combinatie met omzetting naar elektronen in bestaande –aangepaste- gascentrales zou in de toekomst een goede oplossing kunnen zijn voor buffering en piekvraag.

4.

SYNTHESE

Patchwork initiatieven aan een groot en slim verbonden sterk Mainframe



De beide perspectieven Patchwork en Mainframe vertrekken ieder vanuit andere aanname over infrastructuur: het ontstaan van patches is het gevolg van het uitblijven van grote, planmatige investeringen in de infrastructuur na 2030, terwijl het Mainframe perspectief juist deze investeringen als uitgangspunt neemt. Het Patchwork perspectief leunt sterk op de lokale energiebehoefte met de nadruk op elektriciteit. Het Mainframe perspectief benadrukt de bestaande infrastructuur en het potentiële aanbod van geothermie. Opvallend is dat beide perspectieven (ook) op een kleinere schaal energieopwekking genereren en flexibiliteit bieden. In het geval van het patchwork spreekt dat voor zich. Bij mainframe komt dat door de ontwikkeling van veel meer warmtebronnen (case Smart Thermal Grid) en het transformeren van bestaande regionale koppelingen tussen energiedragers, zoals de huidige gascentrales (case redundantie).

Beide perspectieven impliceren een Internet of Energy. Een ‘internet of electricity’ (patchwork) en een ‘internet of heat and material flows’ (Mainframe). Een duidelijke keuze voor één perspectief valt niet te maken op grond van deze studie (zo is er voor beide geen volledige doorrekening op het niveau van het hele Zuid-Hollandse energiesysteem gemaakt) en dit was ook niet de intentie van de ontwerpen. Beiden hebben hun sterke en zwakke punten. Voor de synthese moeten we derhalve een slag dieper gaan dan een keuze voor één perspectief.

Op de volgende pagina staat de synthesekaart van het DeltaGrid 2050, waarbij het patchwork en het mainframe perspectief over elkaar heen zijn gelegd. De scherpe kantjes van beide perspectieven zijn wat weggehaald: geen uitplaatsing meer van gebouwen naar gebieden waar meer energie kan worden opgewekt (PW), minder warmtebronnen in dichtbebouwd stedelijk gebied (MF) en het centraal georganiseerd

benutten van het Noordzeegebied voor initiatieven zoals biomassateelt op zee.

Mede vanwege de schaal van deze kaart (waarop patches wat wegvallen), zijn de ontwikkeling van infrastructuur op zee (voor windparken en CCSU), een uitgebreide warmteinfrastructuur en nieuwe (waterstof- en warmte) transportleidingen langs bestaande tracés vanuit het Haven Industrieel Complex naar het noorden en het zuiden duidelijk zichtbaar.
Op de kaart komen een aantal nieuwe of te transformeren schakelpunten voor het Deltagrid 2050 naar voren. Het is verstandig deze plekken de komende 10 jaar te behouden voor een energiefunctie omdat zij in de periode 2030-2050 kansrijke locaties vormen voor koppelingen tussen de verschillende dragers en het bieden van flexibiliteit. Het gaat daarbij om:

1. Het Haven Industrieel Complex. Uiteraard. Het grootste en meest diverse energieknooppunt van Nederland.
2. Kruispunten van infrastructuren. Dit zijn kansrijke locaties waar oppervlaktewater, elektra, moleculen en dichte bebouwing met warmtenetten bij elkaar komen. Het gaat om oude gascentrales bij Leiden, Rotterdam (M4H) en Den Haag en andere locaties zoals in Delft bij de Schie.
3. Parallel lopende infrastructuren. Naast de leidingen in het Haven Industrieel Complex (HIC) ontstaat ook nieuwe corridor tussen Zoetermeer en Roelofarendsveen. Dit kan een interessante locatie worden voor bedrijvigheid waarbij conversies plaatsvinden tussen elektronen, moleculen en warmte
4. Lege gasvelden op land. Gassen zijn cruciaal voor grootschalige seizoensopslag. Bijvoorbeeld methaan, waterstof of stikstof onder hoge druk (CNES). De best gelegen velden kunnen dan ook beter voor deze seizoensbuffers gebruikt worden dan voor permanente opslag van CO2 . Denk bijvoorbeeld aan de voormalige gasvelden in het HIC en onder het Westland.

Mede vanwege de schaal van deze kaart zijn de ontwikkeling van infrastructuur op zee (voor windparken en CCSU), een uitgebreide warmteinfrastuctuur en nieuwe (waterstof- en warmte) transportleidingen langs bestaande tracés vanuit het Haven Industrieel Complex naar het noorden en het zuiden duidelijk zichtbaar.

Uit deze figuur komen een aantal nieuwe of te transformeren schakelpunten voor het DeltaGrid 2050 naar voren. Het is verstandig deze plekken de komende 10 jaar te behouden voor een energiefunctie omdat zij in de periode 2030-2050 kansrijke locaties vormen voor koppelingen tussen de verschillende dragers en het bieden van flexibiliteit. Het gaat daarbij om:

> Het Haven Industrieel Complex. Uiteraard. Het grootste en meest diverse energieknooppunt van Nederland.

> Kruispunten van infrastructuren. Dit zijn kansrijke locaties voor TEOs waar oppervlaktewater, elektra, moleculen en dichte bebouwing met warmtenetten bij elkaar komen. Het gaat om oude gascentrales bij Leiden, Rotterdam (M4H) en Den Haag en andere locaties zoals in Delft bij de Schie.

> Parallel lopende infrastructuren. Met name de corridor tussen Zoetermeer en Roelofarendsveen kan een interessante locatie worden voor bedrijvigheid waarbij conversies plaatsvinden tussen elektronen, moleculen en warmte.

> Lege gasvelden op land. De voormalige gasvelden in het HIC en onder het Westland lenen zich voor de langdurige opslag van grote hoeveelheden energie in de vorm van waterstof.

DeltaGrid 2050

Het beeld van DeltaGrid Zuid-Holland: een stevige multi-commodity energieruggegraat met volop kansen voor individuen om initiatief te nemen en mee te delen in de kansen die de energietransitie biedt.

PATCHES

- Waterstofproductieplatform
- Windturbines
- Warmte-installaties
- Biomassa
- Mariene biomassaproductie
- Biomassaproductie
- Zonneparken
- Geothermie
- Oppervlaktewater
- Waterstofcentrale
- Energie-opslag (batterijen)

Wijk cluster van energie-infrastructuur

- Historische binnenstad (moleculen dominant)
- Vooroorlogse wijken (warmte 90 C)
- Naoorlogse wijken (warmte 60 C)
- 1975 - 1990 (warmte 40 C met extra isolatie)
- 1990 - huidig (warmte 40 C)
- Bedrijventerrein (elektronen dominant)

BACKBONES

- BIO-brandstoffen
- Elektriciteit
- Waterstof
- CO2 Opslag
- Geothermische boringen
- Regionaal elektriciteitsnetwerk
- Internationaal elektriciteitsnetwerk
- Thermische pijplijn
- Waterstof pijplijn
- Biobrandstoffen pijplijn
- Bio-naptha pijplijn
- CO2 pijplijn
- Aanvoer CO2
- Industrie cluster

Den Haag

Leiden

Rotterdam

Dordrecht

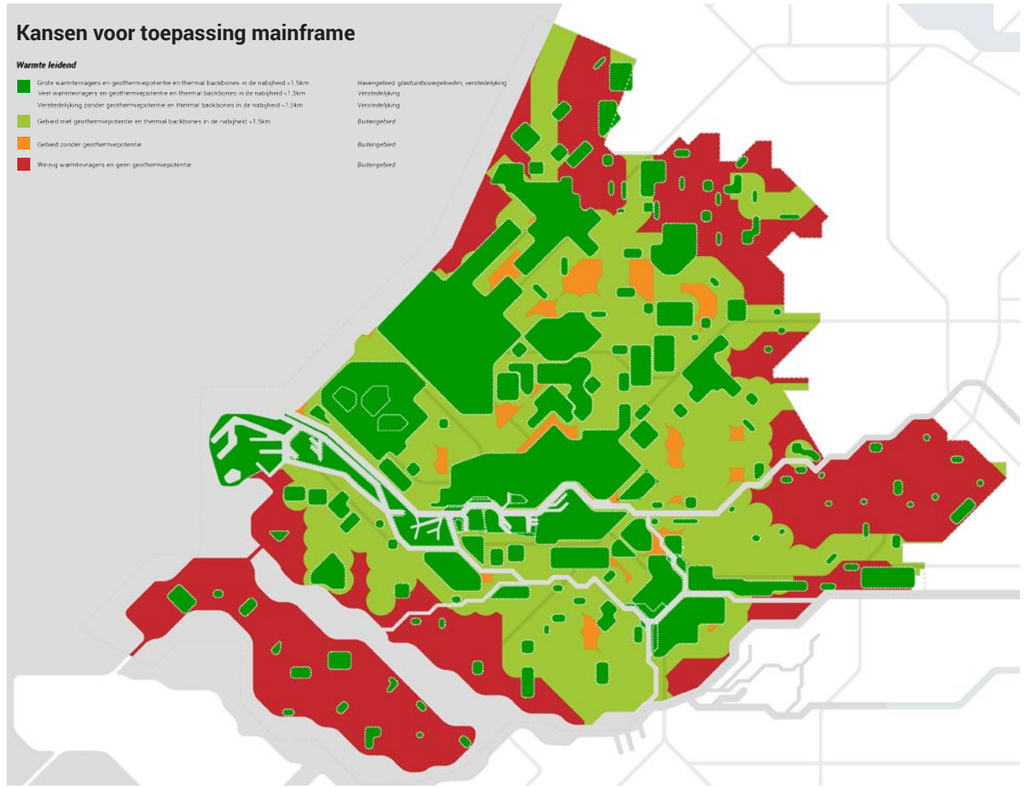
Sommige gebieden lenen zich beter voor een patchwork of mainframe aanpak dan anderen. Op kaart X.2 en X.3 laat de gebieden zien waar een perspectief wel (groen) of niet (rood) kansrijk is. Deze ‘stoplichtkaarten’ laten daarmee vier verschillende typen gebieden zien: die (1) waar beiden perspectieven niet kunnen, (2) typisch mainframe (maar geen patchwork). (3) typisch patchwork, (maar geen mainframe) en (4) waar beide perspectieven kunnen.

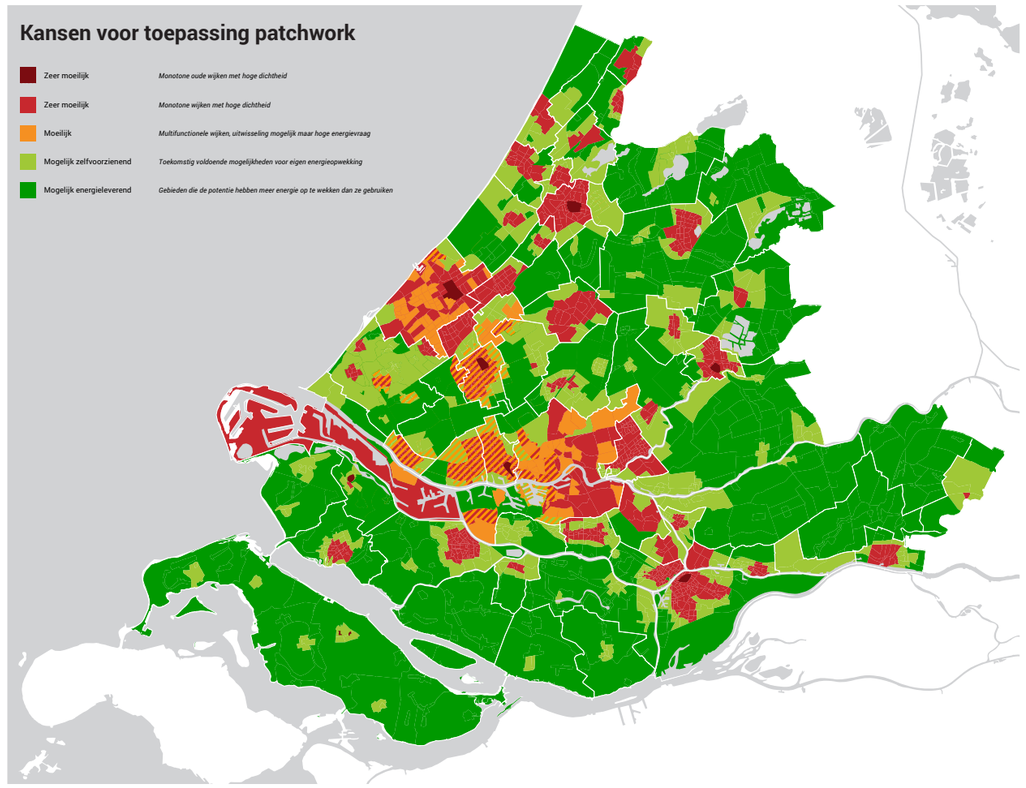
Om met het de het type te beginnen: er zijn eigenlijk geen plekken in Zuid-Holland waar beide perspectieven niet kunnen. Dit komt omdat gebieden met een lage energiedichtheid kostbaar zijn om aan te sluiten op het mainframe, maar daardoor wel meer ruimte hebben voor lokale opwek en flexibiliteit.
De typisch mainframe gebieden zijn extreem grote energieverbruikers, zoals het HIC en de oude stadskernen waar isolatie en productie van energie niet uitkomt. De Alblasserwaard en met name Goeree Overflakkee zijn typisch patchwork. Net zoals een aantal kleinere plekken in het groene hart (zoals Spookverlaat). Dit zijn bij uitstek cowboys en pioneering patches om vroegtijdig te werken aan klimaatneutrale gebieden, die ook werkelijk duurzaam zijn op iedere minuut van iedere dag.

Wellicht het meest interessant zijn die gebieden waar beiden perspectieven passen. Dit zijn de easy adapters en hot pots (gebieden met respectievelijk een lage en een hoge diversiteit die netto flexibiliteit en energie importeren) en regionale hubs (die netto flexibiliteit en energie leveren aan andere gebieden). Uiteraard zijn er spanningen zijn tussen de perspectieven. Zo loont een zware en kostbare isolatieopgave voor gebieden die een HT warmtenet krijgen niet en zal het een afweging blijven in hoeverre keuzevrijheid rond bijvoorbeeld verwarmingsopties opweegt tegen lagere maatschappelijke kosten.

> **Niet alles kan lokaal, niet alles centraal**. Piekcapaciteit en buffers voor weken (dunkelflaute) en seizoenen (zonnestroom en lage temperatuurverwarming) zijn systeemeisen die waarschijnlijk beter grootschalig te te organiseren zijn. Maat het voorkomen van lokale overbelasting van netten, vraagt nog steeds om lokale oplossingen. Vergelijk het met het watersysteem: klimaatadaptatie vereist grote ingrepen zoals dijkverhoging, maar zonder lokale oplossingen stroomt het riool nog steeds over.
> **Mainframe helpt patchwork**. Een goede infrastructuur (hardware en software) zal het in vele gevallen juist gemakkelijker maken om bijvoorbeeld lokaal energie aan elkaar te leveren. Denk aan een lokaal bedrijf dat restwarmte over heeft en dankzij het warmtenet ook de zekerheid heeft dat het dit kan doen.
> **Patchworks bouwen mainframes**. Lokale oplossingen kunnen groeien en fysiek, of qua innovatie de mainframes verder ontwikkelen. Denk aan gekoppelde micronetwerken en markten, lessen over slim laden, etc.

Dat interoperabiliteit zowel fysiek als digitaal belangrijk zijn in het DeltaGrid was al een uitgangspunt. Bovenstaande duidt op een andere vorm van interoperabiliteit: die tussen Patchwork en Mainframe.





5.

BEVINDINGEN, CONCLUSIES & AANBEVELINGEN

Dat de onderzoeken, consultative scoping sessies, ontwerpstudies en ontwikkelingen van verschillende perspectieven ons veel geleerd hebben over de mogelijkheden en onmogelijkheden, wenselijkheden en onwenselijkheden van het DeltaGrid in Zuid-Holland staat buiten kijf.
Onderstaand vindt u de belangrijkste en de meest opvallende conclusies op een rij, gevolgd door enkele op de inzichten gedurende deze studie verkregen aanbevelingen.

Enkele bevindingen: Mainframe en/of Patchwork?

1. De Provincie Zuid-Holland ziet er in 2050 heel anders uit. Industrie en glastuinbouw zullen nog steeds een grote rol spelen, maar meer in symbiose met de omgeving en met elkaar. Deze diepgaande integratie wordt aangegaan in fysieke infrastructuur én in virtuele infrastructuur die tot diep in industriële bedrijfsvoering en de gebouwde omgeving is geïntegreerd. Radicaal kiezen voor een Patchwork- of Mainframe-benadering leidt niet tot een wenselijk energiesysteem. Maar beide benaderingen kennen hun voor- en nadelen. Iedere Mainframe-benadering verdient een beetje Patchwork en vice-versa. Digitalisering speelt in elke energietoekomst een cruciale rol.
2. Waar het gaat om systeemarchitectuur, ontwerpprincipes, kritieke infrastructuur voor moleculen, warmte en elektronen biedt een Mainframe-benadering een gezonde start om te zorgen dat energie beschikbaar, betrouwbaar en betaalbaar is en blijft.
3. En waar het gaat om lokale optimalisatie naar behoefte, gebruikspatroon, beschikbare middelen en beschikbare bronnen, toepassing van verduurzamingsmaatregelen door gebruikers, wijkgerichte aanpak, en allerlei maatregelen die kunnen worden toegepast voor opslag en conversie leent juist een Patchwork-benadering zich beter.
4. Het Internet of Energy is in ieder van de Patchwork en Mainframe perspectieven belangrijk. In Patchwork zal IoE een grote rol spelen bij het lokaal balanceren van voornamelijk elektronen. In het Mainframe-perspectief speelt het IoE voornamelijk een grote rol bij (de koppelingen met) warmte.
5. Een Patchwork-benadering kan dus pas dienend zijn aan het algemeen belang wanneer deze door een Mainframe-benadering ondersteund wordt.
6. DeltaGrid 2050 zet in op optimale interconnectiviteit en interoperabiliteit. Fysiek (multi-commodity), in aansturing (IoE, en ook het ontstaan van nieuwe markten en rollen), en in dynamiek (Patchwork en Mainframe versterken elkaar wanneer lokale en individuele optimalisatie zich kan verbinden aan een sterke en flexibele ruggengraat.

Algemene conclusies en aanbevelingen

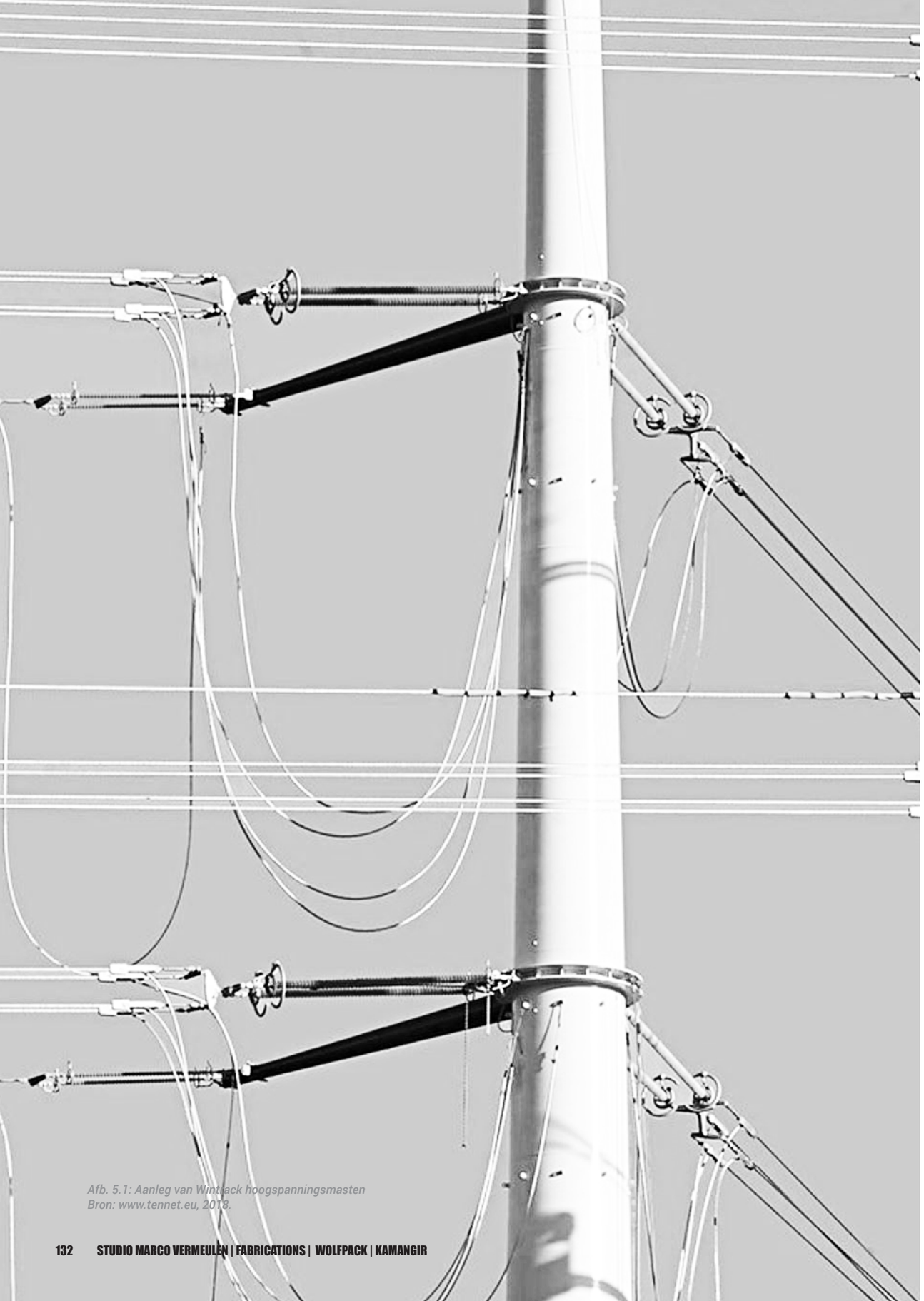
1. Rest- en afvalstromen zoals CO_2, warmte en plastics moeten waarde krijgen. Op dit ogenblik wordt restwarmte nog als waardeloos gepercipieerd, terwijl het HIC tweemaal de totale warmtevraag van de gebouwde omgeving in Zuid-Holland loost. Hiervoor is herregulering nodig. Partijen uit publieke en private sectoren dienen hiervoor samen te werken. Om te beginnen kan een werkgroep die schakelt met de rijksoverheid, gemeenten, gebruikers, aanbieders, en sectorpartijen de basis leggen.
2. Architectuur-benadering voor het energiesysteem
   A. Voor Zuid-Holland is de warmte-infrastructuur een kernthema. Koppeling van warmte op andere energiesystemen is nog een uitdaging. Ontwikkel met publieke en private stakeholders een plan voor smart warmte, verbonden aan de infrastructuren voor elektronen en moleculen.
   B. De transitie waar het elektriciteitsnetwerk 80 jaar over heeft gedaan (van centraal, naar gedistribueerd), zal het warmtenetwerk in een jaar of 20 moeten doen: design for transition.
   C. Voorkom lock-in. Ontwerp open en bi-directionele infrastructuren, waarbij iedere aangeslotene in twee richtingen gebruik kan maken van het systeem: als gebruiker én als aanbieder. Richt op strategische punten conversiefaciliteiten in zodat gebruikers altijd over energie beschikken in de modaliteit –elektronen, moleculen of warmte- die hun behoeften het best vervult.
3. In de gebouwde omgeving zal niet opwekking, maar de infrastructuur om energie uit te wisselen en op te slaan voor een groot deel ons straatbeeld bepalen. Tal van kastjes met accu's, waterstofcellen, warmtebuffers, biovergisters en andere apparaten maken een grote ruimtelijke opgave. Dit betekent dat slim omgaan met onze ondergrond, en met digitale en integrale oplossingen van groot belang is. Houd daarom bij nieuwe gebiedsontwikkelingen ruimte vrij of maak BVO beschikbaar voor lokale opslag en uitwisseling van energie.
4. Gebruik het SMCG om capaciteitsvraagstukken te verdelen over meerdere energiedragers. Zo hoeft er veel minder geïnvesteerd te worden in overdimensionering van elektriciteits- en molecuulnetten en voorkomen we dat elektriciteitsprijzen op windrijke dagen onder nul dalen en congestie veroorzaken.
5. Ketenoptimalisatie is cruciaal. Door de gehele weg van bron tot gebruik als één onderling verbonden –digitaal slim- systeem te ontwerpen kan de exergie –de hoeveelheid en kwaliteit van energie die na transport, opslag en conversie overblijft voor gebruik- gemaximaliseerd worden.
6. Gebruik bestaande infrastructuren voor nieuwe doeleinden: bijvoorbeeld de inzet van gasleidingen voor het vervoer van CO_2, waterstof, en restwarmte. Porthos en Leiding over Oost geven hier al goed de richting mee aan. Zuid-Holland kan hierin leiderschap verwerven.
7. De snelheid van de energietransitie wordt niet bepaald door de veranderkracht van bestaande spelers, maar door het aantreden van geheel nieuwe spelers zonder legacy, die vaak vanuit een heel andere achtergrond opereren, waaronder ICT, artificiële intelligentie, blockchain, automotive industrie. Verwacht dus geheel nieuwe rollen, samenwerkingen en een algeheel nieuw krachtenveld waarbinnen energie wordt opgewekt, gedistribueerd en afgerekend.
8. Industriële energie-infrastructuur: Maak van het DeltaGrid in Zuid-Holland een nieuwe standaard voor energietransitie in de industrie. De industrie in deze regio is zo groot en belangrijk dat import van energie en afvang –en hergebruik- van CO_2 noodzakelijk blijven. Tegelijkertijd biedt de industrie in Zuid-Holland uitstekende kansen voor symbiose van industrie met de rest van het energiesysteem. Bijvoorbeeld door industriële processen en energiestromen (zoals restwarmte) in te zetten voor flexibiliteit in de overige regio's. Plan investeringen in nieuw aan te leggen infrastructuur in samenwerking met verduurzaming van industriële processen door de industrie. Faciliteer dit door een data-gedreven aanpak voor het DeltaGrid.

Wat leert Patchwork ons?

1. Ruimtelijk ontwerp in de gebouwde omgeving moet rekening houden met een nieuwe energierealiteit: in ieder patch zal een aanzienlijk deel van de ruimte gereserveerd moeten worden voor energiesystemen, of voor besparende maatregelen.
2. Duurzame energie-oplossingen op micro-schaal (fietsen op kantoor, draadloze aansturing van verlichting, etc.) vallen qua directe energie-opbrengsten weg in de grote rekensommen en kunnen in de levensloop zelfs energie kosten. Deze lijken daarom onlogisch. Toch kunnen ze een relevante impact hebben doordat materiaal wordt bespaard of ook door gedragsverandering energiebesparing opleveren.
3. Meer oplossingen 'achter de meter' (opwekking, opslag en gebruik) bespaart belasting van het grid. Het afbouwen van de salderingsregeling zou samen moeten gaan met het aantrekkelijker maken van off-grid oplossingen met lokale opslag.

Wat leert Mainframe ons?

1. Zet de juiste commoditeit in voor het beoogde doel: waterstof bijvoorbeeld heeft een hoge exergetische potentie en leent zich dus het best voor de hoogwaardige warmtevraag van de industrie. Elektriciteit leent zich juist weer beter voor huishoudelijk gebruik of personenvervoer.



Afb. 5.1: Aanleg van Wintrack hoogspanningsmasten
Bron: www.tennet.eu, 2018.

2. De keuze voor het type duurzame warmtevoorziening is van groot belang: Met 33% is de laagtemperatuur-warmtevraag de grootste energievraag in de provincie. Zonder collectieve aanpak dreigt het risico dat bewoners grootschalig elektrische buitenlucht-/waterwarmtepompen aanschaffen, en zowel hoge kosten als CO_2-uistoot veroorzaken door bestaande gebouwen individueel verregaand te isoleren en/of energieneutraal te maken waar een wijkgerichte aanpak juist goedkoper en minder grondstofintensief is.
3. Bij de keuze voor geothermie en warmtenetten is de permanente ruimtelijke impact van het warmtesysteem relatief laag, zowel qua opwek (onzichtbare warmtebron onder de grond, bovengronds 100m2 warmtewisselaar per geothermiebron) als de ondergrondse warmteleidingen en warmtenetten.
4. Buffercapaciteit voor perioden van weken of seizoenen en kortere pieken in vraag en aanbod is noodzakelijk. Maar deze capaciteit drukt ook flink op het energiesysteem, en kent hoge kosten. Waterstofopslag in lege gasvelden, een valmeer langs de kust, in combinatie met omzetting naar elektronen in bestaande –aangepaste- gascentrales zou in de toekomst een veel goedkopere oplossing kunnen zijn dan te investeren in grootschalige batterijopslag voor elektriciteit.

Wat leert de studie op Internet of Energy ons?

1. Eerlijkheid en inclusiviteit zijn kernthema's. De huidige stand van digitaliseringsoplossingen stelt ons nu in staat om op basis van nieuwe regels een nieuwe energiesector te ontwerpen, en het IoE, gestoeld op een hybride Mainframe-Patchwork benadering verschaft de mogelijkheid om toegang tot schone, CO_2-neutrale energie te borgen voor iedere gebruiker.
2. Alles wat we digitaliseren maken we daarmee ook kwetsbaar. Energie betreft kritieke infrastructuren en de beveiliging hiervan is dus essentieel. Maak van cybersecurity geen sluitpost maar een integraal onderdeel van het ontwerp van energiesystemen.
3. Voor een open en eerlijke markt voor energiedata is simpelweg instemming van de prosument niet afdoende. De waarde van data neemt snel toe wanneer een bedrijf meer data verzamelt, en weet hoe hier nuttige verbanden tussen te leggen. Zeker asset-light bedrijven die snel kunnen groeien omdat ze niet in fysieke apparaten hoeven te investeren, maar bijvoorbeeld de besturing van andermans batterijen, verwarmingsinstallaties en het (ont-)laden van elektrische auto's overnemen, kunnen uitgroeien tot (te) machtige spelers. Er is nog geen AirBnB of Uber voor energie, maar bij gebrekkige regie zal zo'n nieuwe partij binnen enkele jaren marktmacht uit kunnen oefenen en zo de spelregels van het nieuwe systeem bepalen zonder dat overheden of burgers daar iets aan kunnen doen.
4. Data-infrastructuur: Organiseer het delen van data tussen partijen binnen de energiesector en tussen verschillende sectoren. Bereid een nieuwe data-infrastructuur voor. Maak een einde aan data-verzamelwoede van partijen zonder mandaat voordat excessen optreden vanuit oneigenlijk commercieel gebruik, lekken van gevoelige gegevens en gestrande investeringen door niet schaalbare platformen. Sluit eigen initiatieven bijvoorbeeld aan bij EZK datadeel-initiatieven en eventueel bij initiatieven zoals Industrial Data Spaces samen met TNO.
5. Organiserend vermogen bedrijvigheid Internet of Energy: Faciliteer een open innovatiehub voor Internet of Energy met daarin lokale parels en corporates. Voer hiervanuit regie over de ontwikkeling van IoE om de kernwaarden 'eerlijk en inclusief', en de democratische grondslag van IoE te borgen. Dit verschaft de mogelijkheid om gezamenlijk kennis en kunde op te bouwen en in deze gezamenlijkheid meer te zijn dan de som der delen. Ook kan snelheid worden gemaakt met het samenstellen van de nodige publiek-private consortia vanuit deelnemers in de hub. Borg dat contacten tussen deze partijen worden geborgd door een centrum van vertrouwen, onafhankelijkheid, continuïteit, en gevoed door visionair en pragmatisch ondernemerschap.

Figuur ?: Vloerverwarming met aansluiting warmtepomp (Warmtebelang) in Wierschuur, Wieringen..
Bron: http://www.boerderijenstichting.nl/archief/duurzaam-en-energie-17.

Verklarende woordenlijst

Biogas

Biogas is een gas dat ontstaat door biologische enzymatische processen -anaerobe (zonder zuurstof) vergisting- van organisch materiaal zoals mest, rioolslib, gestort GFT-afval of biomassa. Doorgaans bestaat biogas uit 70% methaan en 30% koolstofdioxide.

CO_2-e(q)

CO_2-e(q): "CO_2-equivalent is een rekeneenheid om de bijdrage van broeikasgassen aan het broeikaseffect onderling te kunnen vergelijken. Het is gebaseerd op het 'Global Warming Potential' (GWP) - dat is de mate waarin een gas bijdraagt aan het broeikaseffect. Zo heeft methaan een GWP van 21 CO_2-eq en zwavelhexafluoride (SF_6) een GWP van 23.900 CO_2-eq. Dat houdt in dat 1 kilo methaan over een periode van 100 jaar 21 keer meer aan het broeikaseffect bijdraagt dan 1 kilo CO_2. Zwavelhexafluoride warmt zelfs 23.900 keer meer op dan CO_2." PBL

Energieneutraal

Energieneutraliteit betekent dat er net zoveel energie wordt opgewekt als dat er wordt gebruikt, binnen een entiteit (regio, land, eiland, etc.).
Dit is iets anders dan klimaatneutraal, waarmee wordt aangegeven dat een proces of entiteit niet bijdraagt aan klimaatverandering. Voor klimaatneutraliteit is naast een energietransitie ook een transitie nodig van onder andere de productieprocessen van geïmporteerde goederen, met name ook buiten Nederlands grondgebied. Veel van de Nederlandse productieprocessen, voor onze behoefte naar goederen, zijn in de afgelopen decennia verplaatst naar lagelonenlanden.

Elektrificatie

Elektrificatie is de uitbouw van elektriciteitsopwekking, -distributie en daarmee kan het een verhoogde elektriciteitsvraag bedienen.

Geothermie

Geothermie of aardwarmte is energie in de vorm van warmte die gewonnen kan worden uit dieper in aardlagen gelegen warmtereservoirs. Bij winning op grotere diepte (>2 km) en hogere temperatuur wordt veelal gesproken over geothermie.

Geothermiedoublet

Een geothermiedoublet is een combinatie van twee naast elkaar liggende diepboringen waarmee warm water wordt opgepompt uit goede waterdoorlatende aardlagen naar het oppervlak (productieput), waar het warmte uitwisselt en het afgekoelde water in dezelfde watervoerende laag wordt teruggevoerd (injectieput) op enkele kilometers afstand van de inlaat. Vanaf grote diepte (>2 km) wordt water opgepompt van 80 °C en hoger.

HTO-opslag

HTO systemen (hoge temperatuur opslag, > 60 °C). Hierbij wordt een overschot aan warmte opgeslagen in de ondergrond om het op een later moment/seizoen te gebruiken als het nodig is.

Nationaal Perspectief

Het Nationaal Perspectief, is een integraal vervolg op de energieagenda, waarbij vijf energietransitiepaden worden uitgewerkt. Deze vijf transitiepaden worden verwerkt in het Integraal Nationaal Energie en Klimaatplan (INEK). Het betreft een verkenning naar mogelijke energiesystemen in Nederland in 2050, uitgevoerd door vijf ontwerpbureaus, in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

PJa^{-1} = Petajoule per jaar

Een Petajoule is een eenheid van energie, gelijk aan 10^{15} Joule of 277.778 MWh.
1 PJ elektriciteit staat gelijk aan de elektriciteitsvraag van 80.000 huishoudens, bij een gemiddeld elektriciteitsgebruik van 3.500 kWh per huishoudens per jaar.
1 PJ warmte staat gelijk aan de warmtevraag van 25.000 huishoudens, bij een gemiddeld warmtegebruik van 40 GJ per huishouden per jaar.

Redundantie

Onafhankelijk opererende systemen, zodat de levering bij uitval van één systeem ten minste gedeeltelijk door kan gaan.

Smart grid

Een smart grid of lokaal microgrid, is een lokaal zelfvoorzienend energievoorvoorziening met energiebronnen, zoals zon en wind samen met energieopslag, besturing van de energievraag en -aanbod en eventueel back-up energieproductie. In een smart grid is een redundant energiesysteem met koppeling tussen verschillende netwerken van elektriciteit en warmte. Hierbij kan energie uitgewisseld worden tussen verschillende energiedragers door bijvoorbeeld elektriciteit om te zetten naar warmte.
Een microgrid stelt gemeenschappen in staat om energieonafhankelijk te zijn. Zo wordt de energie gebruikt waar het ook wordt opgewekt. Dit systeem kan autonoom opereren, en logsgekoppeld worden van het nationale elektriciteitsnet.

Synthetisch gas

Met een overschot aan duurzaam opgewekte elektriciteit kunnen synthetisch gassen worden geproduceerd zoals waterstof. Eventueel in combinatie met het bestaande gasnetwerk, kan het gedistribueerd worden als alternatieve energiedrager, naar afnemers.
Met de beschikbaarheid en toevoeging van CO_2 en andere bronnen (zoals lucht en water) kunnen nog veel meer andere groene grondstoffen geproduceerd worden, zoals methaangas, ammonia, ureum, kunstmest, methanol en mierenzuur. De groene grondstoffen kunnen tevens worden gebruikt als energieopslag. Bij verbranding van deze grondstoffen komt er weer energie vrij dat kan worden omgezet in elektriciteit.

Warmtenetten

Een warmtenet is een netwerk van leidingen onder de grond, waardoor warm water stoomt. Het warme water is afkomstig van een warmtebron, en wordt gebruikt met name voor ruimteverwarming.

Warmtepomp

Een warmtepomp produceert warmte door middel van elektriciteit waarmee warmte uit lucht, water of grondwater naar een hogere temperatuur wordt verwarmd, om uiteindelijk te gebruiken als ruimteverwarming.
Een combiwarmtepomp zorgt zowel voor ruimteverwarming als ook warmtapwater.

WKK

Warmte-krachtkoppeling staat voor het gelijktijdig opwekken van warmte en elektriciteit. Voorbeelden van energiebronnen zijn gas en biomassa, die bij verbranding warmte opleveren en elektriciteit met behulp van een generator.

WKO

Warmte- en koudeopslag, is een methode om energie in de vorm van warmte of koude op te slaan in de bodem.

Zonthermie

Of zonnewarmte waarbij met behulp van het zonlicht water wordt opgewarmd.

Colofon

DELTAGRID 2050

Juni 2019

In opdracht van: EnergyInnovation Board i.s.m. Provincie Zuid-Holland

Marco van Steekelenburg
Isabel Nijveldt
Rogier Pronk

Kamangir
Projectcoördinatie, Internet of Energy

Studio Wolfpack
Internet of Energy, onderzoek

FABRICations
Patchwork, onderzoek en ontwikkeling

Studio Marco Vermeulen
Mainframe, onderzoek en ontwikkeling, grafisch ontwerp rapport

STUDIOMARCOVERMEULEN
Joost van der Waal
Bram Willemse
Marco Vermeulen

Maaskade 97-B
3071 NG Rotterdam
010-2250030
studio@marcovermeulen.nl

FABRICations.
Rens Wijnakker
Duong Bui
Jacob Becker
Wesley Verhoeven

Tussen de Bogen 18
1013 JB Amsterdam
020-5289484
info@fabrications.nl

WOLF PACK
handpicked creatives
Mattijs Taanman

Delftsestraat 11E
3013 AB Rotterdam
mattijs@studiowolfpack.com

kamangir
dream • develop • do
Arash Aazami

Stationsplein 45 Unit A4.002
3013AK Rotterdam
aa@kamangir.eu

Dankwoord
Een speciaal woord van dank gaat uit naar Edwin Edelenbos (Netbeheer Nederland), John Post, Tijs Wilbrink en Eppe Luken (Topsector Energie), Jonne Klaver (Innovation Quarter), Marion Braams (CGI), Olivier Gueydan en Dick van Veen (Siemens), Saskia Elissen, Wouter Groenen, Joey ten Cate (Provincie Zuid-Holland), Dirk Sijmons (H+N+S Landscape Architects), David Peters (Stedin), Gijsbert Korevaar, Paulien Herder en Chris Hellinga (TU Delft), Maya van der Steenhoven (Programmabureau Warmte/Koude Zuid-Holland), Folkwin Emaar (Rijksvastgoeddienst), Mart Lubben (Quintel Intelligence), Jaco Reijerkerk (Ekinetix), René Montenarie (ECP), Richard Beekhuis (TNO), Pallas Agterberg (Alliander), Stephan Brandligt (Gemeente Delft), Jaron Weishut (The Green Village), Rinke Zonneveld (InnovationQuarter), Sander Mertens (The Hague University of Applied Sciences).
En vele anderen die de tijd en moeite hebben genomen om ons met hun kennis, visie, perspectieven, kunde, verhalen en voorbeelden te verrijken. Hun inbreng heeft grotendeels bijgedragen aan de totstandkoming van dit rapport, en daarmee ook aan de realisatie van het Zuid-Hollandse DeltaGrid 2050.