



TOPSECTOR ENERGIE
Innovatie voor een duurzame toekomst



Digitalisering en energie – méér dan de som der delen

door Arash Aazami – Kamangir BV

1 november 2021

Deze rapportage is opgesteld in opdracht van RVO.nl voor de Topsector Energie op verzoek van het programma Digitalisering

coverfoto: ©Kenishrotie - stock.adobe.com



Inhoudsopgave

1	Voorwoord	4
2	Korte samenvatting	5
2.1	Digitalisering en energie. Méér dan de som der delen	5
3	Geen digitalisering zonder energie	7
3.1	Digitaliseren: incrementeel of disruptief?	7
3.2	Eerst was er energie	7
3.3	En toen was er internet	8
3.4	En nu ontstaat symbiose	11
4	Achtergrond – hoe wij kwamen tot een digitaliseringsagenda	13
4.1	Een terugblik: Wat is er gebeurd sinds de publicatie van ‘Digitalisering in het Energielandschap’?	14
4.2	Wie hebben er inhoudelijk bijgedragen aan deze agenda?	17
5	De Topsector Energie nu: Programma Digitalisering	19
5.1	Raakvlakken Programma Digitalisering Topsector Energie en Sleuteltechnologieën Topsector ICT	20
5.2	Digitalisering binnen de TKI’s en MMIP’s	21
6	Systeemoverstijgende ontwikkelingen	23
6.1	Van A naar B via de principes van B	23
6.2	De vier transitie: Technologisch, Economisch, Maatschappelijk, Institutioneel	24
6.3	The transition will not be televised	25
6.4	De opkomst van (semi-)autonomie	26
6.5	Van gecentraliseerd naar gedistribueerd	27
6.6	Van volume naar waarde	28
7	Bewegingen in het energiedomein	32
7.1	Van fossiele buffers naar hernieuwbare bronnen	32
7.2	Van grootschalig en ‘uit het zicht’ naar verweven met de leefomgeving	33
7.3	Opwek decentraliseert, dus álles decentraliseert	34
7.4	Van vermogensnetten naar energienetten	35
7.5	Van plaats-energie naar tijd-energie - Time of use	36



7.6	Van energie als consumptiegoed naar energie als dienst	37
7.7	Van energieverbruik naar energiegebruik	38
7.8	Energievoorziening wordt steeds meer afhankelijk van de grillen van de natuur	40
7.9	Alles naar <i>'the grid's edge'</i>	41
7.10	Iedereen wordt systeemdeelnemer: de inrichting van het gedistribueerde systeem.	43
7.11	Internet of Energy: grote impact op systeembeheer; veel minder investeringen in de infra	44
8	Bewegingen in het digitaliseringsdomein	45
8.1	Kans en valkuil: Hyperpersonalisatie	45
8.2	AI	46
8.3	Internet of Things	46
8.4	Digital Twins	47
9	Valkuilen en reminders	49
9.1	Eigenaarloze problemen	49
9.2	Van wie is de data?	50
9.3	Investeren in lock-in	50
9.4	Perverse prikkels	51
9.5	The World Wide Wait of Energy	51
9.6	De markt wil het wel, maar gaat het niet oplossen	52
10	Randvoorwaarden en oplossingsrichtingen	54
10.1	Een systeemoverstijgende aanpak	54
10.2	De onvermijdelijkheid van een nieuw marktmodel	55
10.3	Van planning & control tot sense & respond	56
10.4	Standaarden en protocollen	59
10.1	Kies voor eerlijk, inclusief, democratisch bestuurbaar	59
10.2	Functionerend datasysteem cruciaal	60
10.3	Open en integere data-architectuur	60
10.4	Cybersecurity op alle niveaus	61
10.5	Een toekomstbestendige referentiearchitectuur	62
10.6	Maak niet technologie, maar gebruikerservaring leidend voor ontwikkeling	63
11	Conclusies, aanbevelingen	64
12	Dankwoord	67



1 Voorwoord

In 1995 bereikten we de mijlpaal van 1 miljoen huishoudens met een internetaansluiting in Nederland. Een onwaarschijnlijke prestatie, omdat het www-protocol slechts zes jaar eerder werd geïntroduceerd. Onze wereld zou nooit meer hetzelfde zijn. Inmiddels kent de wereld honderden miljoenen *digital natives*. Mensen die geboren zijn na 1989, opgegroeid met internet als dagelijkse realiteit, mensen die inmiddels sleutelposities beginnen te vervullen in onze samenleving: wetenschappers, bestuurders, uitvinders, kunstenaars, ingenieurs, ondernemers, leraren. Mensen voor wie digitalisering, kunstmatige intelligentie, cryptologie, big data, blockchain, algoritmes en gedistribueerde systemen behoren tot de dagelijkse, maakbare realiteit.

25 jaar later, in 2020, werd een andere mijlpaal bereikt: ruim 1 miljoen huishoudens wekken nu zelf energie op uit hernieuwbare bronnen. En deze ontwikkeling kent een trend gelijk aan de ontwikkeling van internetgebruik in Nederland. Het begon met een paar pioniers, environmentalisten, wetenschappers, liefhebbers van de nieuwste snuffjes, en inmiddels is hernieuwbare energie gemeengoed aan het worden. Zelfgemaakt, lokaal, en direct geoogst uit een onuitputtelijke bron.

Een paar jaar geleden konden wij het ons nog niet voorstellen, maar inmiddels is het zeer denkbaar dat over 15 jaar 95% van de Nederlandse huishoudens energie opwekt uit hernieuwbare bronnen. Een wereld die geleid wordt door mensen die het heel normaal vinden om zelf energie op te wekken uit onuitputtelijke hernieuwbare bronnen, zelf energie op te slaan, te converteren, te delen met burens, te waarderen en te balanceren. Wij zijn getuige van de opkomst van het tijdperk van de *renewable energy natives*.

Dit maakt de energietransitie tot een revolutie met zo mogelijk nog verderstreckende gevolgen dan de internetrevolutie.

Deze publicatie is niet alleen bedoeld voor *digital natives* en *renewable energy natives*. Niet alleen voor vakgenoten, wiskundigen, technenuten, en mede-nerds.

Nu we zien dat digitalisering in het energiedomein iedereen raakt, en van en voor iedereen is, schrijven wij deze publicatie juist óók voor de niet-technenuten. De beleidsmaker, de betrokken burger, de investeerder, de innovatie-enthousiasteling, de ethicus, de ondernemer, de energie-professional, voor iedereen die gelooft dat digitale technologie en energie samen méér zijn dan de som der delen.



2 Korte samenvatting

2.1 Digitalisering en energie. Méér dan de som der delen

Vijf jaar geleden publiceerden wij het stuk ‘Digitalisering in het Energielandschap’, waarin wij beschreven hoe digitalisering onze energievoorziening fundamenteel transformeert en welke kansen er lagen.

Er is gelukkig veel gebeurd. Inmiddels staat er een Programma Digitalisering en worden concrete stappen gezet naar een nauwe samenwerking met de Topsector ICT. Met name op systeemoverstijgend niveau is er nog veel te winnen.

Zonder energie bestaat er geen digitalisering, en geen economie. Energie is een fundament onder onze samenleving. En inmiddels is er zonder functionerend digitaal systeem ook geen energiesysteem meer. De relatie tussen digitalisering en energie is symbiotisch geworden. Wij hadden een energiesysteem nodig om internet te ontwikkelen. Nu hebben wij internet nodig om het energiesysteem te behouden.

Het internet is inmiddels het onzichtbare digitale equivalent van het micellaire netwerk dat in de natuur alles met alles verbindt. Het centraal aansturen van miljoenen aanbieders van duurzame energie is onmogelijk.

Inmiddels telt Nederland meer dan 1 miljoen aanbieders van hernieuwbare energie. Toch hebben wij nog 97% van onze energievoorziening te verduurzamen. Dat kan niet volgens de regels en ontwerpprincipes van het huidige energiesysteem. En in tijden van fundamentele verandering geeft dit stress. De systeemstress is te voelen in de explosieve toename van congestiezones en de fysieke belemmeringen die nu optreden bij de aanleg en installatie van zonne- en windenergie. Er is een doorbraak nodig.

Digitalisering wordt grofweg op twee manieren ingezet: enerzijds om bestaande systemen te veranderen, overbodig te maken, een disruptie tweeg te brengen en een nieuwe orde te bewerkstelligen. Anderzijds zetten wij digitalisering in om de de status quo te behouden. Digitalisering om effectiever olie te pompen, digitalisering om afhankelijkheden van klanten te vergroten, digitalisering als lock-in. Wij moeten ons bewust zijn van welke vorm van digitalisering wij voeden.

We zien een samensmelting van onze systemen voor digitalisering en energie, soms nog vanuit de oude economie, soms heel visionair en vooruitstrevend. Een hoge mate van integratie en duidelijke randvoorwaarden zijn daarvoor nodig. Er verschijnt een duidelijk beeld van een Internet of Energy dat levensvatbaar en aantrekkelijk voor bijna alle partijen kan zijn. Keuzes voor klimaat, voor de maatschappij en voor een toekomstbestendig en houdbaar energiesysteem zijn noodzakelijk, maar welke keuzes zijn dit? Wat is wijsheid? Data en algoritmes zijn niet waardenvrij, zij kunnen balans, natuur en maatschappij verstoren, maar ook



verbeteren. Zij kunnen het individu of een machtig bedrijf bevoordelen te koste van anderen, maar ook het hele systeem verbeteren.

Digitalisering is de belangrijke factor die een werkelijke energietransitie mogelijk maakt met behoud van de waardevolle aspecten van het oude. We zullen daarna zien dat het financiële systeem ook gaat veranderen. Waarom? Energie is het vermogen om arbeid te verrichten; als deze binnen het bereik komt van iedereen wordt waardecreatie van iedereen. Het moderne equivalent van de gouden standaard ligt dan binnen de maatschappij en niet meer erboven. Energie uit hernieuwbare bronnen is niet schaars, het gaat om balans: tussen opwek en behoefte, tussen vraag en aanbod, tussen apparaten, tussen lokale markten.

Daarmee krijgt het converteren en opslaan van energie een belangrijke rol, maar het goedkoopste zal altijd het op het juiste moment niet gebruiken blijven. Digitalisering kan iedereen inzicht geven in de juiste keuzes. Digitalisering biedt enorme kansen: iedereen kan zijn persoonlijke energietransitieplan uitstippelen, en met behulp van digital twins kunnen de effecten van een nieuwe zonneweide op de omgeving ingeschat worden voordat er ook maar een schep in de grond gaat. En met digitale technologie die het gebruik van bestaande netten optimaliseert kunnen wij miljarden aan investeringen in infrastructuur besparen.

Op het pad naar digitalisering komen wij ook valkuilen tegen. Problemen die geen eigenaar kennen bijvoorbeeld, zoals de integriteit van data, of de nood om netverzwaring waar flex-aanbieders de markt bepalen. Een andere valkuil is de lock-in: gedwongen gebruik te maken van bepaalde technologie of een bepaalde leverancier. En cybersecurity is niet de verantwoordelijkheid van een enkele aanbieder, maar van het hele systeem.

Dat vraagt investeringen van alle betrokkenen, digitalisering is voor effectiviteit en duurzaamheid op systeemniveau onontbeerlijk, evenals integratie en aansturing van opslag op korte en lange termijn, en conversie naar warmte. Integrale energienetwerken waar verkeer van moleculen, data, elektriciteit en warmte verweven zijn. Dat vraagt optimalisatie van de investeringen. Welke functie en technologie levert het meeste op in een bepaald lokaal netwerk uitgaande van het integrale systeem? De geïnterviewde experts relateerden de essentie van de energietransitie aan de generaties na ons en de balans tussen mens en natuur. Digitalisering geeft een verbindende kracht waar de energiesector voorheen als apart gezien werd. Digitalisering is geen doel maar een middel.

We kunnen gezamenlijk kijken naar de kosten en baten, zowel financieel als maatschappelijk. Dat gebeurt al in de Club van Wageningen, een doorlopende 'search conference' met betrokkenen, omdat we de digitaliserende energietransitie alleen samen kunnen vormgeven, inclusief voorbereid zijn op wat er mis kan gaan, ook in de relatie met het buitenland. Ook daar bestaan onderlinge afhankelijkheden. Klimaatdoelstellingen vereisen een brede maar ook verfijnde aanpak; een persoonlijk, acceptabel en begrijpelijk energietransitie plan voor iedere bewoner van alle landen.

Door integratie van digitalisering en energie, niet alleen technologisch, maar ook economisch, maatschappelijk en institutioneel worden deze twee onderwerpen méér dan de som der delen.



3 Geen digitalisering zonder energie

3.1 Digitaliseren: incrementeel of disruptief?

Digitalisering wordt grofweg op twee manieren ingezet: enerzijds zien we digitalisering ingezet worden om de status quo uit te dagen, te verstoren, en te leiden tot systeeminnovatie. Hierbij wordt alles wat wij ons kunnen voorstellen ter discussie gesteld. Alles mag veranderen ten behoeve van de beoogde situatie: technologie, markt, sociale verweving, wet- en regelgeving. Deze vorm van innovatie is vaak potentieel disruptief. Mocht een dergelijke ontwikkeling omarmd worden door de massa dan verandert het hele systeem. Denk hierbij aan de adoptie van internet door huishoudens in de jaren '90, of aan de toename van het aantal mensen dat zelf door middel van zonnepanelen of aandelen in windturbines energie opwekt.

Anderzijds wordt digitalisering ingezet om de status quo te behouden, en deze dan iets groter, beter, sneller, sterker te maken. Dit heeft vaak tot doel om de efficiëntie van het huidige systeem te verbeteren, maar beoogt -vaak gedreven door belangen van bestaande spelers- geen systeeminnovatie.

Als we een vergelijking maken met de ontwikkeling van het internet zien we verschillende dingen. Op de korte termijn is er de neiging tot groter, beter en sneller, waarbij het huidige systeem behouden blijft. Is grootschalige waterstofproductie niet eigenlijk weer een vorm van centralisatie? Wij zien nog te vaak de neiging tot incrementele verbeteringen van het huidige systeem. Henry Ford zei dat als het aan de consument had gelegen hij een sneller paard had moeten fokken, in plaats van auto's te bouwen. Willen wij dan ook heel veel investeren in innovatie om uiteindelijk slechts de status quo te verbeteren, zonder dat er echt iets verandert?

Het is heel makkelijk om alle digitalisering onder de eerste, disruptieve categorie te scharen - want dat beantwoordt aan een populair sentiment-, maar laten wij er bewust van zijn dat waar bijvoorbeeld kunstmatige intelligentie of blockchain wordt ingezet in een bestaande sector, dit over het algemeen gebeurt om de bestaande positie van die sector te versterken. Dat kan heel goed zijn, maar moet niet opgevat worden als disruptie of systeeminnovatie. Dergelijke incrementele innovaties zijn vaak heel goed, maar zitten regelmatig ook de transitie in de weg. Want als wij bijvoorbeeld innoveren of subsidiëren om langer, meer of beter fossiele energie te verkopen doen wij weinig anders dan toekomstige generaties op te zadelen met een nog groter probleem.

3.2 Eerst was er energie

Zonder functionerend energiesysteem is digitalisering onmogelijk. Digitalisering is niet vanzelfsprekend. Voor iemand zonder toegang tot energie is digitalisering zelfs ondenkbaar. Er was eerst een energiesysteem nodig om microprocessors, opslagmedia en later ook internet te kunnen ontwikkelen. Hier kunnen wij ons fossiele energiesysteem dankbaar voor zijn. Alle digitalisering leunt op het bestaan van een energiesysteem dat functioneert en de vraag vervult op het moment dat die energievraag er is.



Dat energiesysteem was eerst vrij simpel, lokaal, en bestond om te voorzien in de behoefte aan licht en later ook warmte. Pas later raakte het energiesysteem steeds meer genetwerkt, werden steden onderling verbonden, en groeide het aangesloten vermogen tot het niveau waarop industrieën voorzien konden worden van grote hoeveelheden elektriciteit en warmte.

Uiteindelijk zien wij binnen Nederland een energiesysteem met parallelle netwerken voor elektriciteit, warmte en gas. Een uitermate betrouwbaar systeem, want in Nederland hebben wij slechts 24 minuten per jaar geen stroom. En die betrouwbaarheid is bijzonder waardevol gebleken voor de totstandkoming en uitrol van internet.

3.3 En toen was er internet

Toen internet nog een heel jonge ontwikkeling was, verwierf Nederland zich een bijzonder sterke positie door hier de overzeese kabels aan Europese wal te brengen. Datacenters als Global Crossing en SURFsara speelden een cruciale rol in de ontwikkeling van internet voor heel Europa. Dit kon mede dankzij het uiterst betrouwbare systeem voor elektriciteitsvoorziening.

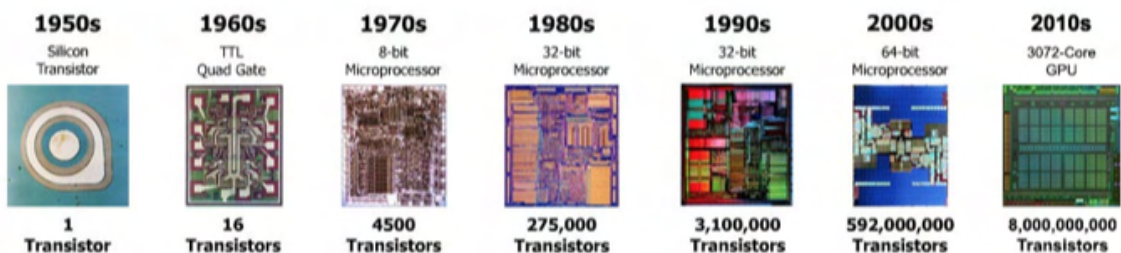
De ontwikkeling van een wereldwijd systeem voor productie en distributie van elektriciteit heeft een digitale revolutie mogelijk gemaakt die zijn weerga niet kent. Die ontwikkeling stond aanvankelijk los van de bronnen; kolen, olie of gas, het maakte niet zoveel uit waar de elektriciteit elders centraal werd opgewekt.

Wanneer het interessant wordt is nu. Decentrale opwek en digitalisering hebben wel degelijk invloed op elkaar. Grootschalige centrale dataverwerking raakt direct de capaciteit van het elektriciteitsnet, zeker als deze gebouwd wordt op plaatsen waar de grond goedkoop is maar het net zwakker. Tot voor kort maakte het niet uit waar de energie voor onze datacenters vandaan kwam. Er was altijd wel ergens een kolencentrale of gascentrale die in de snelgroeïende energiebehoefte van datacenters voorzag. Maar nu zijn deze datacenters net als de rest van onze economie in toenemende mate afhankelijk van hernieuwbare energie, vaak afkomstig van wind op land en wind op zee, en steeds meer van zonnepanelen. Ligt digitalisering, doordat het nog maar kortgeleden niet uitmaakte waar de energie vandaan kwam, nu achter op ontwikkelingen?

Omdat de ontwikkeling van microprocessors de zogeheten wet van Moore volgt (elke twee jaar kun je tegen dezelfde kosten over tweemaal zoveel computerkracht beschikken, en kunnen we tegen dezelfde kosten tweemaal zoveel berekeningen uitvoeren) zien we een exponentiële groei van computerkracht. De eerste computerprocessors in de jaren '50 hadden een zeer beperkt rekenvermogen en bevatten 1 transistor per chip. In de jaren '80 begonnen digitale technologieën grootschalig hun intrede te doen in onze levens en werkomgevingen. Op dat ogenblik pasten er al 275.000 transistors op een chip.

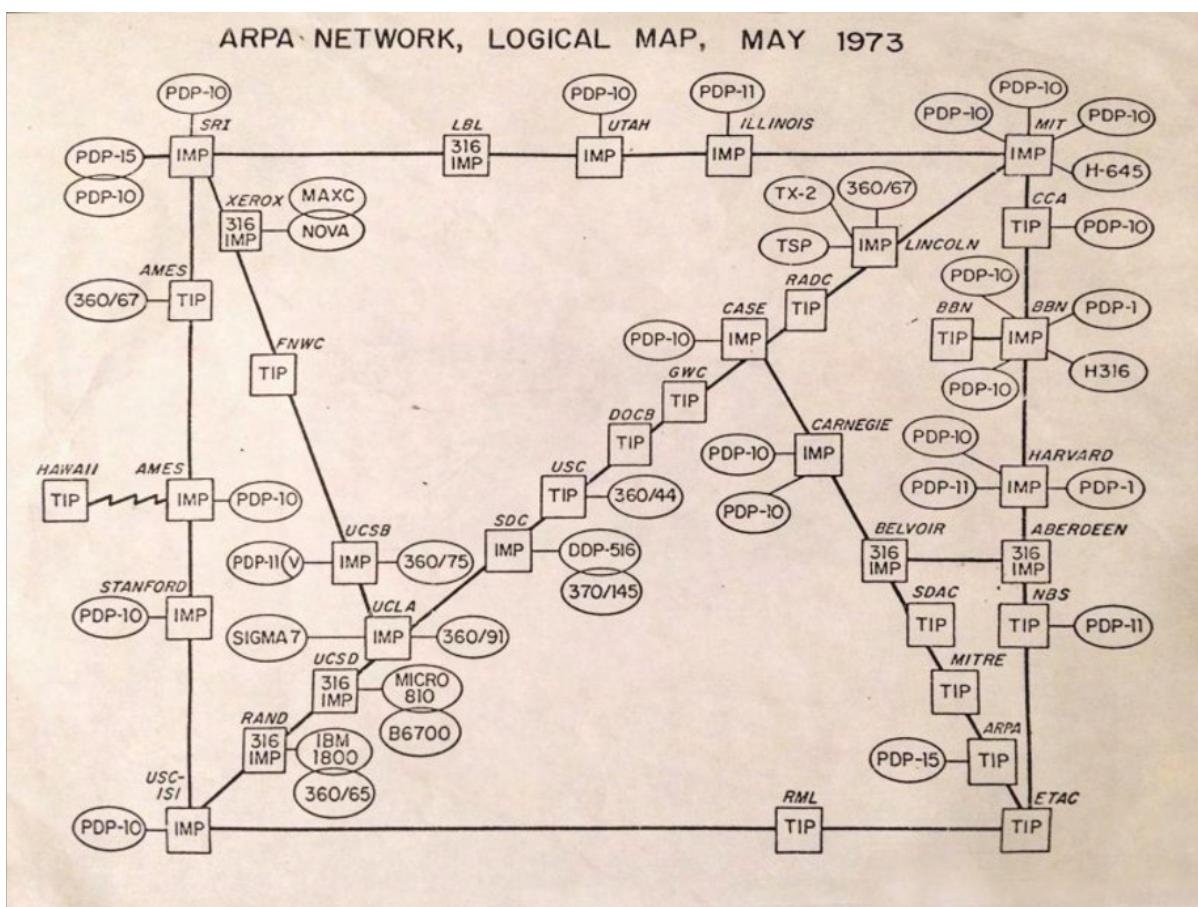
In dit decennium doorbreken we de barrière van 100 miljard transistors op één enkele computerchip.





Figuur 1: exponentiële ontwikkeling processors volgens de wet van Moore

In 1973 telde het gehele Arpanet (de voorganger van ons internet) 36 gebruikers wereldwijd. In 1989 schreef Tim Berners Lee het World Wide Web-protocol en sinds de introductie van het WWW werd internet toegankelijk voor de massa.



Figuur 2: In 1973 telde Arpanet, de voorganger van ons Internet, wereldwijd 36 gebruikers

De opkomst van internet in de jaren '90 en de adoptie van decentrale hernieuwbare energie nu vertonen een interessante parallel: Omstreeks 1995 passeerden wij in Nederland een historische barrière; meer dan een miljoen huishoudens had vanaf toen toegang tot internet. In de jaren ervoor werd door een groeiende groep enthousiastelingen, dromers, investeerders, pioniers en innovators geanticipeerd op het moment waarop de mate van toegang tot internet een punt zou bereiken waarna de maatschappij voor altijd zou veranderen. Immers: zodra

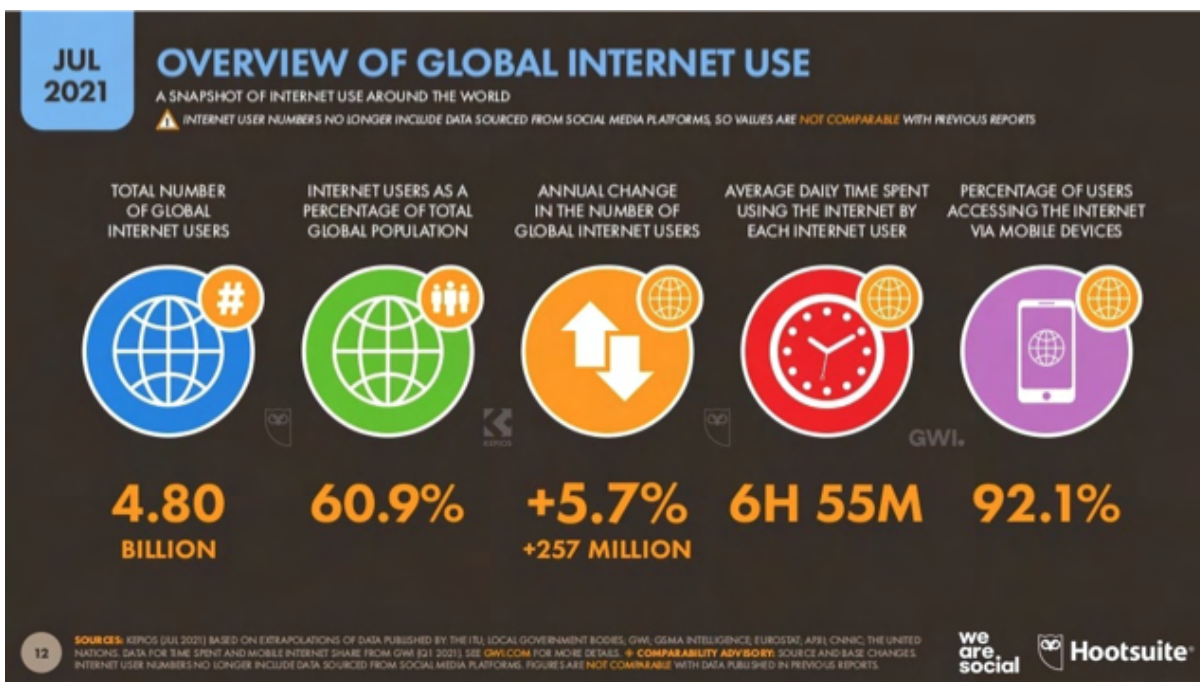


iemand thuis tegen geringe kosten aangesloten kon zijn op alle informatie en kennis van de wereld, toegankelijk met een druk op de knop, op het moment van diens keuze, dan betekende dit iets veel diepers dan de adoptie van een nieuwe technologie. Vanaf dat moment was deze persoon niet langer consument van kennis en informatie, maar prosument. Net zo makkelijk als iemand kennis kon vergaren door deze op te zoeken via miljoenen bulletin boards, internetfora, websites, en databases, kon deze persoon zijn eigen kennis en informatie toevoegen aan deze netwerken, zelf een website publiceren en onderhouden, en opkomende online-encyclopedieën van input voorzien. Langzaam maar zeker zou de wereld dankzij internet nooit meer hetzelfde blijven.

De jaren die erop volgden geven de snelheid van de internetrevolutie aan. In 1998 waren zestien procent van alle huishoudens aangesloten op internet. In 2000 was dit vijfenveertig procent, in 2010 al drieënnegentig procent en inmiddels zijn op enkele uitzonderingen na alle huishoudens in Nederland aangesloten op een wereldwijd netwerk waarlangs kennis, data, nieuws, zin en onzin, lief en leed met elkaar gedeeld worden.

Inmiddels bestaat het internet iets meer dan 30 jaar, tellen we 4,8 miljard internetgebruikers wereldwijd, en groeit dit aantal met 700.000 gebruikers per dag. De gemiddelde internetgebruiker is inmiddels bijna 7 uur per dag online.

Het leek onvoorstelbaar in 1989, het jaar waarin Tim Berners-Lee het World Wide Web protocol ontwikkelde, maar het is toch gebeurd: wij vinden het inmiddels de normaalste zaak van de wereld dat wij het laatste nieuws vernemen terwijl we met een telefoon in bed liggen. We vinden onze levenspartners via internet. We kijken massaal naar films die we downloaden en bekijken wanneer het ons uitkomt. 96% van de Nederlanders is inmiddels gebruiker van Youtube. Afgelopen jaar is het internetgebruik door huishoudens met 35% gestegen tot 22,77 miljoen terabyte vanwege de toename van het aantal thuiswerkers.



Figuur 3: Internet telt nu 4,8 miljard gebruikers. Dit jaar komen daar 257 miljoen bij. Bron: Hootsuite



3.4 En nu ontstaat symbiose

Nu is het juist het internet dat een nieuw energiesysteem mogelijk maakt. We hebben eerst een vrij simpel systeem ontworpen waarin enkele producenten al naar gelang de fluctuerende vraag van miljoenen afnemers centrales konden aansturen. Maar met de systemen voor planning en controle die wij hiervoor hebben is het aansturen en schakelen van miljoenen aanbieders van hernieuwbare energie simpelweg onmogelijk. Het een kan niet meer zonder het ander. De systemen voor energie en voor digitale technologie, communicatie en data raken verweven met elkaar.

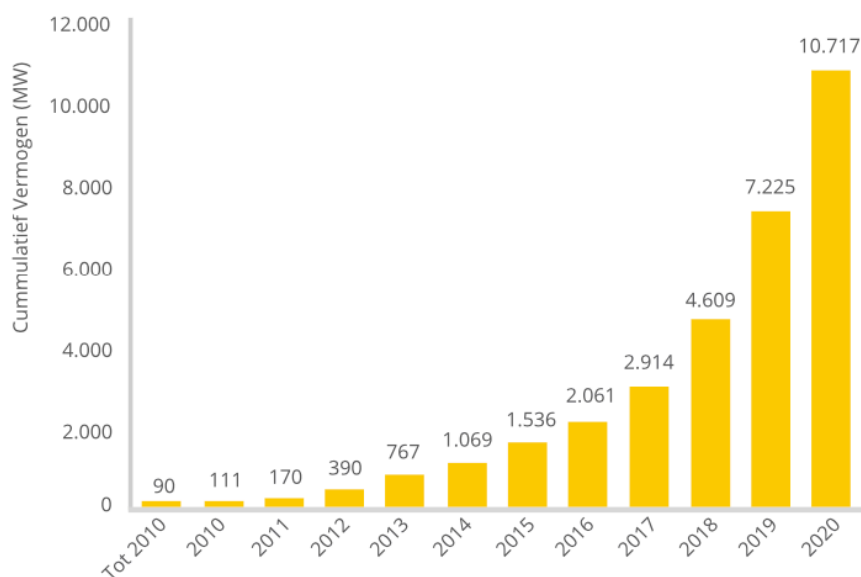
Dankzij een gedistribueerd systeem voor data en kennis -ons inmiddels trouwe en onmisbare internet- is voor het eerst een gedistribueerd en gedecentraliseerd energiesysteem mogelijk.

Dit betekent ook dat wat we hebben opgebouwd eigenlijk opnieuw gebouwd moet worden. Door de ogen van een ICT-er zal het energiesysteem heel anders ontworpen worden. Wij hebben geleerd te investeren in digitale geletterdheid, en moeten nu investeren in energiegeletterdheid. Energieprofessionals moeten begrijpen waar digitale technologie voor dient, wat de context ervan is, en hoe deze het energiesysteem verandert. ICT-professionals moeten leren wat de rol van energie is voor hun systemen, én hoe zij met hun kennis kunnen zorgen dat energiesystemen kunnen functioneren op basis van hernieuwbare, niet-stuurbare bronnen.

Er is grote behoefte aan programma's, onderzoek en ontwikkeling op systeemoverstijgend niveau, waaraan individuele technologieën -energietechnologieën én digitale technologieën- ondergeschikt zijn.

We kunnen verwachten dat de ontwikkeling van het aantal aanbieders van energie grofweg dezelfde ontwikkeling volgt als het aantal aangesloten gebruikers van internet. Inmiddels zijn wij in 15-20 jaar gegroeid van enkele tientallen centrales waar energie werd geproduceerd tot ruim een miljoen aanbieders van hernieuwbare energie in Nederland. Het is een kwestie van (weinig) tijd voordat we wereldwijd miljarden aanbieders van hernieuwbare energie kennen, en niet alleen in de vorm van elektriciteit: ook aanbieders van kleinschalige restwarmte, batterijen, andere vormen van opslag, convertors van energie, aanbieders van moleculen zoals waterstof, biogassen, ammoniak enzovoort.





Figuur 4: het aantal zonne-installaties in Nederland groeit exponentieel. Bron: Nationaal Solar Trendrapport 2021 © Dutch New Energy Research

Het energiesysteem en het internet zijn inmiddels beland in een staat van symbiotische relatie. Het een kan niet zonder het ander. Energie is noodzakelijk voor internet en internet is noodzakelijk voor energie.

‘Energie is noodzakelijk voor het internet. En het internet is noodzakelijk voor energie’

De energietransitie maakt niet per sé alles beter, goedkoper, sneller en betrouwbaarder. Vooral de omschakeling van energiedragers zoals gas, olie en kolen -die met een druk op de knop van de centrale harder of zachter geschakeld kunnen worden al naar gelang de momentane vraag- naar niet schakelbare bronnen vergt het uiterste van onze flexibiliteit en managementvaardigheden op het energiesysteem. Onze netten zijn heel goed ontworpen voor centrale aansturing en eenrichtingsverkeer, maar kunnen geen tweerichtingsverkeer aan. Met inmiddels ruim een miljoen punten waarop energie wordt aangeboden ontstaat er file. En deze file zorgt voor problemen met frequentiehandhaving, balancering, de kwaliteit van stroom en spanning gaat achteruit, met als gevolg stroomuitval op lokaal niveau en mogelijk escalerend tot op landelijk en zelfs Europees niveau.

Het is zonder digitalisering volstrekt onmogelijk om een systeem dat bestaat uit miljoenen gebruikers en miljarden apparaten, elk meerdere rollen vervullend, energie aanbiedend en afnemend, over meerdere energiedragers te ontwerpen, te bouwen, laat staan in stand te houden.

Maar wanneer digitalisering én energie elkaar versterken bewegen beide systemen naar een rijkdom aan verschillende bronnen, vormen, en technologieën die ons als individuele aangeslotenen het beste zal dienen.



4 Achtergrond – hoe wij kwamen tot een digitaliseringsagenda

In 2016 realiseerden wij ons dat digitale ontwikkelingen een cruciale rol spelen in de energietransitie, en tegelijkertijd merkten wij dat voor dit onderwerp geen gerichte aandacht bestond binnen de Topsector Energie. Wij voorzagen ook dat wanneer digitalisering niet geagendeerd zou worden, wij met lede ogen zouden toekijken hoe tech-reuzen op een gegeven moment een machtspositie verwerven in het energiedomein, en hiermee controle zouden verkrijgen over de voorziening in een basisbehoefte voor ieder mens.

Wij zagen dat er allerhande projecten gefaciliteerd en uitgevoerd werden ten behoeve van energie-innovatie, maar digitalisering had weinig plaats in de Kennis- en Innovatieagenda's van de Topsector. De meeste projecten raakten ook aan digitalisering, maar zonder gestructureerde agenda zou het bij klootschieten blijven, en zouden er ook geen serieuze middelen voor vrijkomen. Dit, terwijl de meeste betrokkenen wel inschatten dat digitalisering -wij weten niet hoe, maar we weten wel dát- van cruciaal belang zou zijn voor het doorlopen van een succesvolle transitie naar een gedecentraliseerd, op hernieuwbare bronnen gebaseerd energiesysteem.

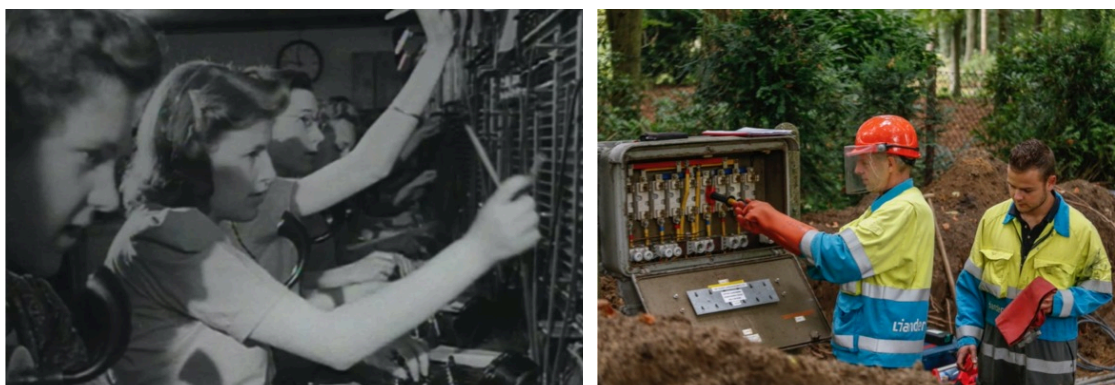
Vijf jaar geleden is door ons onderzocht hoe digitalisering onze energievoorziening fundamenteel transformeert en welke kansen toen al voor het grijpen lagen. Hier vloeide het rapport 'Digitalisering in het Energielandschap' uit voort. Er is sindsdien gelukkig veel gebeurd, maar ook een aantal dingen nog niet. Er is ingezet op de stimulering van technologieontwikkeling, maar met name op het gebied van systeemoverstijging wordt nog onvoldoende ingezet. Technologie is pas waardevol in een context, dus wat is de technologische behoefte als wij kijken naar maatschappelijke, economische of institutionele ontwikkelingen en wensen? Aan welke ontwerpprincipes moeten energienetwerken voldoen om samen meer te zijn dan de som der delen? Hoe zorgen wij ervoor dat lokale gebruikers en producenten, in een samenspel met aanbieders van opslag en conversie komen tot een lokaal optimaal systeem dat aan de specifieke behoeftes van die lokale gemeenschap voldoet? En hoe zorgen wij er vervolgens voor dat deze lokale geoptimaliseerde netwerken op hun beurt weer onderling kunnen komen tot regionale balans in een systeem dat betaalbaar en toegankelijk is voor elke gebruiker, ongeacht diens technologische voorkeuren, specifieke behoeftes en keuzes?

Zo vatten wij het plan op om een document te schrijven waarin de noodzaak tot aandacht voor digitalisering ten behoeve van een succesvolle energietransitie geduid zou worden.

Met beperkte tijd en middelen ontstond een boeiend en enthousiast keukentafelproces. Uitgaande van eigen kennis en -al dan niet gebrek aan- inzichten schreven wij het document 'Digitalisering in het Energielandschap', dat wij vanwege het arbitraire karakter niet durfden te duiden als een digitaliseringsagenda, maar wél als een agenderingsdocument. De hoop was dat digitalisering mede dankzij dit schrijven een meer prominente plek gegund zou krijgen in de Kennis en Innovatieagenda's, KIA, van de verschillende TKI's van de Topsector Energie. Dat lukte. Inmiddels werkt elke TKI met het onderwerp digitalisering, komen er langzaam steeds meer middelen vrij voor innovatie/ontwikkelingsprojecten op het snijvlak van digitalisering en energie, en bestaat er inmiddels een dwarsdoorsnijdend programma Digitalisering,



vormgegeven door John Post, Tijs Wilbrink, en inmiddels naar het volgende niveau gebracht door programmadirecteur Harold Veldkamp.



Figuur 5: telecom in de jaren '50 vs energie nu. Bron: KPN & Liander

4.1 Een terugblik: Wat is er gebeurd sinds de publicatie van 'Digitalisering in het Energielandschap'?

Er is de afgelopen paar jaar een goed begin gemaakt met de onderwerpen uit het vorige rapport, en de eerste resultaten zijn zichtbaar. Elke TKI van de Topsector Energie heeft nu digitalisering als thema omarmd, en hier op verschillende manieren middelen voor beschikbaar gesteld. Maar Brussel, de wetenschap en de markt zitten ook niet stil. Het doel van dit nieuwe document is dan ook om enerzijds nieuwe inzichten te verzamelen ten aanzien van de praktijk van digitalisering en anderzijds de grootste gemene deler en de trends zichtbaar te maken om het beleid dat ingezet is te versterken.

Laten we eerst terugkijken naar wat we toen schreven, met direct de aanknopingspunten voor de nieuwe agenda.

In 2017 schreven we 'wij behoren tot de laatste generatie die ooit een wereld heeft gekend zonder internet'. Inmiddels telt de wereld tientallen miljoenen *digital natives*: ondernemers, professionals en academici die later geboren zijn dan het internet en opgegroeid zijn met een dagelijkse realiteit van digitale technologie. We vroegen ons af of ICT-bedrijven de rol van energiebedrijven overnemen. Dat is nog niet gebeurd, maar de noodzaak tot integratie van energie en digitalisering is er niet minder om geworden. We zien de contouren van bedrijven die geen ICT-bedrijf meer zijn, en ook geen energiebedrijf meer zijn, maar wel iets geheel nieuws proberen te bouwen. Er ontstaat gaandeweg een systeem dat alle kenmerken van een "Internet of Energy" vertoont, maar het nog niet is. Hiervoor worden een duidelijke overstijgende visie, brede samenwerking en voldoende investeringen gevegd. De gebruiker, die in toenemende mate prosumert wordt, wil wel! Dat betekent dat de markt er is en subsidie slechts tijdelijk een rol hoeft te spelen.

We schreven; 'digitalisering is op zichzelf verantwoordelijk voor iedere maatschappijveranderende ontwikkeling van de afgelopen twintig jaar' en dat is nog maar ten dele waar; kijk



naar overstromingen, klimaat, polarisering, radicalisering en de pandemie die onze samenleving de afgelopen anderhalf jaar domineerden.

We schreven dat de digitale transformatie vroeg of laat alle bedrijven gaat raken, zelfs die waarvan het businessmodel niet verandert, en dat dit ook onze energiewereld hard raakt. Inmiddels zien we dat zelfs de energievoorziening geraakt wordt door de keuzes die klimaat en maatschappij hebben gevraagd. Congestie, explosieve prijsstijgingen en dreigende gastekorten worden zichtbaar en zullen later in dit rapport terugkomen.

We schreven dat algoritmiekt onze systemen, onze omgeving en onszelf in staat stellen steeds slimmer te worden. Data en algoritmiekt geven vooruitgang. Het effect is, mits goed ontworpen, kennis vergrotend, democratiserend en opent deuren naar geheel nieuwe manieren voor waarde creatie. Toch hebben we de laatste jaren ook de nadelen gezien bij de beoordeling van toeslag-aanvragers door de belastingdienst. Dit geeft eens te meer aan dat data en systemen door mensen ontworpen en gevuld worden, en niet waardenvrij zijn. Daar kunnen we nu ons voordeel mee doen, en de gebruiker meenemen in onze beslissingen.

We schreven dat bij inzet van een onuitputtelijke bron zoals de zon, de marginale productiekosten van energie onherroepelijk richting nul gaan. Daarmee is schaarste geen probleem meer, maar balans tussen vraag en aanbod des te meer. Inmiddels zijn de kosten voor het opwekken van energie uit wind en zon nog verder gedaald, en ook de kosten voor opslag. Hier liggen nu de kansen om de gebruiker centraal te stellen. Doen we dat niet, dan blijven smart grids en democratische systemen tekentafel-exercities.

We schreven dat de transitie op vier pijlers leunt: technologie, economie, maatschappij en instituties. Dat vergt economisch, maatschappelijk en institutioneel draagvlak. Draagvlak betekent vertrouwen in overheid en wetenschap en zoals we in de afgelopen tijd gezien hebben moet deze zich bewijzen en verdiend worden.

We schreven dat de discussies over energie alleen te begrijpen zijn vanuit een sociale ordening; een uitspraak over de problemen van fossiele energie is een uitspraak over hoe de werkelijkheid er uit zou moeten zien. Inmiddels zien we ook de problemen van gecentraliseerde duurzame energie, tekort aan aansluitingscapaciteit in vele gebieden, congestie, weerstand tegen wind op land. Politiek, wetenschap en '*energy literacy*' bij de gebruikers zijn allen nodig.

We schreven dat de zon al sinds mensenheugenis in onze basisbehoefte aan energie voorziet, maar dat we deze nog niet goed hebben leren gebruiken. Een georganiseerde verantwoordelijkheid die ons het kader biedt waarbij wij grens- en generatie-overschrijdend kunnen ontwikkelen, handelen en implementeren zou de gehele mensheid in staat stellen van haar eeuwige energiebron te profiteren.

We schreven dat energiebedrijven en netbeheerders er niet aan ontkomen de stap te maken van procedure-gedreven besluiten naar data-gedreven besluiten. Onze energierekening zal dan hoger worden al naar gelang de hoeveelheid onbalans die wij veroorzaken, of juist lager worden als wij een balancerend effect hebben op de netspanning. Een probleem in Nederland is echter dat de netbeheerder geen financiële relatie met de klant mag hebben en de retailer er minder belang bij heeft, want die maakt winst per verkochte eenheid energie en wil per saldo zoveel mogelijk energie verkopen. Dit is een voorbeeld van een 'eigenaarloos probleem', dat weliswaar



herkend en erkend wordt, maar waar geen instantie zich verantwoordelijk voor voelt. Dit heeft tot gevolg dat dergelijke problemen niet of nauwelijks opgelost worden. In landen waar beiden op de vrije markt opereren of beiden in publieke handen zijn is dat veel minder een probleem.

Niettemin leidt de huidige ontwikkeling naar een tweewegsysteem, inclusief meerdere vormen van opslag waaronder warmte. Dat laatste vraagt om interoperabiliteit. Systemen moeten onderling kunnen samenwerken. Daarnaast is interconnectiviteit belangrijk. Buren die energie met elkaar delen is niet een droom, maar een logische ontwikkeling -van harte aanbevolen door de Brusselse beleidsmakers zelfs-, vooral in combinatie met de eerdergenoemde interoperabiliteit. Het werken op wijk- en apparaat niveau is de sleutel tot de oplossing van de problemen van de netbeheerder. Dit vergt echter gerichte aandacht en steun voor de ontwikkeling van pre-competitieve afspraken, protocollen en standaarden.

We hebben in 2017 nuchter gereageerd op de hype rond blockchain; we noemden het een digitale cloud-based grootboekrekening. Niet meer, maar ook zeker niet minder omdat het ideaal is voor de afhandeling van een veelheid aan tijdgebonden transacties, maar ook inzicht kan geven in wie wat waar en daarmee het opsporen van lekken en diefstal. We schreven dat de blockchain die het meest geschikt is om tijdgebonden energie transacties te valideren nog ontwikkeld moet worden. Inmiddels zijn we daar dichterbij, maar zien we bij verschillende systemen nog een lock-in -waarbij de gebruiker van een blockchain gedwongen wordt ook te handelen in de financiële tokens die bij die blockchain horen- die algehele inzet fnuikt.

We schreven dat ook kleinverbruikers, in toenemende mate prosumenten, steeds meer flexibel met hun energiebehoefte om gaan. Dit vroeg en vraagt om een steeds directere verbinding tussen netbeheerder enerzijds, en gebruiker en diens apparaten anderzijds, maar ook hier is de bovengenoemde verzuiling een probleem. Real time energy pricing kan alleen maar werken als de momentane waardering van productie en gebruik over de gehele keten wordt gefaciliteerd, we zullen daar bij de bespreking van de interviews nader op terug komen onder het thema 'systeemoverstijging'.

We noemden en benadrukken opnieuw het belang van een nieuw marktmodel dat directe prijsvorming tussen vrager en aanbieder faciliteert. In die sfeer hebben we de 'experimenteerregeling' zien komen, maar ook weer zien gaan. Verschillende experiment-statushouders klaagden over de beperkte medewerking die netbeheerders konden geven. Nu het aantal producenten steeds verder toeneemt moet een digitaal systeem om een veelheid van aanbieders en afnemers vanuit verschillende bronnen en over meerdere dragers met elkaar in overeenstemming houden, en de netbeheerder moet daar de gewenste rol in kunnen spelen. Nog steeds geldt dat ontwerpprincipes voor de nieuwe markttriching met bovenstaande rekening moeten houden om de nieuwe marktform te kunnen geven, en dat daar grotere, technologie-overstijgende experimenten en projecten voor nodig zijn, evenals standaarden en protocollen zoals de Public Stack, USEF en EnergyTag.

We spraken over het belang van omzetting van overschotten in waterstof, maar ook met name in warmte, maar ook hier is integratie van de energiedrager-netten nodig. Vanuit de lucht bezien is Zuid-Holland bijvoorbeeld een knooppunt van fossiele industrie, maar juist daardoor de ideale plek om de transitie grootschalig in te zetten en industriële restwarmte te gebruiken op een manier die de gebruikers die 'van het gas af' moeten te bedienen. Data en automatisering kunnen de benodigde investeringen in infrastructuur flink verminderen omdat er



niet wordt overgedimensioneerd. In deze zin kunnen ook experimenten worden gedaan die minder disruptief en beter geïntegreerd zijn in de werkelijkheid. Op deze manier kunnen op basis van de bekende protocollen standaarden ontwikkeld worden, waarmee ook lange termijn beleid kan worden gemaakt, en lock-ins voorkomen. Zo kan het benodigde maatschappelijke draagvlak ontstaan en na het 'waarom' van de energietransitie ook het 'waarheen' begrepen en gedragen wordt.

Nu is digitalisering een volwaardig onderwerp in de TSE. Er is een Programma Digitalisering en het belang van het thema wordt breed erkend en gedragen. Klaar voor de volgende fase: Integratie.

4.2 Wie hebben er inhoudelijk bijgedragen aan deze agenda?

Deze rapportage heeft tot stand kunnen komen dankzij de bereidheid van vele betrokken experts om hun visie en ideeën te delen. In het bijzonder hebben interviews plaatsgevonden met de volgende mensen:

- Ton Backx, emeritus-hoogleraar TU/e, oprichter Photon Delta
- Jaya Baloo, CISO, Avast technologies
- Fred Boekhorst, directeur Team ICT
- Rob Burghard, oprichter en CEO EnerGQ
- Kees Haverkamp, innovatiedirecteur TJIP
- René Montenarie, ECP Platform voor de informatiesamenleving
- John Post, voormalig programmadirecteur digitalisering Topsector Energie
- Richard van de Sanden, directeur DIFFER, Dutch Institute for Fundamental Energy Research
- Rob van de Velde, directeur Geonovum
- Harold Veldkamp, programmadirecteur digitalisering Topsector Energie
- Erik Wijnen, beleidsadviseur EZK

Daarnaast zijn ook vele gesprekken gevoerd met ondernemers, studenten, experts en wetenschappers. Wij pogen in dit document eer te doen aan hun inzichten, adviezen en kennis.

Elke geïnterviewde ontving op voorhand een vragenlijst, en is om toestemming gevraagd om het interview op te nemen zodat deze gesprekken als naslagwerk geraadpleegd kunnen worden. De interviews hebben allemaal online plaatsgevonden en duurden elk een uur. Elke geïnterviewde is op de hoogte gesteld dat diens input vertrouwelijk behandeld zou worden. In dit rapport worden geen quotes aan specifieke personen toegeschreven.

De interviews begonnen allemaal met de vraag wat volgens hen de essentie van de energietransitie is. Vervolgens is tijdens de interviews vooral gesproken over het snijvlak tussen digitalisering en energie, bijvoorbeeld over de invloed van digitalisering op de ontwikkeling van het energiesysteem. Er is ook gereflecteerd op het zelfbeeld van de energiesector; zolang de energiesector zichzelf blijft beschouwen als een zelfstandige sector is er geen systeemvoortgang. Energie is namelijk alomtegenwoordig, en niet het domein waar een specifieke sector zich mee bezighoudt. Feitelijk kunnen wij in Nederland immers al spreken van meer dan 1 miljoen energieproducenten en -leveranciers.



De oogst van de interviews is gecompileerd en daaraan konden wij een aantal conclusies ontlenu. Verderop in dit document leest u bijvoorbeeld over systeemoverstijgende trends: deze bewegingen worden geduid of herkend door nagenoeg iedere geïnterviewde. Ditzelfde geldt voor andere observaties, en voor een deel van de aanbevelingen. Voorts hebben wij deze geanalyseerd, samengevoegd, verrijkt en getracht in heldere taal te omschrijven. Zo hopen wij tot een agenda te komen die breed herkend wordt, gedragen wordt, en met name handvatten biedt voor te vormen beleid, te ontwikkelen regelingen, subsidies, financieringen en andere vormen van ondersteuning voor innovators in de kennissector, het bedrijfsleven en de overheid.



5 De Topsector Energie nu: Programma Digitalisering

Inmiddels is het Programma Digitalisering een paar jaar operationeel en fungeert het als 'linking pin tussen de Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) binnen Topsector Energie en Topsector ICT, gericht op concrete vraagstukken die gemeenschappelijk kunnen worden aangevlogen'. Er wordt -naast het voeren van eigen initiatieven- actief deelgenomen en bijgedragen aan programma's zoals de Dutch Digital Delta, de Nederlandse AI Coalitie, de Amsterdam Economic Board met betrekking tot LEAP, de Club van Wageningen en andere. Ook wordt bijgedragen aan coalities in samenwerking met andere TKI's zoals IRO, NWEA, NVDE, Holland Solar, Netbeheer Nederland, VEMW en VNO/NCW.

Ook begint het programma Digitalisering nu steeds sterkere banden te ontwikkelen met kennisinstellingen zoals NWO, verschillende universiteiten, hogescholen, en fieldlabs.



Figuur 6: overzicht van vraagstukken en onderwerpen van het Programma Digitalisering – Bron: Topsector Energie



5.1 Raakvlakken Programma Digitalisering Topsector Energie en Sleuteltechnologieën Topsector ICT

Hieronder volgt een vergelijking tussen de inhoudelijke onderwerpen waar het Programma Digitalisering van de Topsector Energie zich toelegt enerzijds, en de sleuteltechnologieën zoals ondersteund door de Topsector ICT anderzijds.

Onderwerp	Topsector Energie Programma Digitalisering	Sleuteltechnologieën Topsector ICT
- Energie Systeem Architecturen	X	-
- Data in de breedste zin des woords	X	X
- Cybersecurity	X	X
- Digital Twins	X	-
- AI	X	X
- Blockchain	X	X
- Future Networks	-	X

Duidelijk zijn de overeenkomsten. Toch is er van nauwe samenwerking nog geen sprake. Als wij er vanuit gaan dat beide Topsectoren zich met gelijksoortige ontwikkelingen bezighouden en over gelijksoortige problematiek ontfermen is het raadzaam om elkaar hierin te versterken. Aan welke vraagstukken van de Topsector ICT kan het Programma Digitalisering bijdragen? En voor welke vraagstukken van de Topsector Energie worden in samenwerking met de Topsector ICT en de Dutch Digital Delta oplossingen ontwikkeld?



5.2 Digitalisering binnen de TKI's en MMIP's

Binnen de bestaande TKI's en Meerjarige Maatschappelijke Innovatie Programma's (MMIP) wordt nu focus gelegd op de volgende onderwerpen:

TKI Wind op Zee	<ul style="list-style-type: none"> • cybersecurity • De rest o.b.v. beschikbaar budget
TKI Urban Energy	<ul style="list-style-type: none"> • Ketenautomatisering & -optimalisatie. • Energie Systeem Architecturen • Blockchain • Kunstmatige Intelligentie
TKI Energie & Industrie	<ul style="list-style-type: none"> • Cybersecurity, • Digital Twins met focus op match elektrificatie en RES-proces, samen met Nieuw Gas, Digitalisering en Systeemintegratie
Systeemintegratie	<ul style="list-style-type: none"> • Alle genoemde speerpunten kennen hier landingsplekken, maar vooral geredeneerd vanuit Energie Systeem Architecturen. • Learning community HvA Amsterdam i.s.m. Human Capital Agenda
TKI Nieuw Gas	<ul style="list-style-type: none"> • ESA • Digital Twins met focus op match RES
Human Capital Agenda (Samen met AI Coalitie, DDD en HCA)	<ul style="list-style-type: none"> • Impulsprogramma voor scholing & educatie in AI, toegepast op Energie+ agendering digitalisering binnen pps-en. • Arbeidsmarktonderzoek ICT met topsectoren 2021. • Webinarserie Groen herstel/EOC2021 ism Systeemintegratie. • Blended learning voor technisch personeel (VR, AR)
Maatschappelijk Verantwoord Innoveren	<ul style="list-style-type: none"> • Club van Wageningen, • (ism. Waag Society) Public Stack gedachtengoed transponeren op andere use-cases.
Programma Digitalisering 'eigen onderwerpen'	
Energie Systeem Architecturen	<p>Ontwerp en eerste pilot implementatie van verbeterd OSI model voor elektriciteitsnetwerken (ROSIE) op laag- en middenspanningsgebied, inclusief:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Locatie bewustzijn • Nominatie, allocatie & reconciliatie processen • Auto-identificatie netwerkgekoppelde componenten • Geschikte communicatietechnologie • Koppeling met toepassing hiervan op Urban Energy & Industry als minimale subset • Digital twin als eerste implementatie (bewijslast verzamelen)
Maatschappelijke rol & gebruik data (architecturen)	<ul style="list-style-type: none"> • Vervolgtraject Waag Public Stack • LEAP (energiegebruik als gevolg van datavraag, energie efficiënte infrastructuur)
Digitaliseringsagenda	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling en updates



Nu is het logische moment aangebroken om van een 'agenderingsdocument' tot een 'agenda' te komen. Dat vereist voor dit document ook een andere aanpak. Deze is niet meer compleet arbitrair. In plaats daarvan zijn interviews opgenomen met een aantal digitalisering experts op verschillende gebieden, sommigen met een focus op het energiedomein, en anderen juist niet. Er is gekozen voor een kwalitatieve onderzoeksopzet, hetgeen betekent dat er relatief weinig mensen zijn geïnterviewd, maar de gesprekken waren uitgebreid, en zeker inspirerend en beeldverruimend.

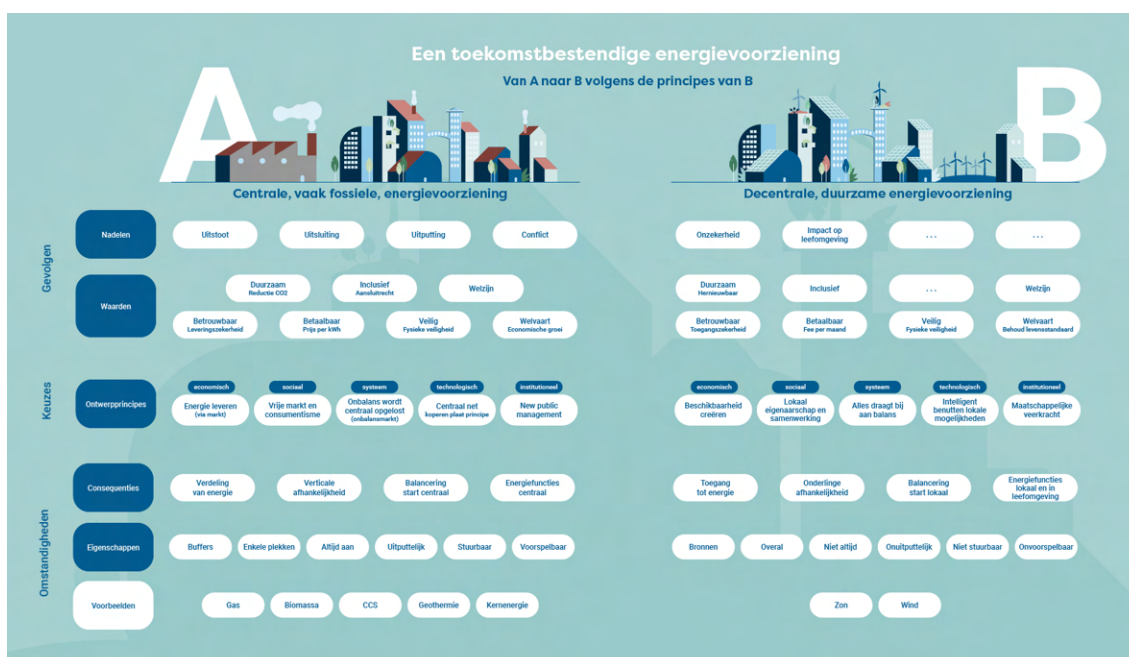


6 Systeemoverstijgende ontwikkelingen

Wat zijn de grote bewegingen, die of wij er nou voor kiezen of niet, tóch wel doorgaan? Waar moeten wij rekening mee houden als wij proberen bij te dragen aan een energiesysteem dat eerlijk, inclusief, schoon, duurzaam, betaalbaar, democratisch en toekomstbestendig is?

6.1 Van A naar B via de principes van B

Wij bewegen van A (het huidige systeem) naar B (het systeem dat wij willen realiseren). Toch proberen wij B te bereiken via de taal en principes van A. En dat weerhoudt ons in de transitie naar een nieuwe energierealiteit. Gedurende 2021 hebben wij in een parallel project in samenwerking met Nationaal Programma RES gezocht naar de principes van de 'Wereld van B'. Als wij deze principes kennen, kunnen communiceren, leven en uitdragen zal dat een versnelling teweegbrengen in de energietransitie. Dit project heeft onder meer geresulteerd in onderstaand diagram. Hierin worden een aantal systeemoverstijgende trends gesignaleerd en verwoord.



Figuur 7: Van A naar B via de principes van B - Bron: www.dewereldvanb.nl

Enkele systeemoverstijgende ontwikkelingen die ook relevant zijn op het snijvlak van energie en digitalisering worden hieronder toegelicht.



6.2 De vier transities: Technologisch, Economisch, Maatschappelijk, Institutioneel

De essentie van de energietransitie werd door de geïnterviewden duidelijk gerelateerd aan de toekomst van de mensheid en het vinden van de balans tussen mens en natuur. Hoe kunnen wij onze verknochtheid aan niet duurzame methodes en bronnen loslaten en bewegen naar een systeem waar we nog eeuwen mee vooruit kunnen? Hoe wordt het energiesysteem continueerbaar, volhoudbaar, ook economisch? Het gaat immers om de generaties na ons, waar we nu een oplossing voor bedenken. De uitdaging is niet hoe wij de economie kunnen doen groeien zoals wij gewend waren, maar hoe wij opnieuw in balans kunnen komen met de natuur. Hoe we hulpmiddelen kunnen gebruiken zonder te schaden of het ecosysteem buitenproportioneel te verstoren. Hoe wij kunnen bewegen naar kort cyclisch hernieuwbare hulpbronnen voor energie. En dit geldt niet alleen voor energie, maar voor alles wat wij gebruiken: hoe kunnen wij de aarde de aarde laten zijn? Men heeft het over de transitie van slim naar wijs, en van welslagen van het individu naar welslagen van het systeem.

De energietransitie bestaat eigenlijk uit 4 transities tegelijk.

Als wij denken aan de energietransitie is onze eerste associatie meestal met zonnepanelen en windturbines. Dat zijn namelijk hele tastbare attributen. Maar de energietransitie is meer dan dat. De energietransitie verandert ons als mens. De energietransitie gaat over het herstellen van verbroken verbindingen. De verbinding tussen ons en de natuur. De verbinding tussen ons en andere mensen. En zelfs over het herstellen van de verbinding tussen ons en onszelf. Het gaat over een andere blik op tijd en plaats. Het gaat over een dieperliggend bewustzijn van onze plek in de wereld, onze plek in de natuur. En het gaat over een heel andere notie van waarde.

De transitie is dus niet alleen een technologische transitie. Het is niet zo simpel als het uitzetten van kolencentrales aan de ene kant en het aansluiten van zonneweides aan de andere kant. Als dat het enige is dat wij veranderen doen wij iets niet goed.

De energietransitie is namelijk ook een economische transitie. Want wij zullen energie anders waarderen. Energie is -wanneer het door iedereen opgewekt kan worden- niet een product dat met een eenheidsprijs verhandeld hoeft te worden. Toegang tot energie is dan heel waardevol, maar het volume doet er veel minder toe.

De energietransitie is ook een maatschappelijke transitie., want wij zullen op een andere manier met energie verbonden zijn, en met elkaar. Als wij in onze wijken en op onze bedrijventerreinen energie met elkaar delen, die wij zelf opwekken, lokaal opslaan, lokaal bufferen om seizoenen te overbruggen en lokaal converteren in de vorm die wij wensen, op het moment dat wij deze energie wensen dan wordt energie een goed waar gemeenschappen met elkaar voor zorgen. Het is denkbaar dat onderdelen van onze energievoorziening op deze manier in commons georganiseerd worden, publieke toegang en collectief lokaal eigendom.

En tenslotte hebben wij het over een institutionele transitie, want wij hebben nieuwe wetten nodig, nieuwe regels, en een nieuw energiebelastingstelsel.



Nu zien we al dat producenten van zonne-energie hun energie niet meer op het net aanbieden, maar opslaan in accupakketten om vervolgens fysiek op een aanhanger te brengen naar de plek waar deze energie gevraagd wordt. Dit is een logisch gevolg van een verkeerd ingericht systeem voor energiebelasting, en van het onvermogen van netbeheerders om te beantwoorden aan de gegroeide behoefte aan invoeding van duurzaam opgewekte energie.

Wij bewegen onwillekeurig naar een wereld die technologisch anders is dan vandaag, maar ook economisch op andere grondslagen gestoeld is, maatschappelijk op andere manieren zorgt voor verbondenheid en verwevenheid, en waarin ten aanzien van energie andere wetten en regels gelden dan vandaag.

6.3 The transition will not be televised

Toen wij zestig jaar geleden massaal de televisie onthaalden in onze huizen, verwelkomden wij ook een effectief middel om onze opinie te beïnvloeden, ons wereldbeeld te bepalen, en onze voorkeur in de stembus al van tevoren te sturen. Wij konden (op een enkeling na) diezelfde televisie niet gebruiken om vervolgens, gestoeld op democratische principes, een ander licht te werpen op de zaak. *“The revolution will not be televised”*, zoals Gil Scott-Heron in 1970 zong. Nu, vijftig jaar later, gebruiken wij massaal het andere beeldscherm om precies het bovenstaande wél te doen. Het verschil zit hem in interactie. De televisie is ontwikkeld voor eenrichtingsverkeer en internet voor tweerichtingsverkeer.



Figuur 8: de televisie bracht de wereld in huis, maar dat ging slechts in één richting, net zoals energie tot nog toe. Bron: Wikipedia



De internetrevolutie heeft de macht van centrale aanbieders van kennis en informatie gedecimeerd. Papierencyclopedieën hebben geen toegevoegde waarde meer, en vinden steeds vaker hun Waterloo wanneer zij als pakket biomassa verzenden in een energiecentrale om verkocht te worden als groene stroom. Televisie is al jaren op zijn retour. Het nieuws kijken wij niet meer om acht uur voor de buis, maar wanneer we willen, van het kanaal dat wij willen, en willen wij zelf nieuws uitbrengen kan dat ook. Het internet betekende *'power to the people'*. En nu is het aan ons om hier op een verantwoordelijke, volwassen manier mee om te gaan. Wij beseffen nog niet wat het betekent om de macht in handen te hebben. Internet is een belangrijk wapen geworden voor diegenen die zinnige en onzinnige, soms zelfs gevaarlijke ideeën willen verspreiden, een schare volgers willen opbouwen en hun invloed willen doen gelden. Wij hebben volwassen gereedschap in handen gekregen, en dat vraagt van ons ook volwassen gedrag.

Energiegebruikers vragen ook niet eerst een vergunning aan voor de levering van elektriciteit en gas bij de Autoriteit Consument en Markt. Ze bestellen gewoon een paar zonnepanelen en een omvormer en merken vervolgens dat ze hiermee een stuk minder afhankelijk zijn geworden van de grillen van de energiemarkt. Ook deze *'transition will not be televised'*.

Misschien is het niet het eerste effect waar wij aan denken, maar democratisering is een van de meest fundamentele bewegingen die door digitalisering mogelijk worden gemaakt. Dankzij internet zijn wij beter geïnformeerd, voorbereid, en vinden wij razendsnel medestanders als wij iets voor elkaar willen krijgen. Maar ook zijn wij met behulp van internet in bubbels beland. Gaan wij 'deep down the rabbit hole' om meer en meer doordrongen te raken van alternatieve feiten, pseudowetenschap, en pure charlatannerij. Zo leren we opnieuw: "inspraak zonder inzicht leidt tot een uitspraak zonder uitzicht". Onze nieuwe onderlinge verhoudingen vereisen ook het dragen van nieuwe verantwoordelijkheden. Internet leert ons dat 'slim' lang niet altijd 'wijs' is. Het is aan ons om in onze keuzes ten aanzien van het energiesysteem wijsheid te betrachten.

6.4 De opkomst van (semi-)autonomie

Internet heeft zich onwillekeurig ontwikkeld tot het onzichtbare digitale equivalent van het micellaire netwerk van schimmels dat in de natuur alles met alles verbindt. Het transporteert nutriënten van plant naar plant, geeft informatie door, coördineert groei van gewassen en reageert als een wereldwijd zenuwstelsel op de veranderende omstandigheden. Inmiddels is de generatie die alleen nog maar een wereld met internet zal kennen 32 jaar oud. Het internet is een integraal onderdeel van ons wezen geworden.

Een vergelijkbare ontwikkeling doorlopen we nu met ons energiesysteem. De centrale systemen van grootschalige opwek en energie als consumentengoed maakt in rap tempo plaats voor decentrale opwek en een gedistribueerd systeem, waarin elke gebruiker zowel aanbieder, afnemer, balanceerder, convertor of bufferaar kan zijn.

Dankzij een gedistribueerd systeem voor data en kennis -ons inmiddels trouwe en onmisbare internet- is voor het eerst een gedistribueerd en gedecentraliseerd energiesysteem mogelijk.



Alhoewel lokaal gebruik van lokaal opgewekte energie de basis vormt, wordt de koppeling tussen deelsystemen en het beheer van de energiestromen tussen deze deelsystemen cruciaal. De netten kunnen weliswaar lichter zijn omdat lokale problemen lokaal opgelost worden, maar hun rol in het energiesysteem wordt des te belangrijker. Op sommige plaatsen is er gemiddeld behoefte aan (veel) meer energie dan lokaal wordt opgewekt, of er wordt gemiddeld (veel) meer energie opgewekt dan wordt gevraagd. Voor deze gevallen is een gekoppeld gedistribueerd systeem noodzakelijk, dat uitwisseling van energie tussen semi-autonome deelsystemen mogelijk maakt.

De beheersing van de energiestromen tussen de deelsystemen vraagt speciale regelmechanismen: Dit integraal energiesysteem heeft een nieuwe beheersystematiek nodig, waarbij elk onderdeel van het energiesysteem zoveel als mogelijk bijdraagt aan de stabiliteit en het evenwicht van het gehele systeem. Gedigitaliseerde informatie over energiestromen, het Internet of Energy, is cruciaal om het totale systeem in de toekomst robuust en beheersbaar te maken.

Overigens betekent het gedistribueerde karakter van het energiesysteem niet dat alles kleinschalig zal zijn. In een gedistribueerd systeem zien we juist een integratie van klein- én grootschalige systemen voor opwek, gebruik, opslag, conversie en transport.

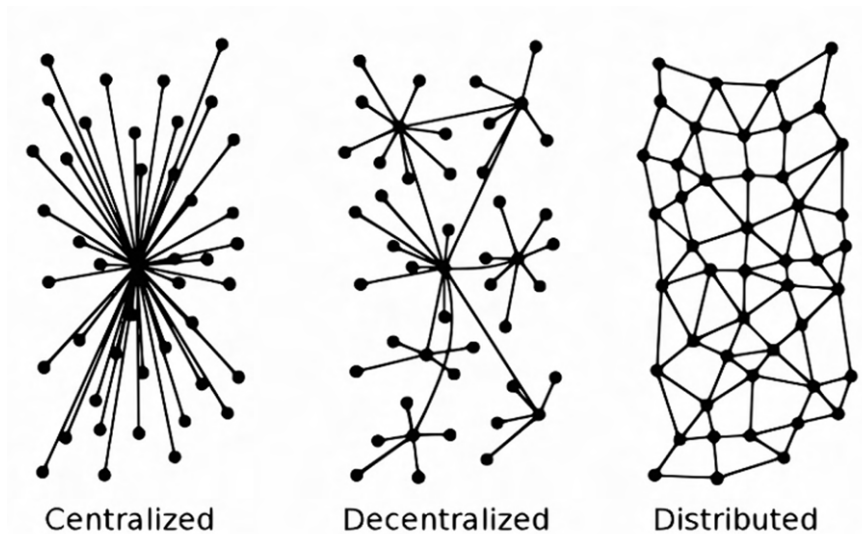
6.5 Van gecentraliseerd naar gedistribueerd

De decentralisatie van technologie in het energiesysteem leidt ook tot het decentraliseren van rollen en verantwoordelijkheden. Functies die tot voor kort alleen voorstelbaar waren op grote schaal worden nu technisch (maar vaak nog niet wettelijk) mogelijk op kleine, lokale schaal. Denk bijvoorbeeld aan opslag en conversietechnologie, maar ook verantwoordelijkheden zoals het balanceren van lokale netwerken, het dynamisch en lokaal beprijzen van energie, het delen van energie met de burens, of het transformeren van een surplus aan zonne-elektriciteit in de zomer tot een wijk-warmtebuffer die in de winter gebruikt wordt.

Een andere reden voor het decentraliseren van het energiesysteem is het verschil in energieconcentratie tussen fossiele dragers en bijvoorbeeld zon- en windenergie. In een liter olie of een kubieke meter gas zit bijna 10 Kilowattuur aan energie. Dat maakt centrale opslag en opwek heel goed mogelijk. Voor grote hoeveelheden elektrische energie uit hernieuwbare bronnen is echter veel meer oppervlak en volume nodig. Willen wij dezelfde hoeveelheid energie uit hernieuwbare bronnen oogsten is er dus een veel groter oppervlak nodig voor opwek en opslag. Daarom heeft de energietransitie een enorm effect op de ruimtelijke ordening in ons land.

Distributie betekent in deze context dat technologieën, functies, rollen beschikbaar worden op steeds kleinere schaal, en voor steeds meer gebruikers.





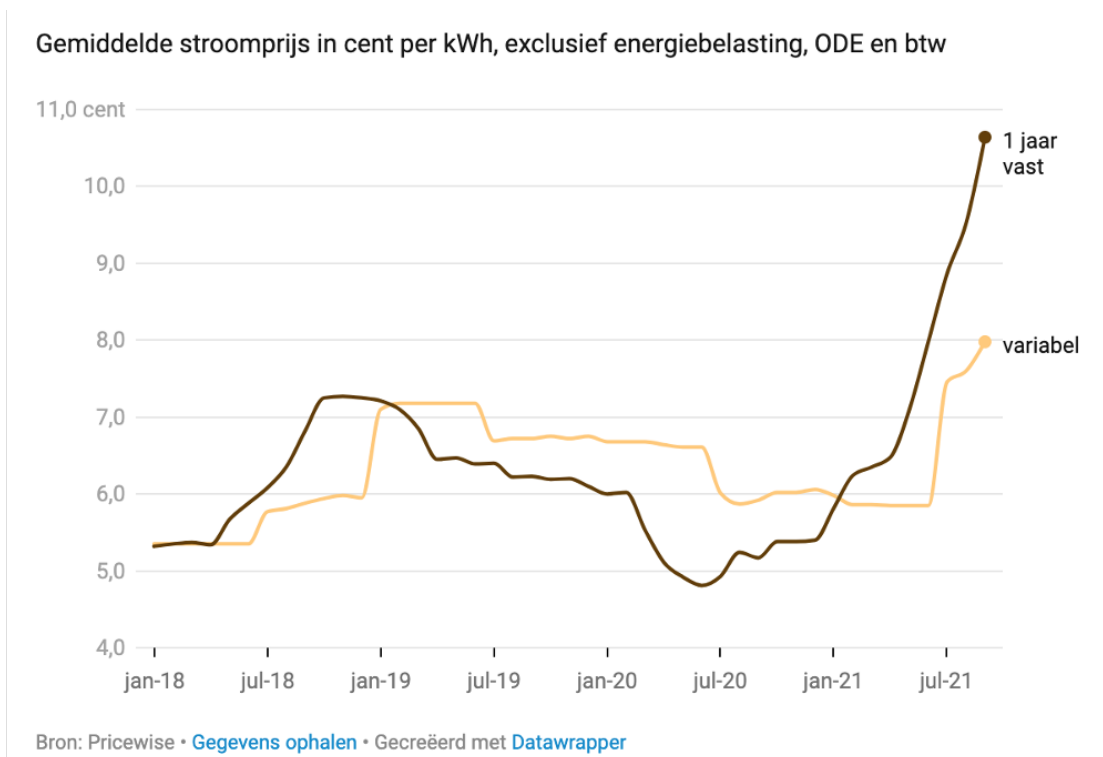
Figuur 9: De ontwikkeling van centrale, via decentrale, tot gedistribueerde systemen. In een gedistribueerd systeem bestaat geen onderscheid meer tussen leveranciers en afnemers

Dit wil niet zeggen dat álles lokaal en kleinschalig wordt. Juist door datgene wat klein en lokaal kán ook klein en lokaal toe te passen, en dat wat grootschaligheid nodig heeft grootschalig toe te passen, ontwikkelen wij een veerkrachtig en robuust energiesysteem dat een veelheid aan gebruikers -groot en klein, van residentieel tot industrieel- kan dienen.

6.6 Van volume naar waarde

De marktprijs voor eenheden energie geeft steeds minder weer wat op lokaal niveau de verhouding is tussen momentaan vraag en aanbod. Bij onuitputtelijke hernieuwbare bronnen gaat het niet langer om de eenheidsprijs voor energie maar de total cost of ownership van assets. Zonnepanelen en omvormers bijvoorbeeld hebben een lange technische levensduur en in combinatie met opslagsystemen op lokaal niveau wordt het steeds aantrekkelijker om niet langer vast te zitten aan een eenheidsprijs voor energie, maar deze te laten fluctueren al naar gelang de verhouding tussen momentane lokale vraag en aanbod.





Figuur 10: De gemiddelde stroomprijs in Nederland is het afgelopen jaar verdubbeld als gevolg van stijgende gasprijzen en geopolitieke afhankelijkheid. Dit raakt elke energiegebruiker voor zover deze nog niet zelfvoorzienend is. Bron: Pricewise

Lokale prijsvorming maakt ook mogelijk te werken met flat-fee modellen voor energie, waarbij de gebruiker een vast maandelijks bedrag betaalt ongeacht de hoeveelheid gebruikte of opgewekte energie. Dit model is al eerder geïntroduceerd en gemeengoed geworden met betrekking tot data in de vorm van internetabonnementen, die tot halverwege de jaren '90 ook bestonden uit eenheidsprijzen per geüploade of gedownload kilobyte. Een volstrekt onhoudbaar model als wij kijken naar de overvloed waarin data tegenwoordig verwerkt en verplaatst wordt. Het gaat dus niet langer om het *volume* dat verplaatst wordt, maar om de *waarde* die ermee gecreëerd wordt.

—
—
“ Het gaat niet langer om het volume dat verplaatst wordt, maar om de waarde die ermee gecreëerd wordt.”
 —
—

Zodra we voldoende energie duurzaam opwekken om in de behoefte aan energie te kunnen voorzien gaat de aandacht vooral naar de vraag “Hoe kunnen we deze energie op het juiste moment op de juiste plaats krijgen?” Energie zelf heeft dan naar verwachting, omdat het dan in overvloed beschikbaar is, nauwelijks nog financiële waarde (per eenheid energie), net als data op het internet. De waarde van energie wordt dan bepaald aan de hand van het gebruik van het



gehele energiesysteem. De infrastructuur, die de energie op het juiste moment in het juiste volume op de juiste plaats kan brengen, is daarbij bepalend.

De huidige businessmodellen die zijn gebaseerd op energieschaarste (prijzen per eenheid energie) zijn in dat geval niet meer van toepassing. Een analogie met de opkomst van het internet: de eerste aanbieders factureerden hun klanten per kilobyte die door hen geüpload en gedownload werd. Na een aantal jaar zagen we de opkomst van de flat-fee aanbieders, die hun klant een bedrag rekenden voor de doorlaatcapaciteit en hun gebruiker in staat stelden desgewenst continu te uploaden danwel downloaden. De prijs van data vervaagde hiermee, maar de waarde voor de samenleving niet. Essentieel worden opwek, transport en buffer infrastructuur samen met de mechanismen die ervoor zorgen dat de energie op het juiste moment, in het gevraagde volume op de juiste plaats is. Belangrijke elementen in de toekomstige businessmodellen zijn dan ook de infrastructuur (opwekking, transport, buffering en conversie) samen met de complexe besturingsmechanismen die deze infrastructuur zo benutten dat een zeer hoge beschikbaarheid voor iedereen en altijd kan worden geborgd.



Figuur 11: zonne-energie wordt per accupakket vervoerd naar een andere gebruiker. Een pragmatische oplossing voor peer-to-peer energie waar het systeem nu ontoereikend is. Bron: Hanzenet

De analogie met de ontwikkeling van internet geldt ook voor de decentralisatie van iedere functie. Ten tijde van het ontstaan van het internet waren processorkracht en opslagcapaciteit schaars en bijzonder duur. Dit leidde logischerwijs tot centralisatie van deze functies: mainframes, netwerk gebonden opslagsystemen, supercomputers. Uw scribent kan zich nog herinneren hoe hij begin jaren '90 een externe harde schijf van 20 MegaByte met een gewicht van zes kilo kocht voor vierhonderd gulden. Nu, dertig jaar later, kan iedereen voor dit bedrag zes TeraByte extern geheugen kopen, ofwel 300.000 maal zoveel, met een gewicht van in totaal een paar honderd gram. Hoe goedkoper rekenkracht en opslag werden, hoe meer deze functies decentraliseerden en verschoven naar 'the grid's edge'. Omdat deze voor dataverwerking onmisbare functies van iedereen zijn geworden, zijn wij ook in staat geraakt om zelf nieuws te brengen, ons leven te livestreamen voor wie er maar deelgenoot van wil zijn, en verdienen inmiddels talloze mensen hun boterham door deze onlangs gedecentraliseerde technologieën toe te passen vanuit hun huiskamer.



De prijsontwikkeling van opwek en opslag van energie volgen een trend vergelijkbaar met die van rekenkracht en data-opslag in de jaren '90. Het is zeer denkbaar dat hierdoor alleen al de kostenopbouw van energie volledig verandert. Wij hebben dan geen energieleverancier meer nodig, maar voegen wel allemaal balancerend vermogen toe aan het net.



7 Bewegingen in het energiedomein

Zoals het vorige hoofdstuk melding maakte van systeemoverstijgende bewegingen is dit hoofdstuk meer gericht op de ontwikkelingen in en met het energiesysteem. Sommige zijn onvermijdelijk en afhankelijk van veel grotere bewegingen, zoals het opraken van fossiele energiedragers. Andere zijn afhankelijk van onze keuzes, politiek, financieel, strategisch, sociaal, economisch. Dit betreft geen compleet overzicht, maar geeft wel een beeld bij een aantal belangrijke ontwikkelingen die ons de zekerheid verschaffen dat voor wat onze energievoorziening betreft álles anders zal zijn.

7.1 Van fossiele buffers naar hernieuwbare bronnen

De belangrijkste vraag bij elke investering die wij overwegen te doen is “helpt dit ons naar een op 100% hernieuwbare bronnen functionerend energiesysteem?”. Te vaak zien wij nog investeringen die weliswaar goedbedoeld zijn, maar de status quo van een op fossiele dragers leunend energiesysteem in stand pogen te houden. Dit is de facto onduurzaam, niet eens vanwege milieuconsequenties en publieke opinie, maar omdat die voorraden op raken. Dat kan best nog heel lang duren, maar het blijft een feit dat wij op dit ogenblik veel meer fossiele energie gebruiken dan de planeet kan produceren. Elke investering die ertoe leidt dat wij ons niveau van welvaart en welzijn kunnen behouden -of verbeteren- terwijl wij tegelijkertijd minder afhankelijk worden van de beschikbaarheid en betaalbaarheid van fossiele energiedragers is dus de “way to go”.

Wellicht de grootste denkfout ten aanzien van onze energievoorziening is dat olie, kolen en gas energiebronnen zijn. Olie, kolen en gas zijn namelijk geen bronnen, maar energiebuffers, vergelijkbaar met reusachtige batterijen, die in de loop van honderden miljoenen jaren opgebouwd zijn. De bron van al deze energie is namelijk de zon, die via fotosynthese, groei van plantaardig en dierlijk materiaal, en het daaropvolgende proces van dood, rotting, en sedimentatie leidde tot bijzonder grote, makkelijk te winnen energieconcentraties in de aardkorst. Je zou kunnen zeggen dat fossiele energie gewonnen wordt uit het meest grootschalige en hoog geconcentreerde energieopslagsysteem dat de wereld kent. Deze fossiele ‘megabatterijen’ hebben ons afgelopen 150 jaar in staat gesteld om te industrialiseren, mobiel te worden, ze hebben ons de tijd verschaft om ons te ontwikkelen, educatie te genieten, ze hebben ons geholpen om steeds langer en gezonder te leven, en ze hebben het mogelijk gemaakt dat wij nu wereldwijd in real-time beeld, geluid, data en kennis met elkaar kunnen delen.

—
—
“In de natuur gaat niets verloren, niets wordt gecreëerd, alles wordt getransformeerd. -Antoine Lavoisier”
—
—



Nu wij de overstap maken naar de échte bron van al deze energie -zon, en ten dele wind en aardwarmte- kun je zeggen dat wij de tussenstap van miljoenen jaren aan natuurlijke processen overslaan. Dit vraagt wel meteen van ons dat wij op een heel andere manier met beschikbare energie omgaan. Een buffer kun je namelijk open of dicht zetten wanneer je maar wilt. Een bron niet. Dat betekent dat wij dus kleinschalige snel schakelbare buffering toepassen -batterijen en andersoortige opslag- om in onze energiebehoefte te voorzien wanneer de bron even niet beschikbaar is.

Dit impliceert ook dat ons energiesysteem een heel nieuw besturingssysteem nodig heeft. Wij kunnen niet langer opdrachten verstrekken aan energiecentrales al naar gelang de schommelende energievraag. In plaats daarvan zullen wij juist veel meer op de plek van opwek en in het moment van opwek moeten handelen. Dat betekent lokale besturing, inspeland op lokale omstandigheden (momentane beschikbaarheid van zonlicht en wind, momentane vraag, momentane beschikbaarheid van lokale opslag- of conversiecapaciteit, etc.). Juist hierbij is een heldere, logische en decentraal toepasbare architectuur nodig. En een dergelijk systeem is alleen maar denkbaar wanneer digitale technologie toegepast wordt. Een mooi voorbeeld is de tender die de Topsector Energie onlangs heeft uitgeschreven vanuit het Programma Systeemintegratie, waarin wordt gezocht naar holarchische (in plaats van hiërarchische) besturingssystemen voor lokale energienetwerken.

7.2 Van grootschalig en 'uit het zicht' naar verweven met de leefomgeving

Fossiele energie is niet overal te vinden. In Nederland zijn wij de afgelopen 60 jaar gefortuneerd geweest met de Groningse gasvoorraden, olie wordt onder andere gewonnen in het Midden-Oosten en Noord-Amerika, en Polen en Australië staan bijvoorbeeld bekend om hun kolenvoorraden. Locatiegebonden winning van energie betekent automatisch geopolitieke spanning. Fossiele energie is onlosmakelijk verbonden met het verschil tussen de 'have's' en de 'have not's'.

Ondertussen is er geen plek op het aardoppervlak waar de zon nooit schijnt en de wind nooit waait. Er zijn natuurlijk plekken waar de zon veel meer of veel intenser schijnt, en plekken waar veel meer wind waait, maar in principe zijn hernieuwbare bronnen overal te winnen. Kortweg kun je hernieuwbare bronnen overal aanspreken, waarbij het principe geldt 'roeien met de riemen die je hebt'. Alleen daar waar de vraag het lokale aanbod flink overstijgt is het noodzakelijk een verbinding te maken met een plek waar die hoeveelheid energie ruimschoots beschikbaar is. De geopolitiek die hierbij komt kijken is daarom heel anders, en gaat veel meer over de technologie, data en grondstoffen -in een windturbine van 3 Megawatt is bijvoorbeeld 4.700 kilo koper verwerkt- die nodig zijn voor de technologieën om energie uit alomtegenwoordige hernieuwbare bron te winnen. Wij zien dus een verschuiving van geopolitieke verhoudingen, weg van de politiek om bezit en toegang tot de energievoorraad, en meer naar afhankelijkheden van technologie en de grondstoffen die hiervoor nodig zijn.

Hernieuwbare energie kan dus overal geogst worden, maar hóe is de vraag. Welke technologieën zijn er in ons land voorhanden? Welke kennis hebben wij zelf in huis? En van welke lokale grondstoffen kunnen wij gebruik maken? Een ding is zeker: energie raakt meer en meer verweven met onze leefomgeving. De ruimtelijke vraagstukken van de energietransitie zijn enorm.



Er zijn tientallen, zo niet honderden bedrijven, al dan niet verbonden aan onze universiteiten, druk doende om oplossingen te ontwikkelen -opwek, opslag, conversie, seizoensbuffering, software, transport en meer- die ons in staat stellen steeds effectiever van lokale beschikbare energiebronnen gebruik te maken. Laten wij deze koesteren.

Ook hier weer is een oproep tot investeren in onafhankelijkheid op zijn plaats.

7.3 Opwek decentraliseert, dus álles decentraliseert

Omdat wij energieopwek decentraliseren wordt het noodzakelijk en onvermijdelijk dat wij de rest ook decentraliseren. Want wij wekken nu al op meer dan een miljoen plekken in Nederland energie op. Dat waren er 30 jaar geleden nog maar enkele tientallen. Onze systemen kunnen hier niet mee dealen. Er ontstaat file op het net. Lange wachtrijen bij onze netbeheerders voor de broodnodige aanleg van extra koper om onze decentrale opwek aan te kunnen met een centraal, landelijk systeem. Maar wat als wij naast de opwek ook opslag decentraliseren? En conversie? En wat als wij een lokaal surplus aan zonne-energie om kunnen zetten in een warmtebuffer zodat wij in de zomer met elektriciteit sparen voor warmte in de winter?

De functies van het energiesysteem decentraliseren allemaal. Net zoals wij de afgelopen decennia hebben gezien met het internet verschuift alles naar *the grid's edge*.

Maar als de functies decentraliseren, dan betekent dat ook iets voor onze verantwoordelijkheden.

Lokale opwek van energie betekent ook lokale verantwoordelijkheid voor lokale balans. Het betekent ook verantwoordelijkheid voor gezonde lokale prijsvorming. Het betekent ook verantwoordelijkheid voor stabiele lokale systemen die beantwoorden aan de vraag van de lokale gebruikers. Het betekent ook lokaal gedeeld eigenaarschap.

De energietransitie gaat over Power to the People. Letterlijk. En met macht komt ook verantwoordelijkheid.

Kortweg betekent dit dat zodra wij de productie van energie zijn gaan decentraliseren, wij de noodzaak over ons hebben afgeroepen om ook alle andere functies van het energiesysteem decentraal te ontwikkelen. Dit komt omdat deze energie afkomstig is van niet-schakelbare bronnen waarvan de beschikbaarheid wordt bepaald door de grillen van de natuur, Decentrale opwek van energie vereist decentralisering van functies (conversie, opslag, buffering) én van verantwoordelijkheden (decentrale balancering, decentrale prijsvorming, decentrale programmaverantwoordelijkheid, en zelfs decentraal frequentiebeheer moet ter overweging worden genomen).

De maatschappelijke tendens t.a.v. energievoorziening verschuift steeds meer naar de individuele gebruiker. Dit geldt zeker ten aanzien van energiecoöperaties. Er is een toenemende beweging naar onafhankelijkheid, autonomie en zorg voor elkaar. Autonoom functionerende energie deelsystemen voldoen hieraan en sluiten aan op die maatschappelijke trends. Daarboven op: koppeling van de autonome deelsystemen voorziet tevens in de behoefte aan robuustheid van het totale systeem.

Deze autonome deelsystemen worden gezien als het fundament van het toekomstige energiesysteem, waarbij de koppeling tussen deze deelsystemen als essentieel gevoeld wordt



voor het borgen van de behoefte aan een continue hoge beschikbaarheid van het systeem voor iedereen. De koppeling van de semi-autonome deelsystemen vereist echter een heel andere vorm van beheer en andersoortige beheersystemen dan het nu toegepaste systeem voor balancering van vraag en aanbod.

7.4 Van vermogensnetten naar energienetten

Het huidige elektrische energietransport naar de gebruiker houdt in essentie geen rekening met eventuele beperkingen in de capaciteit van het (distributie)netwerk. Wat wij nu duiden als energienet is eigenlijk nog helemaal geen energienet, maar een vermogensnet.

Het ontbreken van opslag in het huidige elektrische energiesysteem is de reden dat het werkt als een vermogenssysteem en niet als een energiesysteem. Het elektriciteitsnet is ontworpen om te kunnen voorzien in de momentane pieken in de vraag naar energie (vermogenspieken). Een belangrijk deel van de beschikbare transportcapaciteit van het systeem wordt daardoor gedurende een groot deel van de tijd niet benut.

Een energienet maakt optimaal gebruik van beschikbare opslag- en transportcapaciteit, en buffert energie op de plek waar deze nodig zal zijn. Het resultaat is dus een veel lichtere transportinfrastructuur en veel meer sturend en oplossend vermogen aan de *grid's edge*, dus geïntegreerd in apparaten, op de laagste netvlakken.

Door lokaal opgewekte energie direct lokaal te gebruiken, door energie te bufferen op goed gekozen locaties in het net, en door het zorgvuldig managen van het transport van energie van en naar deze locaties met name op het moment van pieken of dalen kunnen veel grotere hoeveelheden energie via het beschikbare netwerk worden uitgewisseld dan nu wordt gedaan. Een momentane lokale energiebehoefte zal hiervoor zover als mogelijk momentaan en lokaal worden vervuld. Pas waar de momentane behoefte niet vervuld kan worden, of lokaal een overschot ontstaat, wordt de stap gemaakt naar het eerstvolgende hogere netvlak.

Lokale buffering van energie draagt dan ook bij aan het oplossen van problemen die samenhangen met het asynchroniciteit tussen opwekking van en vraag naar energie bij exclusief gebruik van hernieuwbare bronnen. De beschikbare beperkte transportcapaciteit van het huidige net vormt dan ook geen directe belemmering voor forse uitbreiding van de totaal te transporteren hoeveelheden energie. Intelligente flexibilisering van de vraag om energie en (lokale) buffering van energie zijn belangrijke elementen die helpen om de flessenhalzen in het transport van energie op te lossen.

Deze bottleneck dient eerst in kaart te worden gebracht door metingen. In feite moet helder worden wat de vermogensbelasting is van elk element in het distributienet (bv capaciteit van transformatoren en de benutting, de transportcapaciteit van de middenspanningsnetten en uiteindelijk die van de laagspanningsnetten).

Essentieel voor het kunnen benutten van de beperkte transportcapaciteit in het distributienet is goed gedimensioneerde en gelokaliseerde opslag van energie. De beperkte transportcapaciteit kan dan op momenten van weinig vraag naar energie toch maximaal worden benut voor het aanvullen van de reserves aan lokaal opgeslagen energie voor gebruik op een later moment



waar de vraag de beperkte transportcapaciteit overtreft. De accu's van elektrische vervoermiddelen kunnen bijvoorbeeld een belangrijk onderdeel vormen van deze opslagcapaciteit. Het gebruik van de auto (gemiddeld ca 37km/dag/auto met een gemiddeld energieverbruik van 8kWh/dag) en de accucapaciteit van een moderne elektrische auto (50-100kWh) laat zien dat deze accu's, mits ze op intelligente wijze worden gebruikt, een belangrijke rol kunnen spelen in het lokaal bufferen van energie. Lightyear en Sono Motors zijn voorbeelden van bedrijven die reeds vergevorderd zijn met het naar de markt brengen van dergelijke ontwikkelingen.

In een nieuw gedistribueerd elektrisch energiesysteem is opslag essentieel om de transportcapaciteit van het bestaande systeem optimaal te benutten. De opslag of buffering van duurzame energie, die in het huidige systeem grotendeels ontbreekt, is dan ook cruciaal om het elektrische vermogensnet om te vormen tot een elektrisch energienet. Hiermee worden de bestaande netten veel meer naar hun continue capaciteit benut.

7.5 Van plaats-energie naar tijd-energie - Time of use

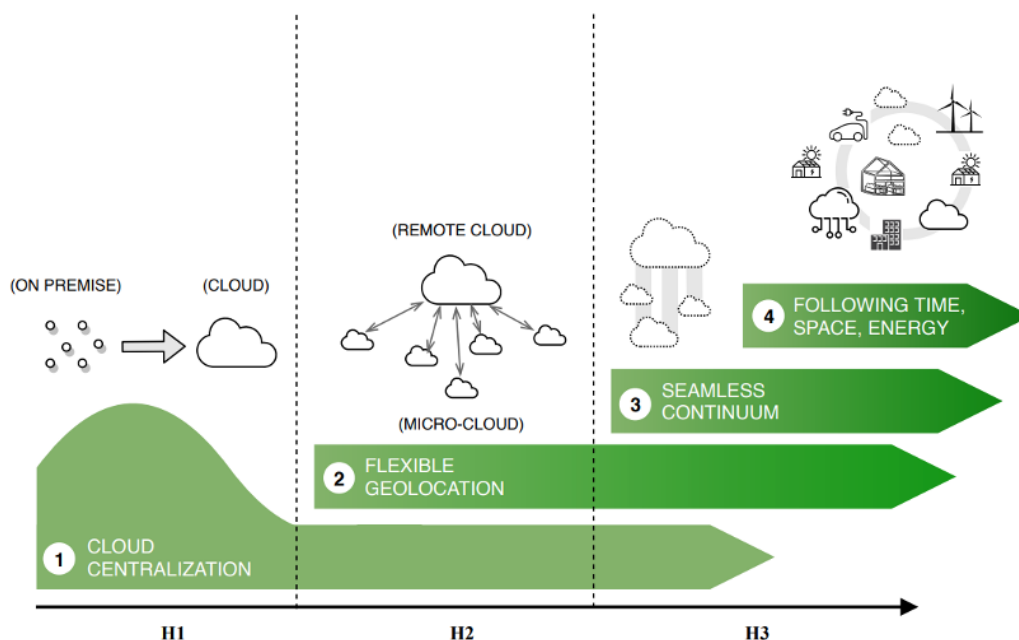
Wij zijn nu gewend om energie in plaats te verschuiven om gelijktijdig in energiebehoefte te voorzien. Dit is vanwege de hooggeconcentreerde fossiele energiebuffers die we nu inzetten, en vanwege het ontbreken van opslag en buffering in ons energiesysteem. Zo kunnen wij grote hoeveelheden energie produceren op het moment dat wij deze nodig hebben, maar de productie verschuiven naar plekken ver bij ons vandaan. De verliezen bij opwek en transport nemen wij hierbij voor lief. De hiermee gepaarde uitstoot van broeikasgassen vindt in de beleving van veel gebruikers ver genoeg plaats om niet direct vervelend te zijn voor onze leefomgeving. Energie is hiermee een 'ver van ons bed-show'.

—
—
“ Onze energievoorziening ontwikkelt zich van gelijktijdig naar 'gelijkplaatsig' ”
—
—

Met de transitie naar hernieuwbare energie raakt de opwek (of de oogst) van energie steeds meer verweven met onze eigen leefomgeving. Energie is dus steeds vaker niet langer uit het zicht en ver weg, maar een integraal onderdeel van onze huizen, onze tuinen, onze bedrijven, én ons uitzicht. Omdat wij kiezen voor hernieuwbare, niet-schakelbare bronnen wordt de gelijktijdigheid steeds problematischer. In plaats van gelijktijdig energie te gebruiken uit een hoog geconcentreerde drager gaan wij ook wanneer wij geen energie nodig hebben oogsten uit op dat moment beschikbare bronnen. Met behulp van technologieën voor opslag en conversie zorgen wij vervolgens dat wij die energie weer kunnen gebruiken wanneer het ons uitkomt. Ook hier nemen wij de energieverliezen van opslag en conversie voor lief. Wij zullen meer en meer energie in tijd gaan verschuiven om plaatselijk in energiebehoefte te voorzien. Onze energievoorziening ontwikkelt zich van *gelijktijdig* naar *gelijkplaatsig*.



Hiervoor zijn nieuwe besturingsmechanismen nodig. Een nieuwe 'operating system' voor onze energiesystemen, dat continu aan de hand van real-time data bepaalt waar, in welke vorm en wanneer onze hernieuwbaar opgewekte Joule het meest waard is.



Figuur 12: De ontwikkeling van datacenters doorloopt een ontwikkeling vergelijkbaar met die van energie opwek. Bron: LEAP/ Amsterdam Economic Board

7.6 Van energie als consumptiegoed naar energie als dienst

Zoals internet een einde maakte aan puur consumentisme voor kennis en data, zijn wij nu allemaal prosumert. Wij gebruiken én produceren allemaal kennis en data, en zijn vrij om die te delen. Volgens dezelfde logica maakt een energiesysteem dat uitgaat van decentraal geproduceerde hernieuwbare energie ook een einde aan de energieconsument.

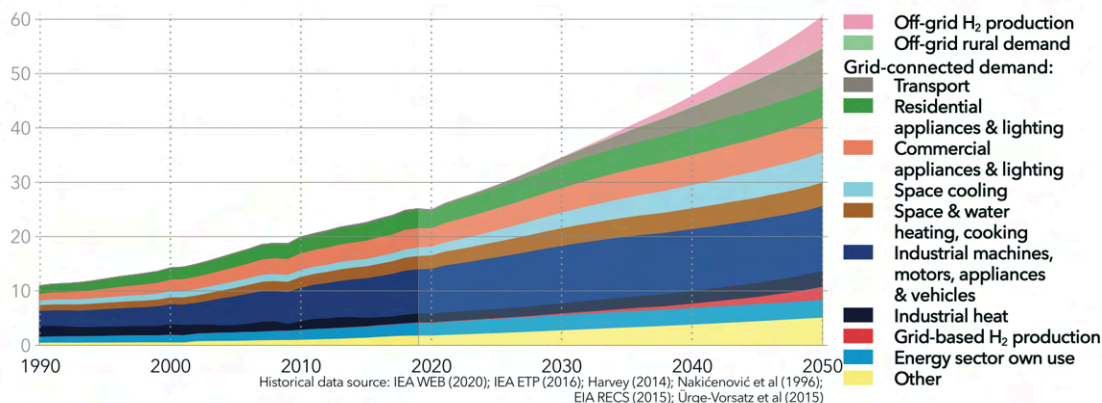
De komende jaren zijn wij echter nog heel druk met het uitfaseren van onze fossiele energiedragers, en hiermee gaan ook grote besparingen gepaard. Tegelijkertijd faseren we hernieuwbare energie in, en daar gaan we steeds meer van gebruiken.

De laatste voorspellingen van DNV vertellen dat we in de komende jaren ons gebruik van olie en kolen decimeren, weliswaar nog wel gas zullen blijven gebruiken, maar vooral ontzettend veel meer energie zullen oogsten uit zon en wind. In onderstaande figuur is deze ontwikkeling duidelijk te zien voor wat elektriciteit betreft. Er wordt tussen 2020 en 2050 verwacht dat ons wereldwijde energiegebruik met 50% groeit, waarbij ons gebruik van elektriciteit uit zon en wind met een veelvoud groeit.



World electricity demand by sector

Units: PWh/yr



Figuur 13: DNV voorspelt dat in 2050 38% van alle energiegebruik in de wereld elektrisch is, tegenover 19% nu - Bron: DNV Energy Transition Outlook 2021

Dit is toe te schrijven aan een aantal factoren waarvan substituering de belangrijkste is. Steeds meer huishoudelijk energiegebruik wordt elektrisch waar wij hier voorheen andere dragers zoals gas voor inzetten. Daarnaast worden ook steeds meer van onze bedrijfsprocessen en vervoer geëlektrificeerd. Ter illustratie: een typisch Nederlands huishouden gebruikt vijfmaal zoveel energie om het huis te verwarmen dan voor alle elektrische toepassingen samen. Als verwarming geëlektrificeerd wordt stijgt het elektriciteitsgebruik dus met een factor vijf. Als dit huishouden vervolgens ook thuis een elektrische auto gaat opladen komt hier nog tweemaal het huidige elektriciteitsgebruik bij. Een positieve bijwerking is wel dat een elektrische auto in absolute zin veel minder (4 à 5 keer zo weinig) energie per gereden kilometer gebruikt dan een auto op benzine of diesel. Dit komt doordat een elektrische auto over veel minder bewegende onderdelen beschikt, en veel minder warmteverlies lijdt, waardoor een veel groter deel van de energie ook daadwerkelijk wordt omgezet in draaiende wielen.

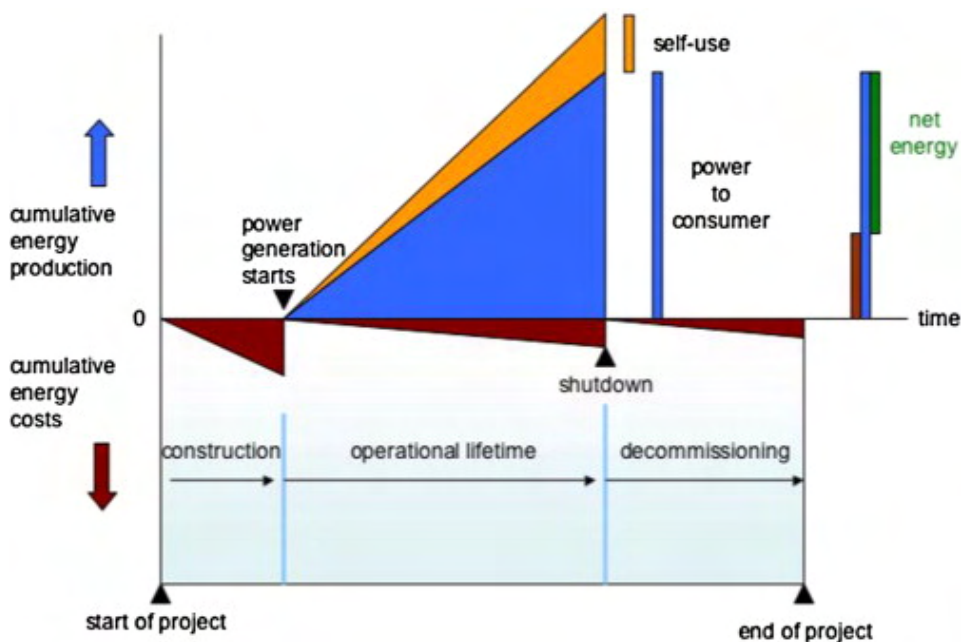
De andere belangrijke ontwikkeling is de elektrificatie van gebruikers die nu nog helemaal geen toegang hebben tot moderne vormen van energie, op dit ogenblik nog 1,2 miljard mensen wereldwijd. Deze mensen zullen biomassa voor het koken bijvoorbeeld vervullen voor elektriciteit. Ook wordt in rurale delen van Afrika gekozen voor lokale opwek van zon en wind in plaats van de aanleg van een nationaal energienet aangesloten op grote fossiele centrales.

7.7 Van energieverbruik naar energiegebruik

'Energieverbruik' is een woord dat wij vaak en té makkelijk bezigen. Waar het gaat om fossiele energie klopt het: Een eenheid olie, kolen of gas is na gebruik niet meer beschikbaar, dus geconsumeerd, 'op verbruikt'. Het zal honderden tot miljoenen jaren duren voordat diezelfde hoeveelheid energie opnieuw in dezelfde fossiele vorm ingezet kan worden. Maar bij hernieuwbare energie kunnen we niet van verbruik spreken. Wij gebruiken een eenheid energie wanneer deze via een zonnepaneel is omgezet in elektriciteit, maar kunnen vrijwel direct dezelfde hoeveelheid opnieuw gebruiken. Zo kunnen wij ook stellen dat het verbruik van



fossiele energie veel lager moet worden, maar het energieverbruik uit hernieuwbare bronnen tegelijkertijd kan stijgen.



Figuur 14: het principe van de Energy Return on Energy Invested uitgelegd – Bron: euanmearns.com

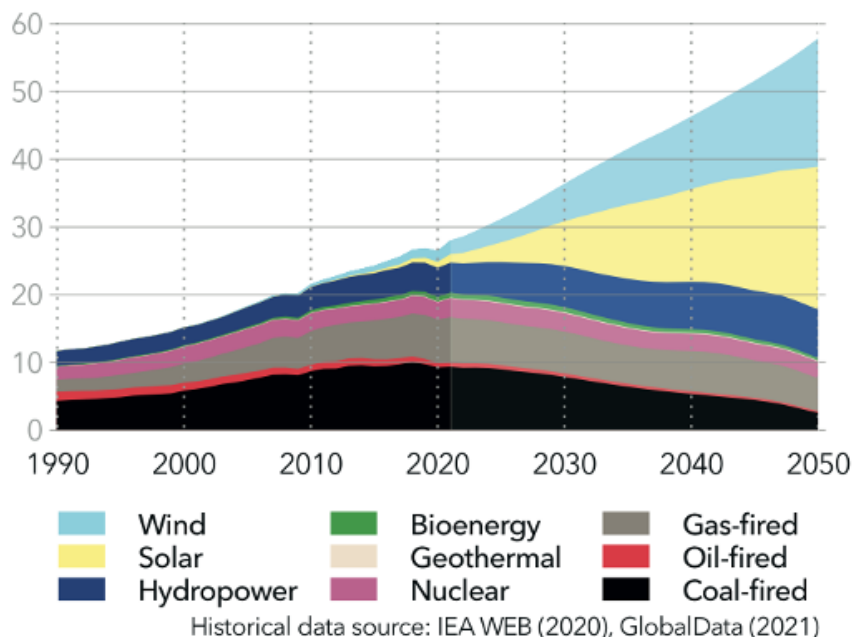
De Energy Return on Energy Invested -EROEI- van hernieuwbare energietechnologie is hiermee erg interessant. Een zonnepaneel wekt gedurende zijn levensduur meer dan tien keer de hoeveelheid energie op die nodig waren voor de productie van dat paneel. Bij een kolencentrale is de EROEI per definitie lager dan 1. Elke hoeveelheid energie die een kolencentrale ingaat om te worden verbrand resulteert namelijk in een kleinere hoeveelheid energie bij de uitgang, vanwege de energieverliezen die met het productieproces gepaard gaan.

Zo kunnen wij met grootschalige inzet van hernieuwbare energie bijna denken in termen van ‘*all you can use*’. Natuurlijk kent ook een op hernieuwbare energie gebaseerd systeem haar beperkingen -denk aan materiaalgebruik, ruimtegebruik, en de behoefte aan lokale systeemintegratie- maar feit is dat wij beschikking hebben over een overvloed aan energie uit de bron: er straalt meer dan duizendmaal onze energiebehoefte op het aardoppervlak.



World grid-connected electricity generation by power station type

Units: PWh/yr



Figuur 15: elektriciteitsgebruik wereldwijd maakt enorme groei door, maar verbruik van fossiele brandstoffen neemt af, in het voordeel van hernieuwbare bronnen - bron: DNV Energy Transition Outlook

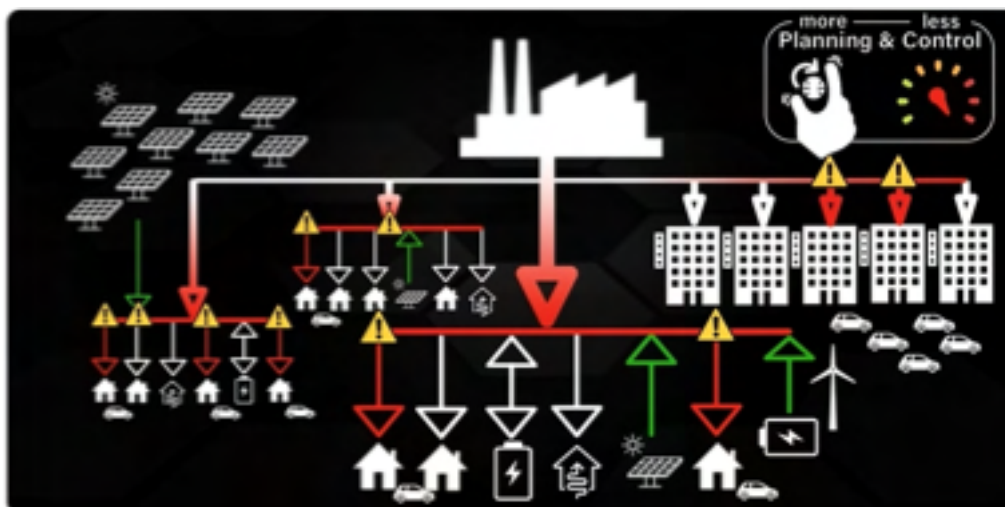
7.8 Energievoorziening wordt steeds meer afhankelijk van de grillen van de natuur

Fossiele energiebuffers zijn makkelijk. Je kunt ze aan- en uitzetten naar believen, je kunt de energiedrager winnen uit de bodem en transporteren naar de plek waar je ze wilt omzetten, en ze laten zich gedwee boetseren tot precies de vorm die wij willen, op het moment dat wij dat willen. Zo heeft dit systeem van fossiele megabatterijen -want dat zijn onze buffers- ons in staat gesteld om een energiesysteem te ontwerpen dat energie op afroep mogelijk maakt. Een spel van nauwgezette planning en controle. Zolang de toevoer van olie, kolen of gas naar de centrale soepel loopt en de gebruiker zijn factuur betaalt is levering een praktische zekerheid in technische zin. In Nederland hadden wij afgelopen jaar gemiddeld slechts 24 minuten lang geen elektriciteit. Dat is een technische leveringszekerheid van 99,99543%, maar economische leveringszekerheid kan een ander verhaal zijn, nu we van eigen gas naar import toe moeten.

De momentane beschikbaarheid van energie staat onder hoogspanning. Nederland telt nu ruim 250 congestiezones. In 7 van de 12 provincies is het bijna onmogelijk om nog nieuwe windturbines of zonneweides aan te sluiten. Lokale stroomuitval wordt een steeds reëler scenario. In de Verenigde Staten is elke vijf jaar al een verdubbeling in het aantal gevallen van stroomuitval gemeten. Het energiesysteem kan simpelweg niet omgaan met miljoenen aanbieders van niet-stuurbare energie.



Eigen hernieuwbare bronnen worden daarom steeds belangrijker ook al zijn ze onberekenbaar, onbestuurbaar, en oncontroleerbaar. Aan wanneer de zon schijnt of de wind waait, uit wanneer de zon niet schijnt of de wind gaat liggen, en een beetje aan als er een wolk voorbijdrijft of er blaadjes op het zonnepaneel liggen. Er valt geen peil op te trekken. Eerst gebeurde dit bijzonder kleinschalig, dus dat deerde het enorme energiesysteem niet. Maar inmiddels, met meer dan 1 miljoen kleinschalige aanbieders van hernieuwbare energie in Nederland, beginnen we de problemen te voelen. Het voor eenrichtingsverkeer perfect ontworpen energiesysteem kijkt toe terwijl het vergeven raakt van hernieuwbare spookrijders die het net beschouwen als een tweerichtingsweg. De leveringszekerheid komt in het geding. Het frequentiebeheer op onze netten voelt steeds meer als een jongleur die er elke paar seconden een balletje bij krijgt. Het is niet een kwestie van óf, maar van wannéér wij te maken krijgen met stroomuitval.



Figuur 16: In het huidige energiesysteem veroorzaakt decentrale opwek uit hernieuwbare niet-schakelbare bronnen stress. Bron: unify.energy

Voorlopig houden wij twee energiesystemen aan: een uifaserend systeem dat werkt met stuurbare fossiele energie, en een groeiend systeem dat werkt met onbestuurbare hernieuwbare bronnen. Hoe eerder wij onafhankelijk worden van het eerste, hoe meer profijt wij kunnen hebben van het tweede.

Systeemintegratie en handelen vanuit een systeemoverstijgende visie is de sleutel. Het gaat niet alleen om energie produceren en vraag en aanbod in balans brengen, maar ook om integratie van buffering en opslag evenals aansturingssystemen voor korte- en lange termijn opslag.

7.9 Alles naar 'the grid's edge'

Energie beweegt steeds meer in twee richtingen op onze netwerken. Peer-to-peer energie was een theorie, maar wordt nu steeds meer praktisch. De manier waarop wij met energie omgaan lijkt steeds meer op de manier waarop wij met data omgaan op het internet. Uitgangspunt is dat elke gebruiker prosumant is, afnemer en aanbieder tegelijk. Een ander uitgangspunt is dat elke



gebruiker meerdere rollen kan vervullen: producent, bufferaar, convertor, balanceerder, enzovoort.

Zo ontstaat het *Internet of Energy*. Een wereldwijd netwerk van met elkaar verbonden lokale energienetwerken. Gebruikmakend van verschillende energiebronnen, verschillende energiedragers -moleculen, elektriciteit, warmte-, en verschillende technologieën voor opslag, conversie, vraagsturing, balancering, prijsvorming en systeembesturing.

Op deze manier is het op termijn realiseerbaar dat iedereen over hernieuwbare energie kan beschikken. Met één volledig geïntegreerd, datagedreven en effectief energiesysteem kan worden voorzien in deze nationale en wereldwijde maatschappelijke behoefte.

Diepgaand onderzoek op technologisch, economisch, maatschappelijk en institutioneel vlak naar de totstandkoming en werking van een Internet of Energy is nodig. De verwachting is daarbij dat diverse onderliggende principes en modellen van het huidige energiesysteem fundamenteel aangepast moeten worden. Het ontwikkelen, samenbrengen en monitoren van concrete initiatieven is cruciaal om het geschetste toekomstbeeld te realiseren.

Een volledig op kort-cyclisch hernieuwbare energie gebaseerd systeem lijkt op het internet, maar er is ook een heel belangrijk verschil: Er moeten in dit systeem -in plaats van virtuele data- enorme hoeveelheden fysieke energie worden uitgewisseld tussen bronnen, opslagsystemen en gebruikers. Het bewaken en beheren van deze grote energiestromen en daarmee samenhangende risico's vereist een gedegen systeemarchitectuur.

Hiervoor zijn nieuwe samenwerkingsvormen tussen netbeheerders, overheden, marktpartijen en een representatieve vertegenwoordiging van de samenleving nodig. De aanbeveling is dit verder te verkennen en uit te werken ten aanzien van eisen, rollen en taken. Dit is belangrijk, groot en ingrijpend genoeg om hier een nationaal programma voor onderzoek en ontwikkeling aan te wijden.





Figuur 17: In het gedistribueerde energiesysteem is niet meer te onderscheiden wie produceert en wie gebruikt. Iedere aangesloten gebruiker kan meerdere rollen vervullen - Bron: Kamangir

7.10 Iedereen wordt systeemdeelnemer: de inrichting van het gedistribueerde systeem.

Op systeemniveau wordt de grootste effectiviteit bereikt door energie te gebruiken waar deze wordt opgewekt, met zo min mogelijk tussenstappen. Het ideale systeem is een systeem waar - inclusief de buffering- lokaal opgewekte energie in balans is met lokaal gebruikte energie. De balancering tussen vraag en aanbod kan in dit geval door het kleine aantal direct betrokken lokale partijen relatief eenvoudig lokaal en autonoom worden afgehandeld. Zelfs binnen een machine kan dit al: een elektrische auto voorzien van zonnepanelen is tegelijkertijd producent, gebruiker, en opslagmedium. Pas waar deze auto meer opwekt dan nodig (bij stilstand) of meer nodig heeft dan opwekt (op snelheid) wordt de balans doorbroken en is verbinding met andere gebruikers nodig, zoals via een laadpaal mogelijk is. Bij een grotere vraag dan aanbod wordt de extra gevraagde energie bij voorkeur geput uit lokale buffers en bij een groter aanbod dan vraag wordt de overtollige energie bij voorkeur opgeslagen in deze lokaal geïnstalleerde buffers. Hiermee wordt elke gebruiker dus producent, transporteur, converter, leverancier, aggregator, programmaverantwoordelijke etc...



7.11 Internet of Energy: grote impact op systeembeheer; veel minder investeringen in de infra

De sterk gedistribueerde structuur voor opwekking van energie in de toekomst zal een heel andere manier van omgaan met energiestromen vragen. Ook zal een systeem bestaande uit gekoppelde semi-autonome deelsystemen hele nieuwe strategieën vragen voor het beheren van deze energiestromen. Digitale informatie over energiestromen, Internet of Energy, vormt hierbij de sleutel. De veranderingen in de wijze waarop energie wordt opgewekt en het feit dat dit zeer sterk gedistribueerd gebeurt hebben een enorme impact op de wijze waarop de energiestromen beheerd en gebalanceerd moeten gaan worden.

Duurzame energie wordt opgewekt door een zeer brede mix partijen uiteenlopend van de individuele gebruiker, die vooral voor zichzelf opwekt tot en met grootschalige opwekkers (windmolenparken, zonneparken, waterkrachtcentrales, ...). Ongeacht de schaal waarop het plaatsvindt: teveel lokaal opgewekte energie wordt gedeeld met anderen, en momentane tekorten worden aangevuld met de overschotten van anderen.

Essentieel in het toekomstige energiesysteem is het maximaal benutten van distributie- en transportinfrastructuur en goed gelokaliseerde en gedimensioneerde capaciteit voor het bufferen van energie. Voor het maximaal benutten van het volledig geïntegreerde systeem is een precieze monitoring ten aanzien van getransporteerde energie over elk traject noodzakelijk om effectief en robuust gebruik van de kostbare infrastructuur te kunnen borgen.

Een zelforganiserend systeem voor balancering van opwekking, gebruik en opslag van energie vereist precieze monitoring. Op dit moment is deze data met name in het distributienet slechts beperkt beschikbaar. Dit resulteert in een niet optimale inzet van de potentieel beschikbare transportcapaciteit in de bestaande distributienetten. Een precieze monitoring en analyse van de genoemde data leidt ertoe dat de beschikbare capaciteit van het huidige distributienet voor het transport van energie verregaand kan worden verhoogd.

De totstandkoming van een Internet of Energy vereist daarnaast goed gekozen (qua locatie), goed gedimensioneerde buffering van energie (opslagcapaciteit met, indien gewenst, hieraan gekoppelde conversie van energie) en gecontroleerde vraag naar energie van veel energie vragende apparaten (elektrische auto's, warmtepompen, wasmachines, industriële procesunits etc.). Een goed – gedistribueerd- ingericht en beheerd Internet of Energy resulteert mogelijk in veel lagere investeringen in de uitbreiding van met name het distributienet dan nu wordt gedacht.



8 Bewegingen in het digitaliseringsdomein

Ook vanuit het ICT-domein worden oplossingen ontwikkeld die het energiesysteem naar het volgende niveau brengen. Onderstaand overzicht is zeker niet volledig, maar geeft van een paar ontwikkelingen een kort overzicht van de mogelijkheden. Dit overzicht verdient het om in latere publicaties nader uitgewerkt te worden.

8.1 Kans en valkuil: Hyperpersonalisatie

Een van de dingen die huidige staat van digitalisering mogelijk maakt is verregaande individualisering. Dit geldt voor producten die wij bestellen die precies aan alle details voldoen die wij wensen, maar ook voor de spelbeleving als wij onze avatar in een simulatiegame exact kleden zoals wij willen en er allerlei eigenschappen aan attribueren die ons de ervaring geven van het leven in een parallelle wereld.

Met betrekking tot energie zijn wij hier nog niet. Er zijn internationale klimaatakkoorden, er is een Nederlands energieakkoord en een klimaatakkoord (2019), er zijn Regionale Energie Strategieën. Deze worden door de energiegebruiker wel gezien in de media, maar wat wordt er van de gebruiker zelf verwacht? Wat kan deze zelf doen? Er wordt ontzettend veel geïnvesteerd in bewustwordingscampagnes, in participatieplannen, in subsidies voor grootschalige opwek van energie, maar er is niet één plan dat laat zien welke keuzes iemand kan maken als individuele gebruiker van het energiesysteem om de energietransitie te helpen volbrengen.

En dat is wel precies wat de gebruiker nodig heeft, én wat nu mogelijk is wanneer wij de juiste digitale technologieën inzetten en voorzien van een heldere en prettige UX -user experience-. Met een relatief simpele set aan algoritmes, rekenend met de juiste data en gekoppeld aan de juiste API's kan bijvoorbeeld een interface ontwikkeld worden die elke individuele gebruiker precies laat zien welke investering in energiebesparing het meest loont, op welk moment deze gedaan moet worden en hoe snel deze zichzelf terugverdient. Zo weet de gebruiker bijvoorbeeld precies of in diens individuele geval geïnvesteerd moet worden in opwek, in besparing, in opslag of in conversie. En of deze investering beter loont op individueel niveau, of op wijkniveau.

Op dezelfde basis kan een interface geboden worden die de gebruiker helpt zo effectief en snel mogelijk onafhankelijker te worden van energieleveranciers en grillige markten. De granulariteit waarmee data inmiddels gegenereerd en verwerkt kan worden is sterk verbeterd ten opzichte van enkele jaren geleden. Inmiddels schrikken wij er niet meer van om op een lokaal netwerk te werken met minuten-waarden, waar wij niet lang geleden nog volledig in het ongewis werden gelaten, of hooguit een keer per jaar een meterstand konden doorgeven.

Een waarschuwing is wel op zijn plaats: als wij hyperpersonalisatie stimuleren zonder oog te hebben voor wie de eigenaar van betreffende data wordt, of er controle over heeft scheppen wij de mogelijkheid om een tech-reus te laten ontstaan die een onevenredige mate van macht kan



uitoefenen over miljoenen energiegebruikers. Laten wij ervan bewust zijn dat AirBnB, Uber en Facebook niet zozeer voorbeelden zijn van de nieuwe economie, maar juist voorbeelden van het oude economische, centralistische model waarin enkelen rijkdom en macht kunnen verwerven op kosten van miljoenen gebruikers. Dit is mogelijk omdat de technologie decentraliseert, maar het businessmodel niet. Dat een dergelijke partij een disruptie veroorzaakt op de markt voor taxi's of hotelkamers is tot daaraan toe, maar dit moet koste wat kost voorkomen worden waar het gaat om de vervulling van een basisbehoefte als energie.

Ook hiervoor is een open en integere data-architectuur nodig. Een systeemontwerp dat de gebruiker in zijn waarde brengt en laat. Een kader dat vrijheid en autonomie toestaat. Waarbinnen individuele keuzes gemaakt kunnen worden, net als ten aanzien van ons internetgebruik. Een equivalent van het www-protocol voor energie zal ons net als op internet in staat stellen vrij te zijn om te kiezen voor eender welke technologie of aanbieder, en tóch met elkaar verbonden te kunnen zijn.

Hyperpersonalisatie is waardevol en door digitalisering en gedragswetenschap prima mogelijk, maar niet zonder kader dat de gebruiker beschermt. Burgers onderling kunnen hier een grote bijdrage aan leveren, zoals wij leren in de Club van Wageningen. Hoe beter je je gemeenschap kent en vertrouwt hoe verder je samen kunt gaan. Het uitgangspunt moet dus zijn: bi-directioneel. We moeten leren de energiegebruiker niet als consument, maar als prosumant aan te spreken.

8.2 AI

Kunstmatige Intelligentie wordt beschouwd als een van de sleuteltechnologieën van de Topsector ICT. En dat is niet zonder reden. De Nederlandse AI Coalitie (NL AIC) is binnen enkele jaren uitgegroeid tot een van de grootste sectoroverstijgende publiek-private samenwerkingsverbanden van Nederland, met inmiddels honderden deelnemers. In het energiedomein is AI nog niet volledig omarmd. Het is nog zoeken naar relevante use-cases, en die zijn op hun beurt vaak weer afhankelijk van de beschikbaarheid van integere data. En toch groeit de wereldwijde markt voor AI op energiegebied met tientallen procenten per jaar.

AI komt in verschillende vormen. In essentie gaat het om het uitvoeren van berekeningen over grote datasets. Maar met ontwikkelingen als machine learning en artificial narrow intelligence omvat AI steeds meer zelflerend vermogen. Het ligt in de lijn der verwachting dat vele taken die nu uitgevoerd worden door energie-analisten, -traders en -planners overgenomen worden door kunstmatig intelligente systemen.

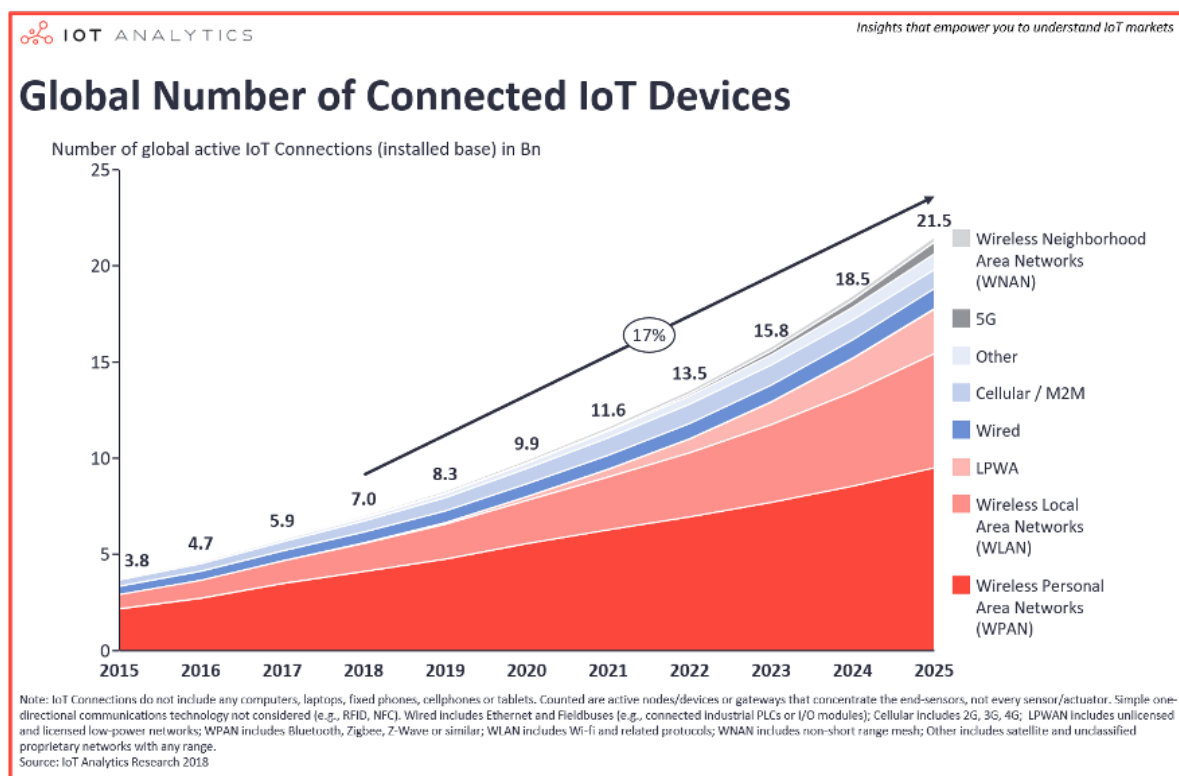
8.3 Internet of Things

Naast de 4,8 miljard menselijke gebruikers die het internet inmiddels telt zijn er ook 12 miljard apparaten verbonden met het Internet of Things, het IoT. Deze apparaten sturen en worden gestuurd op afstand, zonder menselijke interventie. Dit aantal is exclusief onze laptops en mobiele telefoons. Inmiddels is bijna elke moderne auto verbonden met het IoT. Steeds meer koelkasten, televisies, industriële ovens en omvormers ook. Elk van deze apparaten heeft



energie nodig. Een groot aantal van deze apparaten is er primair om energie op te wekken, denk aan zonnepanelen en windturbines. En een groot deel van deze apparaten heeft energie als (mogelijke) reststroom, zoals bijvoorbeeld de restwarmte uit een oven, maar ook de opslagcapaciteit van een elektrische auto.

Deze machine to machine interactie biedt enorme kansen om geautomatiseerd tot systeembalans te komen. Zeker als we herkennen dat veel van deze IoT apparaten gezamenlijk alle functies van het energiesysteem vervullen, maar dan op kleine schaal, achter het middenspanningsstation, gewoon op wijkniveau.



Figuur 18: Het aantal IoT-verbonden apparaten is in 5 jaar verdubbeld tot ongeveer 12 miljard wereldwijd, en groeit voorlopig met 17% per jaar. Bron: IOT Analytics

8.4 Digital Twins

Digital twins -digitale kopieën van fysieke assets- spelen een steeds belangrijkere rol in het beheren, besturen, en vormgeven van energiesystemen. Maar digital twins verschaffen ook, indien juist geparametriseerd en gevoed met integere data, alle nodige informatie om investeringsbeslissingen veel nauwkeuriger te nemen. Dit betekent dat wij met juiste inzet van digital twins veel nauwgezetter kunnen bepalen of een regio of gebruiker meer gebaat is bij investeren in productie, opslag, conversie, transport infrastructuur of vraagzijde management.

Zo kan met behulp van een digitale tweeling van het energiesysteem, de bodem en de bebouwing in een wijk nauwkeurig ingeschat worden wat het effect is van het plaatsen van een nieuwe windturbine, buurtbatterij of laadpalen voor elektrische auto's, voordat deze fysiek



geïnstalleerd worden. Digitale tweelingen -samen met gebruikersinterfaces en software die begrijpelijk en bruikbaar zijn- stellen ambtenaren, projectontwikkelaars, burgers, netbeheerders en andere stakeholders in staat om veel beter inzicht te verkrijgen ten aanzien van nodige veranderingen in lokale energiesystemen. Met een synthetische populatie -een digitale versie van een gemeenschap, inclusief persoonskenmerken zoals voorkeuren, levenspatronen en behoeftes- kunnen zelfs sociale impacts van veranderingen op voorhand ingeschat worden, zoals de weerstand of het draagvlak voor een nieuwe zonneweide.



Figuur 19: met digitale tweelingen kunnen bijvoorbeeld impacts van energiesystemen nauwkeurig worden ingeschat voordat ze fysiek worden geïmplementeerd. Bron: Raconteur.net



9 Valkuilen en reminders

Welke valkuilen kunnen wij het best vermijden? Hoe voorkomen we dat we achteraf moeten concluderen dat wij weliswaar heel veel hebben geïnvesteerd, maar vooral in een zinkend schip? Of in een ontwikkeling die binnen een aantal jaar achterhaald blijkt? Of dat onze keuzes misschien zelfs onbedoeld vertraging hebben veroorzaakt voor de energietransitie? Onderstaand overzicht is bedoeld om een idee te geven van een aantal belangrijke valkuilen die bepalend kunnen zijn voor de toekomst van ons energiesysteem. Er niet in stappen betekent waarschijnlijk een vlottere transitie, beter maatschappelijk draagvlak, minder geopolitieke spanning en lagere kosten.

9.1 Eigenaarloze problemen

Voor veel problemen die nu optreden in het energiesysteem is geen duidelijke eigenaar of verantwoordelijke aan te wijzen.

Bijvoorbeeld zijn er geen standaarden of protocollen voor interoperabiliteit tussen verschillende energienetwerken, zoals die voor elektriciteit en warmte, of tussen twee nabijgelegen lokale energienetwerken. Maar is er ook niet een partij die verantwoordelijk is voor de totstandkoming van deze interoperabiliteit. Zo worden belangrijke mogelijkheden verspeeld om te komen tot een effectief en betaalbaar energiesysteem voor alle gebruikers.

Er is ook geen eigenaar aan te wijzen die verantwoordelijk is voor een al dan niet holarchisch besturingssysteem voor lokale netwerken, terwijl de regionale en landelijke netbeheerders niet over de mogelijkheden beschikken om op lokaal niveau te sturen en te optimaliseren, terwijl steeds meer energie lokaal opgewekt en gebruikt wordt.

Dat de netbeheerders de vraag naar aansluiting en netverzwaren niet aankunnen is evident. Maar veel van deze vraag wordt veroorzaakt door ontwikkelaars die wel opwekcapaciteit willen aanleggen, maar niet opslag en balanceringsvermogen aankoppelen. Door te blijven denken en handelen in silo's vertragen wij de transitie naar een onvermijdelijkerwijs geïntegreerd energiesysteem.

Een ander voorbeeld: de cybersecurity van onze energiesystemen kent ook geen duidelijke eigenaar. Er zijn natuurlijk wetten en regels waar marktpartijen zich aan moeten houden ten aanzien van persoonlijke data, maar er is geen toezichthouder die zich bekommert om de veiligheid van het hele systeem.

Binnen het ministerie van Economische Zaken en Klimaat is nog niet voldoende samenwerking tussen bijvoorbeeld de directie ICT en de directie Energie. Zo worden belangrijke kansen gemist omdat bijvoorbeeld de Topsector ICT wel degelijk raakt aan energiegerelateerde problematiek (zoals de energievoorziening van datacenters) en de Topsector Energie tegelijkertijd heel veel baat zou hebben bij een stevige aanpak van digitaliseringskansen en -problemen die het energiesysteem raken.



9.2 Van wie is de data?

Ook al hebben wij in Europa een Algemene Verordening Persoonsgegevens (GDPR) omarmd, inmiddels is het een veelvoorkomend fenomeen dat data die gegenereerd wordt door onze apparaten door de fabrikant wordt toegeëigend. Fabrikanten van omvormers voor zonnepanelen bijvoorbeeld kunnen de data van hun klanten gebruiken om zich een positie te verwerven op de flexibiliteitsmarkt. De eigenaar van die omvormer wordt vervolgens beloond met een fooi. Dit staat niet in verhouding tot de waarde die de fabrikant zichzelf toebedeelt. Het is maar zeer de vraag of dergelijke praktijken wenselijk zijn, of zelfs toegestaan blijven worden door de Europese Commissie. Zo is bijvoorbeeld onlangs het Digital Services Act Package gepresenteerd, dat de fundamentele rechten van gebruikers wil beschermen.

Het verdient aanbeveling om in Nederland waar mogelijk te voorkomen en waar nodig te bestrijden dat persoonlijke data gegenereerd door gebruikers toegeëigend wordt door fabrikanten en leveranciers voor hun eigen gewin.

9.3 Investeren in lock-in

Lock-ins bestaan op verschillende vlakken, en allen verdienen het om vermeden te worden. De keuze voor een leverancier kan leiden tot een technologische lock-in. Bijvoorbeeld als de klant van een elektrische auto vervolgens alleen nog aangewezen is op compatibele apparatuur, software of onderdelen. De beslissing van KPN in de jaren '90 om landelijk een ISDN netwerk voor internet en telefonie uit te rollen kostte 11,3 miljard euro. Tijdens de uitrol ervan werd al duidelijk dat nieuwe, betere technologieën de overhand zouden krijgen, maar toch werden er jarenlang putten gegraven en kabels aangelegd.

Een commerciële lock-in treedt op wanneer bijvoorbeeld een infraroodpaneel alleen bediend kan worden door middel van een mobiele app, die tegen betaling gedownload kan worden.

Data lock-ins spelen een steeds grotere rol. Zoals het voor een internetgebruiker bijna onmogelijk is om onafhankelijk te zijn van Google of Facebook, zo kan de koper van een zonnepaneleninstallatie meestal niet kiezen wat er met zijn data gebeurt. Via handige constructies is deze dan eigendom van de fabrikant van de omvormer, en met die data wordt vervolgens weer geld verdiend op de flexmarkt.

Dan is er nog geopolitieke lock-in, zoals wij deze in Europa hebben met exporterende landen van aardgas, olie, of kolen, maar ook van grondstoffen voor elektronische apparatuur zoals koper, lithium, nikkel en kobalt. Toen wij in de jaren '90 besloten een elektriciteit-exporterend land te worden dwongen wij onszelf een grondstof importerend land te worden, met jarenlange problemen tot gevolg.

Het verdient aanbeveling om altijd te investeren in minimale lock-in. Welke investeringen kunnen wij doen om maximaal onafhankelijk te zijn? Zowel op individueel vlak voor de gebruiker, als op nationaal niveau.



9.4 Perverse prikkels

Een essentieel aandachtspunt is de belemmerende invloed van een aantal bestaande mechanismen met betrekking tot het toekomstige energiesysteem: de perverse prikkels. Het stimuleren van een versnelde transitie betekent een versneld afbouwen (en desinvesteren) van ongewenste aspecten in het huidige systeem en het creëren van prikkels ten gunste van het toekomstige systeem. Als geologisch vastgesteld kan worden dat door de komende generaties 1 miljoen maal minder fossiele brandstof zal worden gebruikt, loont het dus niet om te investeren in incrementele verbeteringen van het huidige systeem, maar uitsluitend te investeren in een nieuw, voor 100% op hernieuwbare energiebronnen gebaseerd systeem.

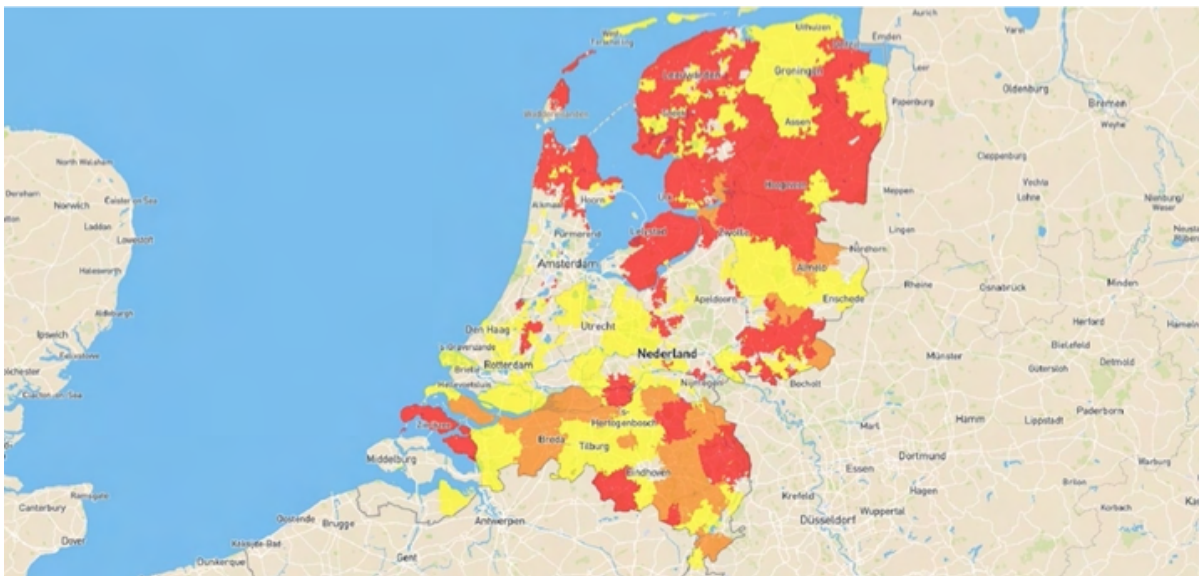
In ons huidige systeem van belastingen, wet- en regelgeving leidt investeren in grootschaliger opwekking van duurzame energie tot een prijserosie van energie: hoe meer hernieuwbare energie wordt geproduceerd, hoe lager de marktprijs van alle energie zal zijn. Dit mechanisme ondermijnt daarmee precies de investeringen die deze transitie mogelijk maken. Belastingen, wet- en regelgeving dienen dus zo heringericht te worden dat economische modellen haalbaar worden, die blijvend waarde creëren uit deze investeringen. Hierbij kan een energietransitie plaatsvinden, waarbij op basis van prijserosie van energie er tegelijkertijd een groeiende economische waarde wordt gecreëerd op basis van duurzame investeringen in vereiste infrastructuur en in het gebruik en onderhoud hiervan.

9.5 The World Wide Wait of Energy

In ditzelfde licht noemden wij vroeger het WWW weleens the World Wide Wait. Vanwege de beperkte beschikbaarheid van bandbreedte kon het namelijk erg lang duren om een fotootje te downloaden. Deze World Wide Wait komt er ook aan op energiegebied. Wanneer de vraag het momentane aanbod overstijgt zul je (zolang wij nog niet gemakkelijk en goedkoop kunnen bufferen en converteren) simpelweg moeten wachten totdat de door jou gevraagde capaciteit aan jou beschikbaar gesteld wordt. Het is maar zeer de vraag of dergelijke situaties eerlijk, inclusief en democratisch behandeld kunnen worden.

De kosten voor het produceren van energie uit hernieuwbare bronnen, buffering van energie in batterijen voor de korte termijn of seizoensopslag in andere energievormen, het omzetten van energie van de ene in de andere vorm en de besturingssystemen die nodig zijn voor het benaderen van momentane balans doorlopen allemaal een logaritmische prijsdaling.





Figuur 20: De congestiekaart van Nederland. Op ongeveer $\frac{1}{3}$ van het land kan geen nieuw vermogen bijgeplaatst worden, en wordt het steeds moeilijker om bedrijven uit te breiden. Bron: Netbeheer Nederland

Dit opent de markt ook voor nieuwe type marktpartijen: de bufferaar, convertor, producent, balanceerder van een energiesysteem zullen zich op steeds kleinere schaal manifesteren, tot in de haarvaten van onze netwerken. Toch willen we niet naar een situatie zoals bij de handel in aandelen en crypto currencies. Daar heeft de competitie tot een hevige digitale strijd geleid waar de sterkste systemen, de snelste verbinding en de slimste bots het altijd winnen, en de normale gebruiker geen kans meer heeft.

De stress op het energiesysteem is inmiddels enorm. Nu al ruim 250 locaties in Nederland ondervinden last van congestie. En de komende jaren zal het aantal gevallen van congestie exponentieel toenemen. Inmiddels kan op bijna een derde van het Nederlandse grondoppervlak -Noord-Holland-Noord, Friesland, Groningen en Drenthe bijvoorbeeld- geen decentrale opwek meer bijgeplaatst worden, en in steden als Amsterdam, Leeuwarden en in delen van Zeeland laat de beschikbare netcapaciteit het wel toe om zonneweides te plaatsen, maar niet om bedrijven uit te breiden. Inmiddels kan ons energiesysteem en de manier waarop wij onze netten hebben ingericht geduid worden als een van de belangrijkste bottlenecks voor een succesvolle energietransitie.

Om de ongeschiktheid van centraal aangestuurde netten en balancering met een voorbeeld te schetsen: in een woonwijk met ongeveer 60 huizen zullen ongeveer 1.000 apparaten elektriciteit vragen of aanbieden. Als elke 15 seconden geverifieerd wordt of het systeem nog in balans is door al deze apparaten een signaal te sturen komt dit neer op 2,1 miljard verificaties per jaar. Met dit soort enorme getallen is het moeilijk voor te stellen dat een centrale aansturing van het energiesysteem mogelijk blijft.

9.6 De markt wil het wel, maar gaat het niet oplossen

Als wij het credo 'de markt moet het oplossen' blijven volgen kunnen wij met zekerheid stellen dat dit niet zo zal zijn. Dan geldt het recht van de rijkste. De markt is niet ontworpen om ethisch



of systeemoverstijgend te zijn. De markt wordt geordend op basis van verschillen tussen vraag en aanbod. Waar schaarste optreedt stijgen de prijzen. Waar meer behoefte aan elektriciteit bestaat dan het momentane aanbod treedt onbalans op, en dan is elke kilowattuur het meest waard. De markt houden zoals deze is gaat niet werken. Dat zou betekenen dat alle netten ingericht moeten worden om een maximale piekbelasting aan te kunnen, dus netverzwinging met alle kosten van dien, die doorberekend zullen worden aan de gebruiker. Tegelijkertijd zullen aggregators en flex-aanbieders hun product pas gaan aanbieden als de prijs ervan boven een bepaald niveau stijgt. Gaming van de markt wordt dan een gegeven. De gewone gebruiker zoals huishoudens, kleine ondernemers en minima zullen het nakijken hebben.

Op dit ogenblik leven in Nederland al 550.000 huishoudens in energiearmoede. Dit zijn huishoudens die meer dan 10% van hun inkomen uitgeven aan energie. Dat zullen er met de huidige ontwikkelingen 1.500.000 zijn in 2030. Onze fabrieken zullen draaien, maar voor veel mensen zal het thuis koud zijn, of de energieleverancier de niet draagkrachtige klant in een wurggreep houden. Is het denkbaar dat een deel van de energievoorziening opnieuw gesocialiseerd wordt, zodat in elk geval niemand kou hoeft te lijden? Is het denkbaar om hier bijvoorbeeld een combinatie van decentrale opwek, opslag, warmtebuffers, en platformtechnologie voor in te zetten? Hoe zou het zijn als wij de markt opnieuw kunnen ordenen zodat energie uit hernieuwbare bron direct en belastingvrij gebruikt kan worden, en dat verstoring van de systeembalans door energie te vragen waar of wanneer deze niet voorhanden is juist belast wordt? Dan zijn wij weer terug bij het oorspronkelijke credo van de in 1996 ingevoerde regulerende energiebelasting: “de vervuiler betaalt”.



10 Randvoorwaarden en oplossingsrichtingen

Het energiesysteem dat wij kennen en koesteren schudt op zijn grondvesten. We komen er niet door de huidige situatie stap voor stap te verbeteren. Dat is simpelweg onmogelijk als wij beseffen wat de mate is waarin wij onze systemen anders moeten inrichten. Als wij willen -en dat willen wij- voldoen aan de normen tijdens de klimaattoppen gesteld in Parijs, Katowice en Glasgow nemen wij binnen een generatie radicaal afscheid van fossiele energie. Dat moet ook wel, want wij verbranden op dit ogenblik 1 miljoen keer méér fossiele energie dan de aarde kan produceren door plantaardig en dierlijk materiaal om te zetten in olie, kolen en gas. En wij kunnen simpelweg niet een dieselauto die nu 1 liter op 15 kilometer rijdt doorontwikkelen totdat deze maar liefst 15 miljoen kilometer kan rijden op een liter diesel. Wij hebben dus totaal andere systemen nodig, ontworpen op een compleet nieuwe grondslag: namelijk uitgaande van 100% hernieuwbare energie.

Hierom kunnen wij energie niet beschouwen als een losse sector, of als een geïsoleerd probleem dat opgelost moet worden met een energiebril op. Onze besluiten raken de hele samenleving, de hele economie, de hele ecologie, en vele generaties na ons.

10.1 Een systeemoverstijgende aanpak

De opkomende invloed van data en digitalisering maakt een systeemoverstijgende aanpak beter mogelijk. We kunnen beter overzien en beter plannen. Wat hier te veel is, is daar nodig en wat nu te veel is, is straks nodig. Op zijn best geeft digitalisering een verbindende kracht ten opzichte van voorheen aparte sectoren. Dat raakt ook het topsectorenbeleid; zolang de energiesector zichzelf blijft beschouwen als een aparte sector is er geen systeem vooruitgang. Energie is altijd, bij iedereen en overall nodig. Met meer dan een miljoen prosumenten kan niet langer gesproken worden van een energiesector, maar wordt energie onwillekeurig steeds meer een dwarsdoorsnijdend thema, net als digitalisering. Een andere belangrijke invloed op de ontwikkeling van het energiesysteem is de correlatie tussen de sterk dalende kosten van dataverwerking en -opslag enerzijds, en die van energieproductie en -opslag anderzijds.

Inzicht in interdependenties van energie in de keten is vitaal. Het is dan belangrijk om te kijken naar kosten en baten, zowel economisch als maatschappelijk. Alleen zo kan toekomstbestendig overheidsbeleid worden gevormd. Je kunt veel beter integreren en verschillende problemen tegelijk oplossen; we zien nu al zonneparken waar algen en frambozen gekweekt worden onder zonnepanelen in plaats van onder folie dat vergaet en wegwaait. Investeringen en subsidies moeten dit ook mogelijk maken. Het systeem leeft en moet leven terwijl het verandert. Met een systeemoverstijgende blik kunnen wij transformeren op een niveau dieper dan wij nu beheersen. Zo kan ons systeem een metamorfose ondergaan, veranderen in iets compleet anders terwijl het voortleeft.

Men is zich ervan bewust dat alles digitaal wordt, en straks steeds meer autonoom, zelfsturend. Niettemin zagen we dat de ontwerpprincipes gebruikt werden door exponenten van de oude



economie met nieuwe technologie. Grote partijen gebruiken het internet om data te verzamelen en te verkopen. Men geeft regelmatig aan dat we dat met energie niet willen herhalen. Energie is een basisvoorziening. Innovatie vindt plaats en beleid volgt daarop, maar moet met de gevolgen rekening houden. Andersom kan beleid ook actief de voorwaarden scheppen waaronder geïnnoveerd wordt, en deze innovaties kunnen groeien. In elk geval is een kader van ethiek, waarden en ontwerpprincipes nodig. Eigenlijk moeten we nu rekening houden met het worst case scenario zoals een reeks van black-outs. Wat is dan ons plan? Hoeveel kan het huidige systeem dan aan?

Het is belangrijk een doel te stellen en een toekomstbeeld te schetsen en daarnaartoe te werken, in plaats van nu in het wilde weg en naar elke windrichting te bewegen. Wanneer wij onze blik beperken tot die vanuit de energiewereld zullen wij de veranderingen in het systeem nooit kunnen begrijpen, laat staan beheersen. Wij kunnen bewegen van A naar B als wij de principes van B begrijpen, beleven, incorporeren.

Ook is het belangrijk te leren van alle politieke, sociale, commerciële en zelfs duistere kanten van eerdere ontwikkelingen, zowel op gebied van energie als op gebied van digitalisering.

Digitalisering is geen doel maar een middel. Het advies is regelmatig om vanuit digitalisering naar de vraag te kijken hoe we volledig op hernieuwbare gebaseerde, weerbare, stabiele en betaalbare energiesystemen ontwikkelen. Dat wordt gezien als een belangrijk doel van dit nieuwe onderzoek, ook al omdat we steeds grotere gaten zien tussen elektrische vraag en aanbod van elektriciteit.

10.2 De onvermijdelijkheid van een nieuw marktmodel

Als energie door iedereen opgewekt kan worden uit onuitputtelijke bronnen heeft dit een diepgaand effect, niet alleen economisch maar ook maatschappelijk. Energie, zijnde het vermogen om arbeid te verrichten, en daarmee het fundament voor onze economie, is niet langer afhankelijk van het aanbod en de prijsvorming van enkele partijen, maar komt binnen bereik van iedereen. Dit betekent ook dat iedereen energie kan 'brengen' op het systeem. Hiermee wordt het vermogen tot waardecreatie van iedereen. Langzaamaan zal het begrip 'energieconsument' vervagen en toebehoren aan het verleden. Met een steeds groter aandeel van hernieuwbare, decentraal geproduceerde energie in de totale energiemix zullen de bestaande partijen energieleveranciers, producenten, aan macht verliezen. Zij zullen veranderen naar aanbieders van platformtechnologie, dienstverlening en balancering.

Het economische model van $TO = pq$ (totale opbrengst is prijs maal hoeveelheid), jarenlang de dominante in onze energie realiteit doet dan niet langer gestand. Net zoals wij vijftig jaar geleden nog gewend waren om per kilobyte geüploade en gedownloade data te betalen aan onze internetaanbieder, maar al heel snel de overstap maakten naar flat-fee aanbieders die al dan niet onbeperkte internettoegang boden tegen een vast maandbedrag zullen wij deze ontwikkeling ook zien in het energiedomein. Het gaat immers niet meer om het volume, want energie uit hernieuwbare bronnen is niet schaars. Veel belangrijker is balans. Hoe beter het energiesysteem continu in balans is hoe nuttiger, stabiel, betrouwbaarder en goedkoper het is voor de gebruiker. Een gebruiker kan zo op het ene moment betalen om energie af te nemen en op een ander moment juist moeten betalen om energie aan te bieden. Of andersom: een



gebruiker kan het ene moment betaald krijgen om energie aan te bieden, en een moment later juist betaald krijgen om energie af te nemen.

Onderzoek naar en ontwikkeling van nieuwe beprijzings-, waarderings- en marktmodellen die uitgaan van 100% hernieuwbaar, decentraal, en met gedistribueerde opslag en conversie is nodig. Denk daarbij bijvoorbeeld aan flat-fee modellen voor energie, en om marktmodellen die niet langer beprijzen en belasten per eenheid energie, maar bijvoorbeeld de mate van balans in een energienetwerk als uitgangspunt nemen. Dan kunnen private en lokale netten behulpzaam zijn evenals zelfbestuur en zelfsturing van energiesystemen, digital twinning en parametrisering van assets.

Over enige tijd zijn wij hopelijk niet langer verbonden met het energiesysteem omdat we afhankelijk zijn, maar juist omdat de gebruiker waardevol is voor het bijdragen aan de balans van het gehele systeem.

10.3 Van planning & control tot sense & respond

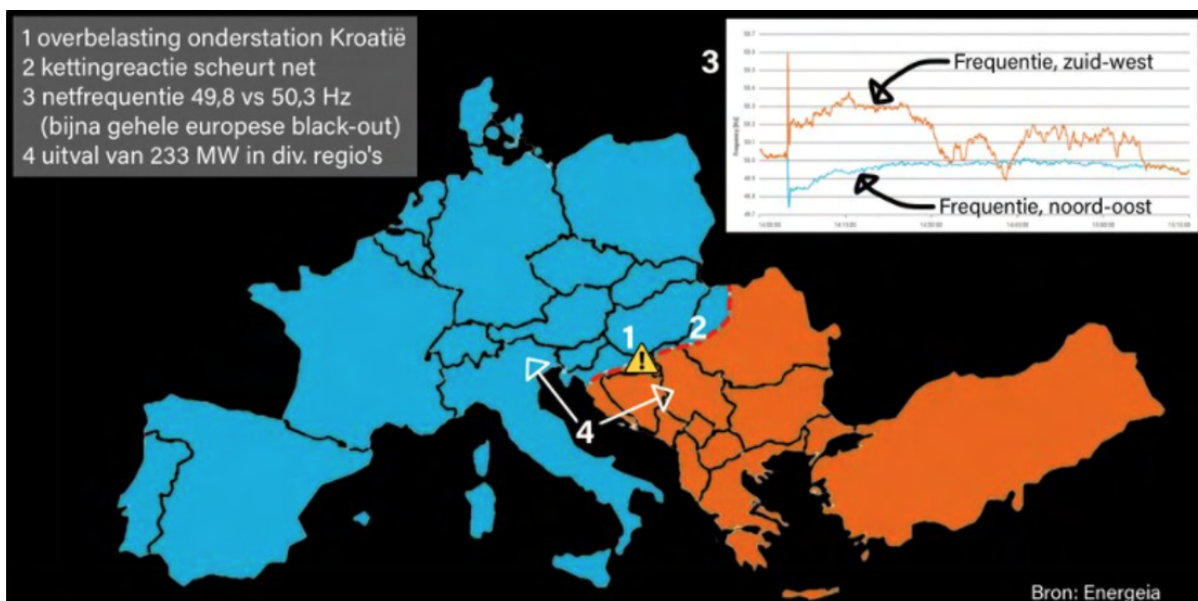
Alhoewel de eerste reactie op de systeemstress op onze netten is “we hebben dus meer planning en controle nodig” maakt digitalisering een heel ander soort oplossing mogelijk, een die in de natuur al honderden miljoenen jaren succesvol toegepast wordt: sense & respond.

Ons energiesysteem wordt op dit ogenblik strak gedirigeerd, als een professioneel orkest. De spelers -energiecentrales, netbeheerders, energiehandelaren- zijn bijzonder bedreven in hun spel en beheersen hun instrument tot in de puntjes. De kleinste fluctuaties in toonhoogte, de frequentie van ons elektriciteitsnet bijvoorbeeld, leiden al tot valse tonen en onze professionals doen er alles aan om dit te voorkomen. En het publiek smult ervan. Elke dag. Alsof energie zo vanzelfsprekend is als de zachte tonen van Radio 4 op de achtergrond tijdens het ontbijt.

Maar de energietransitie vraagt om een nieuwe dynamiek. Want nu zijn de gebruikers niet meer slechts luisteraar. Steeds meer spelen er mee. Dat doen ze op zelfgemaakte instrumenten, die lang niet altijd even zuiver gestemd zijn. Er ontstaat langzaamaan een kakofonie in de ether en de dirigent en diens beroepsmuzikanten weten zich langzaamaan geen raad meer met deze nieuwe realiteit.

“Not everything that can be counted counts, and not everything that counts can be counted” zei William Bruce Cameron. De grootste bottleneck in de energietransitie is niet de infrastructuur; niet de mensen, niet de economie, maar de neiging tot planning en controle.





Figuur 21: Disharmonie - op 8 januari 2021 viel een middenspanningsstation in Kroatië uit met als gevolg dat enkele minuten later de helft van Europa bijna zonder stroom zat - bron: Energeia

De energietransitie vraagt om de dynamiek van een jamsessie. Elementen van het bestaande repertoire zitten erin, maar het staat niet meer vast wie welke partij speelt. Het is improviseren geblazen. Doordat het samenspel steeds verandert, raakt de harmonie verstoord en moet iedereen voortdurend zoeken naar de juiste toonsoort. Het vraagt beheersing, vakmanschap en creativiteit. En het vraagt tools; handige hulpmiddelen om bijvoorbeeld altijd automatisch in de juiste toonsoort te spelen. Filters om te zorgen dat het ene instrument het andere niet overstemt. Jammen is hard werken, goed luisteren en inspelen op een continu veranderende situatie. Pas als de regels duidelijk zijn, iedereen weet wanneer die de ruimte kan nemen om diens solo te spelen, ritme, toonsoort en stemming duidelijk zijn kan het gaan klinken als muziek. En dan is het niet langer de zachte achtergrondmuziek van de radio, maar zijn wij allemaal met elkaar verbonden via onze thuisstudio's, en komen we samen tot harmonie in continue beweging.

Digitale technologie maakt voor het eerst een nieuw energiesysteem dat werkt op basis van *sense & respond* mogelijk. We hebben eerst een vrij simpel systeem ontworpen waarin enkele producenten al naar gelang de fluctuerende vraag van miljoenen afnemers centrales konden aansturen. Maar met de systemen voor planning en controle die wij hiervoor hebben is het aansturen en schakelen van miljoenen aanbieders van hernieuwbare energie simpelweg onmogelijk.

Onze netten zijn heel goed ontworpen voor centrale aansturing en eenrichtingsverkeer, maar kunnen geen tweerichtingsverkeer aan. Met inmiddels ruim een miljoen punten waarop energie wordt aangeboden ontstaat er file. Als wij blijven handelen volgens het huidige credo van operationele excellentie door middel van planning & control eindigen we met de conclusie 'operatie geslaagd, patiënt overleden'.

In essentie maken wij de beweging van een complex systeem, dat per definitie afhankelijk is van complexe regels en autoriteiten die toezien op de naleving ervan, naar een autonoom en



zelforganiserend systeem. Hiervoor zijn de complexe regels en ook de autoriteiten die toezien op de naleving ervan niet nodig.

Een prachtig voorbeeld uit de natuur is de zwerm vogels. Elk jaar zijn wij getuige van de wonderlijke bewegingen die zo'n zwerm van tientallen, honderden en vaak zelfs duizenden vogels maken. En als we erover nadenken beseffen we dat die zwerm geen controlerende autoriteit naleeft. Er is geen baas-vogel, geen navigatie-vogel, en geen verkeersregels-vogel. Toch stijgt de zwerm op, blijft de zwerm een prachtige zwerm, en komt dezelfde zwerm op de bestemming aan.

In 1986 ontwikkelde computerprogrammeur Craig Reynolds het programma *Boids*. Een simpel programma waarmee het gedrag van een zwerm vogels gesimuleerd kon worden, gebaseerd op slechts drie regels code:

- a.) Onderlinge afstand: stuur om andere vogels in de zwerm niet te raken
- b.) Richting: volg de richting van de vogels naast en om je heen
- c.) Cohesie: beweeg naar het centrum van de zwerm met inachtneming van de eerste twee regels

Met niets meer dan de bovenstaande regels -ingebod in elke deelnemer aan de zwerm- zie je op het scherm een zwerm ontstaan die zich nagenoeg hetzelfde gedraagt als het natuurfenomeen waar dit programma op gebaseerd is.



Figuur 22: een zwerm vogels kan in essentie gevat worden in drie regels code. Bron: howitworks.com

Is het mogelijk om ons energiesysteem als een vogelzwerm in te richten? Een systeem met zelforganiserend vermogen, in staat om zelf op zoek te gaan naar balans door waar nodig verbindingen aan te gaan met andere onderdelen van dat systeem?

Het verdient zeker aanbeveling om hier onderzoek naar te doen. Juist de natuur, ons grootste en beste voorbeeld waar het gaat om niet-stuurbaarheid, diversiteit en resiliëntie biedt hoogstwaarschijnlijk de sleutels tot de antwoorden waar het gaat om het ontwikkelen en in



stand houden van een divers en gedistribueerd energiesysteem. Er is een duidelijke link met met systeemintegratie onderzoek over holonen en holarchische besturingssystemen: <https://tse.kpserver.io/holarchisch-energiesysteem/een-energie-holarchie>

10.4 Standaarden en protocollen

Er bestaat een grote behoefte aan standaardisatie met bijpassende protocollen, met nog een onduidelijk beeld tot welk detailniveau de standaardisatie moet plaatsvinden. Dit kunnen wij als kans beschouwen en niet als handicap.

Hoe krachtiger de technologie des te minder stringent de standaarden
Het niveau van details waarop de standaarden geformuleerd moeten worden, wordt mede bepaald door de beschikbare technologie. Kunstmatige Intelligentie kan bijvoorbeeld worden ingezet voor het onderling verbinden van verschillende systemen die voldoen aan geaccepteerde standaarden. Hoe krachtiger de technologie des te minder stringent mogen de overeengekomen standaarden zijn.

Goede pre-competitieve protocollen zijn nodig voor maximale benutting van functies en capaciteiten van de verschillende systemen die wij onderling willen laten opereren. Uiteindelijk moet het nieuwe energiesystemen toegroeien naar een systeem waarbij alle gekoppelde apparaten beschikken over voldoende intelligentie om de autonome uitwisseling van energie te ondersteunen. Voorwaarde om te komen tot een effectieve peer-to-peer uitwisseling van energie is een beleid rondom protocollen en standaarden, dat veel ruimte biedt in de technologieontwikkeling. De architectuur van het toekomstig systeem en de gebruikte communicatiestructuren moeten aan minimumeisen voldoen om betrouwbare communicatie en samenwerking tussen deelsystemen van verschillende leveranciers te waarborgen.

10.1 Kies voor eerlijk, inclusief, democratisch bestuurbaar

Alleen als wij daar met elkaar voor kiezen. Een van de redenen voor het schrijven van 'Digitalisering in het Energielandschap' in 2017 was het reële scenario dat een equivalent van Uber of Facebook of Amazon voor energie zou verrijzen. Dat een bedrijf dankzij slimme inzet van platformtechnologie en algoritmie de taximarkt op zijn kop kan zetten is tot daaraan toe en voor de bestaande branche vervelend, maar als samenleving overleven we dat wel. Maar wanneer een basisbehoefte wordt gecontroleerd en gereguleerd door mogelijkheden waar wij als gebruiker geen enkele invloed op hebben heeft dat verstrekkinge gevolgen. Nu al is het zo dat geopolitiek bepaalt of wij een hoge of een lage energierekening hebben. Techreuzen bepalen in toenemende mate wat er met onze energiedata gebeurt. De omvormers van onze zonne-installaties zijn van ons, maar de data die ze genereren niet, en die wordt dan weer door de fabrikant gebruikt om een sterke positie op te bouwen op de flexmarkt.

Bij de Club van Wageningen wordt sinds 2018 gewerkt aan de spelregels voor eerlijkheid, inclusiviteit en democratie in een verregeand gedigitaliseerd energiesysteem. Hun inzichten en ontdekkingen zijn van waarde voor beleidsmakers, ondernemers en systeempartijen. De Club



van Wageningen is een verandernetwerk van invloedrijke voortrekkers van energiebedrijven, netbeheerders, de wetenschap, prosumers, de overheid en startups. Hun gemeenschappelijke overtuiging is dat we het immens complexe vraagstuk van de digitaliserende energietransitie alleen kunnen oplossen met alle actoren.

Ook het Rathenau Instituut doet al jaren onderzoek op het snijvlak van ethiek en technologie. Het is aan te bevelen om dergelijke initiatieven te steunen. De energietransitie is immers niet zuiver technologisch, maar juist ook economisch, maatschappelijk en institutioneel.

De energietransitie gaat ook over samen. Samen zoeken, samen leren, samen oplossen en samen bouwen.

10.2 Functionerend datasysteem cruciaal

In den beginne bestond er geen energiesysteem, en toen wel, en dankzij dat energiesysteem is een datasysteem mogelijk geworden. Maar nu kan een energiesysteem -gedistribueerd, gebruikmakend van een veelheid aan bronnen en dragers, wijdvertakt en diep verweven in de samenleving- op diens beurt niet langer bestaan zonder een functionerend datasysteem. Er is dus een symbiotische relatie ontstaan tussen de systemen voor energie en data. Dat betekent dat wij alleen nog kunnen redeneren in termen van één integraal energie-datasysteem. Dit heeft grote consequenties, want KPN en Ziggo kunnen net zo goed als netbeheerders beschouwd worden als Enexis, Gasunie en TenneT.

Maar een datasysteem is niets zonder toegespitst te zijn op het doel en de gebruiker. Er is een trend naar lokalisatie, en terecht want dat is meer vertrouwd, beter beheersbaar, en in veel gevallen ook goedkoper. Combineren van functies helpt de gebruiker en de effectiviteit. Kijk naar alle functies in een smartphone, maar ook naar een Tesla of Renault Zoe die bijna alle functies van het energiesysteem vervullen, behalve opwek. Of zelfs: Sono Motors en Lightyear monteren al zonnepanelen op het dak.

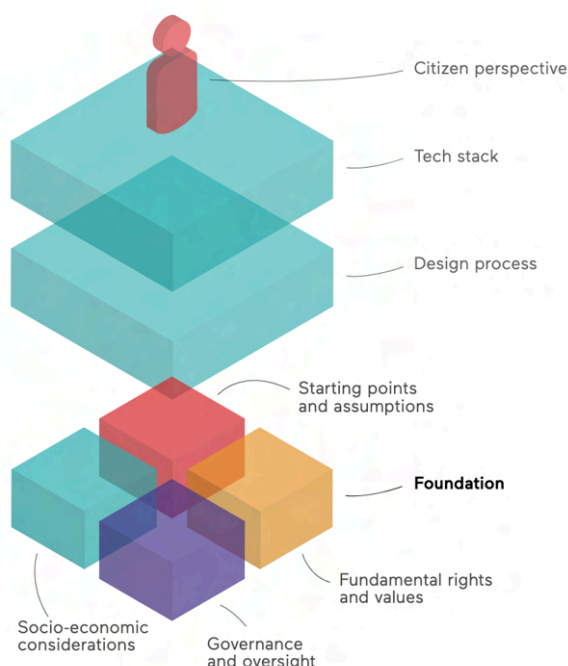
10.3 Open en integere data-architectuur

Er is een groeiende behoefte aan een systeemoverstijgende open data-architectuur. Een omgeving waarbinnen data van verschillende betrokken partijen -gebruikers, netbeheerders, ontwikkelaars, producenten etc.- met elkaar verenigd kunnen worden om betere beslissingen te kunnen nemen en gericht te investeren in de kwaliteit van het lokale energiesysteem.

Het internet heeft ons veel moois gebracht, maar ook een paar monsters. Techreuzen die een macht hebben die landen overstijgt, en een bedrijfsmodel dat stimuleert om ethiek terzijde te leggen. Een vergelijking met financiële instellingen is op zijn plaats. Maar ook aan het oplossen van deze nadelen wordt gewerkt. In dat kader is het belangrijk om te noemen wat www-uitvinder Tim Berners Lee ontwikkelt met zijn initiatief 'Solid' omdat dat radicaal anders kijkt naar hoe webapplicaties kunnen werken, met als gevolg betere privacy en zelf eigendom hebben van gegevens. Applicaties kunnen prima door de gebruiker beheerd worden en gedecentraliseerd zijn, in plaats van gecontroleerd door centrale partijen. Volgens een vergelijkbare filosofie werkt Waag Society de afgelopen jaren aan een Public Stack als



ontwerpsjabloon voor de digitale samenleving, waarin socio-economische overwegingen, de soevereiniteit van de gebruiker en fundamentele rechten en waarden worden geborgd.



Figuur 23: de Public Stack borgt fundamentele rechten en waarden, governance, en socio-economische overwegingen. Bron: Waag Society

In een dergelijke data-omgeving moeten verschillende aanbieders van data de zekerheid hebben dat hun data niet gebruikt wordt voor oneigenlijk commercieel gewin van een andere partij, maar vooral moeten gebruikers, eigenaren van assets de zekerheid hebben dat hun data ook echt van en voor hen is. Een omgeving waarin wij geodata, gebouwd data, infrastructuur data, weerdata, energiedata, meetdata en andere data kunnen verenigen om goed afgewogen keuzes te kunnen maken. Keuzes ten aanzien van investeringen in infrastructuur, maar bijvoorbeeld ook welke deeloplossingen in hun situatie en op die plek het meeste effect sorteren: niet alleen investeringen in opwek, maar ook in transportcapaciteit, opslag- en conversietechnologie bijvoorbeeld. Denk ook aan een dergelijke architectuur die helpt bij het beantwoorden van de vraag “op welke plek, in welke vorm en op welk moment is een hernieuwbaar opgewekte Joule het meest waard?”.

10.4 Cybersecurity op alle niveaus

Cybersecurity is een issue wat voor alle sectoren in de maatschappij geldt, dus ook de topsectoren. Het is helaas een voorwaarde en te vaak nog niet begrepen of toegepast. “Alles wat je digitaliseert maak je ook kwetsbaar”. *Cybersecurity by design* zou een passend onderdeel zijn van elk innovatietraject waar digitalisering een belangrijke rol in speelt. Door systemen zo in te richten dat ze niet te hacken zijn, of ze zo gedecentraliseerd te ontwerpen dat hacken van elk onderdeel op zich niet aantrekkelijk genoeg is, wordt een heel belangrijke



bedreiging voor een gedigitaliseerd energiesysteem overwonnen. Ook hier vinden we in decentralisatie een belangrijk antwoord.

Enkele TKI's hebben cybersecurity in de afgelopen jaren als onderwerp van belang omarmd, maar lang niet iedereen is zich bewust van de risico's van een zwak beveiligd maar verregaand gedigitaliseerd energiesysteem. Energie is een basisbehoefte en de distributie ervan vindt plaats over een kritieke infrastructuur. Met betrekking tot energie hebben wij eigenlijk geen idee van de staat en risico's ten aanzien van beveiliging.

Het is noodzakelijk dat alle bestaande infrastructuren die onderhevig zijn aan digitalisering adequaat beveiligd worden. Tegelijkertijd moet elke innovatie ook aan nader te bepalen beveiligingsstandaarden voldoen, maar deze standaarden zijn er nog niet en weinigen houden zich hiermee bezig.

Een luide oproep tot *'security by design'* is hier op zijn plaats.

10.5 Een toekomstbestendige referentiearchitectuur

In een optimaal energiesysteem wordt per gegenereerde joule bepaald 'waar is deze joule het meest nodig, in welke vorm, en op welk moment?'. Wij werken meer en meer met niet-stuurbare bronnen en weten een ding zeker: energie ontstaat nooit uit het niets. Je kunt er hooguit een zo groot mogelijk deel effectief van gebruiken. Soms is een elektrische joule het meest waard door deze meteen te gebruiken in de vorm van licht. Soms loont het juist om diezelfde joule om te zetten in warmte en te bewaren voor de winter. En in een ander geval kan die joule het meest waard blijken wanneer deze verstuurd wordt naar een naburig bedrijf dat op dat moment een grote, belangrijke energiebehoefte heeft. Misschien is een energiemeter dan niet langer simpelweg een 'kassa op afstand', maar functioneert deze veel meer als router, die met behulp van slimme algoritmes continu zoekt naar de maximale waarde van elke joule energie die er doorheen gaat, of dit nou een eenheid elektriciteit, warmte, of een moleculaire drager betreft.

Er is behoefte aan een ontdekkingsreis naar modellen voor integrale energienetwerken, waar verkeer van moleculen, elektriciteit en warmte verweven zijn. Het gaat om reken- en stuurmodellen om conversies, stroomrichting, en automatische lokale *merit-ordering* van energiefuncties te optimaliseren, het prioriteren van verschillende energievormen en gebruiksvormen. Daarbij is het de vraag of de markt dat kan realiseren en of een competitie model het meest ideale is om optimalisatie te bereiken. Het systeem kan om flexibiliteit in consumptie vragen terwijl inzet van de batterij op de frequentie markt op dat moment lucratiever is. Het gaat dus in beleid en samen ontwikkelen met de stakeholders nu om investerings-optimalisatiemodellen: welke functie en technologie levert het meest op in een bepaald lokaal netwerk uitgaande van een integraal systeem? Dus ook niet lukraak investeren in hernieuwbare opwek, maar een gewogen keuze maken voor lokale opwek, opslag, zowel op korte als lange termijn, conversie, en aansturing van gebruik.

Noodzakelijk is een systeemoverstijgende architectuur die individuele vrijheid optimaal laat. Door te ontwikkelen aan pre-competitieve protocollen in plaats van de markt met macht een standaard te laten bepalen -met alle lock-ins van dien als gevolg- kan een kader geschapen worden waarbinnen de waarden -eerlijk, inclusief, duurzaam, democratisch- gestand blijven



doen. De vrijheidsparadox geldt ook hier: alleen met een duidelijk kader en duidelijke regels wordt vrijheid behouden.

10.6 Maak niet technologie, maar gebruikerservaring leidend voor ontwikkeling

Te vaak innoveren wij volgens het credo 'oplossing zoekt probleem'. Er wordt vanuit technologie gezocht naar betere, snellere, grotere, andere toepassingen van die technologie. Wij leven in een cultuur van *'technology first'*, en raken hierbij de klant, de gebruiker, de burger kwijt. En niet alleen de burger, want ook de beleidsmaker ziet vaak door de bomen het bos niet meer. Vaak heeft de beste oplossing niet meer, maar juist mínder knopjes, opties en zichtbare complexiteit. Wat onder de motorkap gebeurt kan bijzonder complex zijn, maar willen wij oplossingen bieden die werkelijk omarmd worden moeten wij investeren in een gebruikerservaring die logischer, simpeler, helderder is. Welk probleem willen wij nou écht oplossen? Technologie ontwikkelen is een vak dat veel mensen verstaan, maar technologie ontwikkelen die een werkelijk probleem adresseert op een manier die de betrokkenen ook echt begrijpen kunnen er maar weinig.

Technologie volgt idealiter op een helder beeld van een optimale gebruikersbeleving. En vanuit die gebruikersbeleving ontstaat een beeld van bruikbare deeloplossingen. Dan volgt integratie tot een integrale oplossing voor de gebruiker, in een taal en vorm die deze begrijpt.

Hier loont het ook om ICT-professionals mee te nemen in energie-geletterdheid, en energieprofessionals in ICT-alfabetisme. Maar vooral loont het om te investeren in kennis en kunde op het gebied van design, user experience, grafische en industriële vormgeving, ergonomie, en service design.



11 Conclusies, aanbevelingen

Nu wij aan het einde gekomen zijn van deze publicatie geven we hier een beknopt overzicht van de aanbevelingen en conclusies naar aanleiding van het aan deze digitaliseringsagenda ten grondslag liggende onderzoek.

Systeme overstijgend

1. Digitalisering ontwikkelt zich bijzonder snel. Deze agenda verdient bij voorkeur jaarlijks een update en verrijking.
2. Beweeg van A naar B via de principes van B. Wij kunnen de toekomst niet bereiken via de principes en wetmatigheden van vandaag. Onderzoek, herken, omarm en belichaam de principes van het energiesysteem dat wij willen. Innoveer niet incrementeel vanuit de suboptimale realiteit van vandaag, maar vanuit de gewenste toekomst.
3. Investeer niet alleen in de technologie, maar juist ook in economische, maatschappelijke en institutionele innovatie.
4. Wees bewust van het duale karakter van digitalisering. Niet alle digitalisering is systeeminnovatie. Niet alle innovatie leidt naar een duurzaam, inclusief, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem. Investeer in digitalisering die ertoe doet.
5. Energie vormt het fundament van de economie. Zonder werkend energiesysteem is de economie -laat staan digitalisering- non-existent.
6. Ontwikkel scenario's en handelingsperspectieven voor situaties waarin het misgaat zoals grootschalige stroomuitval, onbetaalbare energie, uitval van marktpartijen. Voer regelmatig stresstests uit.
7. Neem eigenaarschap over 'eigenaarloze problemen' zoals de situaties waarin split incentives ontstaan tussen eigenaren en gebruikers van assets en infrastructuur.
8. Digitalisering en energie zijn beide per definitie dwarsdoorsnijdende thema's. Dat raakt ook het topsectorenbeleid; zolang de energiesector zichzelf blijft beschouwen als een aparte sector is systeemvoortgang en integratie bijzonder lastig.
9. Stimuleer langjarige projecten en programma's waarin nieuwe systemen worden ontwikkeld, onafhankelijk van de uiteindelijk in te zetten technologie.
10. Ontwikkel een substantiële organisatie rondom het thema digitalisering, en maak de nodige budgetten vrij voor het voeren van regie, vergroten en verdiepen van kennis en inzicht op het snijvlak van energie en digitalisering. Deze organisatie zou betrokken moeten zijn bij elke TKI, elk MMIP en fungeren als waardevol klankbord in de te ontwikkelen programma's en projecten op dit snijvlak.

Technologisch

11. Ontwikkel een nationaal programma voor onderzoek en ontwikkeling op het snijvlak van digitalisering en energie. Doe dit in samenwerking tussen de Topsector Energie en de Topsector ICT, met steun van de betreffende directies van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en de betreffende topconsortia
12. Sluit de initiatieven vanuit de Topsector Energie aan op de 5 sleuteltechnologieën die gehanteerd worden door de Topsector ICT: AI, blockchain, big data analytics, cybersecurity, future networks.



13. Investeer in onderzoek en ontwikkeling van (semi-) autonome energiesystemen. Denk hierbij aan hardware-integraties, maar ook aan protocollen en standaarden, algoritmieken, besturingssystemen, toepassingen van kunstmatige intelligentie, toepassingen van blockchain en digitale valuta.
14. Investeer in gedistribueerde energiesystemen en verweving van netwerken voor elektriciteit, moleculen, warmte én data.
15. Houd rekening met een stijgende vraag naar -vooral elektrische- energie, en stimuleer de ontwikkelingen die ervoor zorgen dat gebruikers deze lokaal en op het door hen gewenste moment kunnen produceren en inzetten.
16. Investeer in decentralisatie van niet alleen opwek, maar van korte termijn-opslag, seizoensopslag, en conversie, en van verantwoordelijkheden als balancering, borging van kwaliteit van stroom en spanning, en het faciliteren van decentrale markten op lokale netwerken.
17. Investeer in de ontwikkeling van Energy Service Providers. In de ontwikkeling van nieuwe dienstverleners die geen energie leveren, maar de levering van energie juist overbodig maken door systeembalans te bevorderen en peer-to-peer energieverkeer mogelijk te maken.
18. Investeer in de ontwikkeling van vermogensnetten tot energienetten, door tweerichtingsverkeer en de integratie met opslag, buffering en conversie mogelijk te maken. Verlaag hiermee de druk op de netbeheerders om alle noden van het energiesysteem te beantwoorden met netverzwaring.
19. Investeer in de ontwikkeling van kunstmatige intelligentie, digital twins, blockchaintechnologie, en IoT-toepassingen. Beoordeel use cases op hun systeemoverstijgende aanpak.
20. Ontwikkel een nationaal programma op het gebied van Internet of Energy: de verweving van systemen voor data en energie, en peer-to-peer energieverkeer.

Economisch

21. Van volume naar waarde: onderzoek en ontwikkel manieren om de waardering van energie niet langer van verplaatste volumes afhankelijk te laten zijn, maar van de waarde die deze verplaatsingen toevoegen aan het systeem.
22. Er wordt nog subsidie verstrekt aan onvolhoudbare technologieën en modellen. Dit zou moeten worden afgebouwd ten faveure van toekomstbestendige oplossingen.

Maatschappelijk

23. *It's all about the people.* Betrek de maatschappij. Breng voor een strategische doorbraak het gehele systeem aan tafel. Onderzoek de dieperliggende motivatie van de energiegebruiker. Onderzoek de 'vraag achter de vraag'.
24. Stimuleer ontwikkeling primair vanuit de gebruiker en diens behoeftes, en niet primair vanuit technologie. Laat technologie volgend zijn op de benodigde oplossingen van gebruikers en gebruikersgroepen. Gebruik wat er al bestaat en ontwikkel de rest. Zorg hierbij voor overzicht en een hoger liggend inzicht in het systeem.
25. Geef ruimte voor experimenten. Experimenteren -óók buiten het huidige wettelijke en regulatorische kader- is noodzakelijk voor de ontwikkeling van toekomstbestendige energiesystemen, markten, besturingsmodellen en technologieën.



26. Maak gebruik van de mogelijkheden tot hyperpersonalisatie. Elk individu kan over zijn persoonlijke energietransitieplan beschikken. En wees bewust van de valkuilen van diezelfde hyperpersonalisatie, zorg dat de gebruiker geen speelbal wordt van tech-reuzen.
27. Hou rekening met de opkomst van digitaal-gedreven bedrijven die een heel grote invloed kunnen uitoefenen op het energiesysteem en zich vanwege hun internationale karakter gedeeltelijk kunnen onttrekken aan de Nederlandse wetgeving en belastingplicht.
28. Laat elk initiatief met betrekking tot digitalisering ook aandacht schenken aan privacy, cybersecurity en data-eigenaarschap
29. Beleg verantwoordelijkheid voor het stimuleren van inclusiviteit, eerlijkheid en democratie op het energiesysteem bij de verschillende TKI's, maar ook bij elke ontvanger van subsidie of andere steun

Institutioneel

30. Investeer in onafhankelijkheid: van geopolitiek, van technologie, in energieonafhankelijkheid op individueel niveau. Vermijd lock-ins.
31. Faciliteer de ontwikkeling van pre-competitieve voorwaarden als protocollen en standaarden voor de uitwisseling van energie, integratie van dragernetten voor warmte en elektriciteit en voor integratie van netwerken voor data en energie.
32. Voer regie over de ontwikkeling van een heldere, integere en toekomstbestendige referentiearchitectuur die gebruikers vrijheid biedt ten aanzien van hun individuele technologische keuzes enerzijds, en in staat stelt interoperabel te zijn met andere gebruikers die voor andere technologie kiezen.
33. Wees niet bang om op fundamenteel niveau bestaande systeemeigenschappen te herzien, zoals het energiebelastingstelsel, het marktmodel en de privatisering van bepaalde onderdelen van het energiesysteem.

Ruimtelijk

34. Investeer in manieren om de energievoorziening te verweven met de leefomgeving op een niet-intrusieve manier. Maak hierin gebruik van beschikbare oplossingen voor datavisualisaties, modellering, simulaties en dynamische gebruikersinterfaces om meervoudig grondgebruik te bevorderen en optimaal gebruik te maken van lokale mogelijkheden en aan te sluiten op lokale behoeften.



12 Dankwoord

Deze publicatie heeft alleen tot stand kunnen komen dankzij de steun van de Topsector Energie en RVO, en is vooral enorm verrijkt dankzij de inzichten van de vele experts, geïnterviewde, en het steeds groter wordende netwerk van mensen die zich wijden aan de opbouw van een mooie energietoekomst, én de waarde van digitalisering hierin zien.

Hugo Schönbeck is uitermate behulpzaam geweest in het uitwerken van de opzet en inhoud van deze publicatie en heeft dit document ook bijzonder kunnen verrijken met zijn jarenlange ervaring en inzichten.

Een speciaal dankwoord gaat uit naar de mensen die hun tijd, kennis en inzichten beschikbaar hebben gesteld tijdens de interviews:

Jaya Baloo, Richard van de Sanden, Ton Backx, Kees Haverkamp, Rob Burghard, John Post, Erik Wijnen, René Montenarie, Fred Boekhorst, Rob van de Velde, en aan Jesper Juffermans, Siem Doomernik, Soe van Dijk en Harold Veldkamp die vanuit RVO en de Topsector Energie steun, inzichten en vele aanscherpingen hebben verleend.

Dankzij de steun van deze experts, en vooruitblikkend op de ontwikkeling van systeemoverstijgende programma's en projecten voor digitalisering in het energiedomein kunnen wij concluderen: energie en digitalisering zijn inderdaad samen méér dan de som der delen.

