



Smart Integrated Decentralised Energy Systems

*Stand van zaken en potentieel van slimme lokale
(coöperatieve) energiesystemen*



Mei 2023



Smart Integrated Decentralised Energy Systems

Haalbaarheid van lokale (coöperatieve) energiesystemen. Een inventarisatie van voorbeeldprojecten, techniek, juridische kader, marktontwikkeling en businesscases.

Auteurs: Dr. Ir. Oane Galama (GSS), Dr. Ir. Doekle Yntema (Ynovio BV)

Redactie: Galama Sustainable Solutions

Datum: 23-05-2023

Galama Sustainable Solutions

All about sustainability

www.galamasolutions.com

Deze rapportage is opgesteld in het kader van een subsidietoekenning voor de 'MIT Haalbaarheid 2022 – Noord-Nederland' regeling van het SNN.

Afbeelding voorkant: energiesysteem door [redgreystock](#)

Referentie: **Galama, A.H., Yntema, D.R.** "Smart Integrated Decentralised Energy Systems - Stand van zaken en potentieel van slimme lokale (coöperatieve) energiesystemen". Galama Sustainable Solutions; Mei 2023.

© 2023 Galama Sustainable Solutions. Gebruik van gegevens uit dit rapport is toegestaan met bronvermelding en enkel voor openaccesspublicaties.



Voorwoord

In April 2022 heeft Galama Sustainable Solutions (GSS) een subsidie aanvraag ingestuurd voor de 'MIT Haalbaarheid 2022 – Noord-Nederland' regeling bij het SNN. Doel van de aanvraag is kennis verzamelen op het gebied van Smart Integrated Decentralised Energy Systems (SIDES). Dit zijn slimme microgrid systemen met een hoge mate van zelfvoorzienendheid en ook een hoge mate van integratie van warmte en elektriciteit technologieën waardoor een weerbaar en flexibel lokaal energiesysteem ontstaat. Slim staat hier voor intelligente aansturing door middel van softwaresystemen voor energiemangement.

In mei 2022 is bekend gemaakt dat de aangevraagde subsidie voor de haalbaarheid studie naar SIDES is toegekend. Het onderzoek is vervolgens op 16-05-2022 opgestart en de voorliggende rapportage is het dossier dat tijdens de studie is ontwikkeld en omvat: literatuuronderzoek, inventarisatie van beschikbare technologie en de technische haalbaarheid, een marktverkenning, studie naar businessmodellen, een verkenning van de juridische kaders en een inschatting van de haalbaarheid van SIDES concepten op dit moment. Het is een analyse van belemmeringen en kansen en het beantwoorde de vraag of de tijd rijp is voor de ontwikkeling en uitvoering van coöperatieve energiesystemen op dorpsniveau. Het antwoord daarop is tweeledig. Ja de tijd is rijp: de noodzaak vanuit de energiesector is hoog, de technologie voor SIDES is ver genoeg ontwikkeld, de verdienmodellen zijn er, maar de wetgeving blijft achter. Ynovio B.V. (Dr. ir. Doekle Yntema) heeft bijgedragen aan de tot stand komen van hoofdstuk 2 en heeft gefungeerd als sparringpartner gedurende het project.

De kennis die in dit project is verzameld is van belang voor het maken van strategische keuzen die op dit moment al moeten worden gemaakt binnen de energietransitie. Wat sterk naar voren komt is dat SIDES de efficiëntie van het energiesysteem en gebruik van hernieuwbare energiebronnen (fors) kunnen verhogen, de emissies van CO₂ kunnen verlagen en de noodzaak tot grote infrastructurele werken verkleinen en in sommige gevallen overbodig maken. Ook met het oog op betaalbaarheid van energie kunnen SIDES grote voordelen opleveren t.o.v. sterk gecentraliseerde energiesystemen.

Dat het lezen van dit rapport uw inzichten en kennis mag doen vergroten,

Dr. Ir. Oane Galama



Naar een energiesysteem gebaseerd op gedecentraliseerde onderling verbonden netwerken, waarbij het centrale net met name wordt gebruikt om onbalans te transporteren i.p.v. alle energie.

Kernboodschap van het rapport

Energietransitie en SIDES

Dit rapport gaat over slimme, lokale energienetwerken waarin onderdelen van het lokale energiesysteem (opwek, verbruik, opslag) flexibel inzetbaar zijn en met elkaar zijn verbonden door een energiemanagementsysteem. Deze Smart Integrated Decentralised Energy Systems (SIDES) worden ook wel smart microgrids genoemd. SIDES is echter een term die de lading beter dekt en ook het integrale karakter van het energievraagstuk dat over meerdere energievectoren, en de koppeling hiertussen, gaat weergeeft.

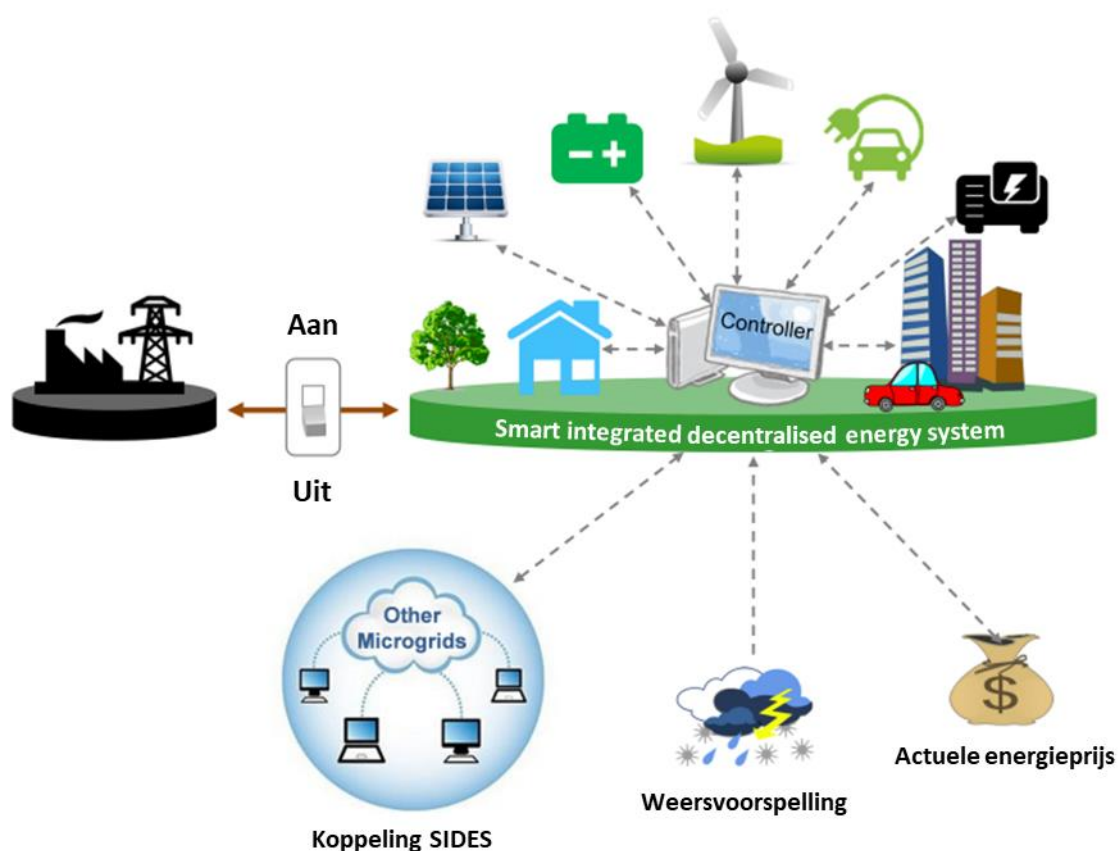
Een SIDES heeft een aantal centrale elementen:

- Geïntegreerd systeem met zowel elektriciteit als warmte/koude technologieën
- Slimme technologieën om efficiënt om te gaan met energie (energiemanagementsoftware)
- Lokaal karakter en van kleine schaal
 - Energiehuishouding van meerdere SIDES kunnen worden gekoppeld door een 'aggregator'
- Gebruik van flexibele bronnen
- Vermogen om (tijdelijk) onafhankelijk te opereren (eilandbedrijf)

Bij de energietransitie gaat het niet enkel over gebruik van hernieuwbare bronnen zonder directe uitstoot van broeikasgassen maar ook over ruimtegebruik, impact op de omgeving, efficiënt gebruik van energiebronnen en materialen en over de betaalbaarheid van energie.

Op plaatsen waar nu de lichtste energienetten aanwezig zijn, veelal gebieden met weinig bevolking en energiegebruik, vindt nu dikwijls de meeste nieuwe hernieuwbare energieopwekking plaats (of is de mogelijkheid daartoe). Het huidige, sterk gecentraliseerde, elektriciteitsnet is niet toereikend om nieuwe opwek of verdere elektrificatie op grote schaal mogelijk te maken. Het elektriciteitsverbruik was decennia lang enkel zo'n 20% van het totale primaire energieverbruik, met elektrificatie van m.n. verwarming en vervoer neemt dit aandeel snel toe. Bij een toenemende gedecentraliseerde opwek past ook een (verbonden) meer gedecentraliseerde en slimmere netstructuur. Er zijn tenminste 7 redenen waarom decentralisatie van het energiesysteem als drijfveer van de energietransitie kan worden gezien:

1. Kosten van decentraal opgewekte en hernieuwbare energie zijn/worden goedkoper dan centrale energieopwekking en distributie,
2. Hernieuwbare bronnen hebben een lagere vermogensdichtheid (W/m^2), verdere uitspreiding van opwekking en groter ruimtegebruik is onoverkomelijk,
3. Het centrale net faalt bij een te groot aandeel van verspreide energieopwekking,
4. Decentralisatie biedt mogelijkheid tot een minder sterke koppeling van energie intensiteit en welvaart in de samenleving door inzet van hernieuwbare energie en verhoogde efficiëntie van gebruik,
5. Er wordt waarde gecreëerd met decentrale energieopwekking
6. Er vindt een sociaaleconomische transitie plaats waarbij burgerbewegingen en energiegemeenschappen opkomen met de komst van meer decentrale energie assets,
7. Digitalisering maakt beheersbaarheid van decentrale systemen mogelijk en zorgt voor tot voorkort ongekende mogelijkheden voor burgers, coöperaties en MKB op de energiemarkt wat dat de financiële haalbaarheid van decentrale systemen voor een steeds groter aandeel van de samenleving mogelijk maakt

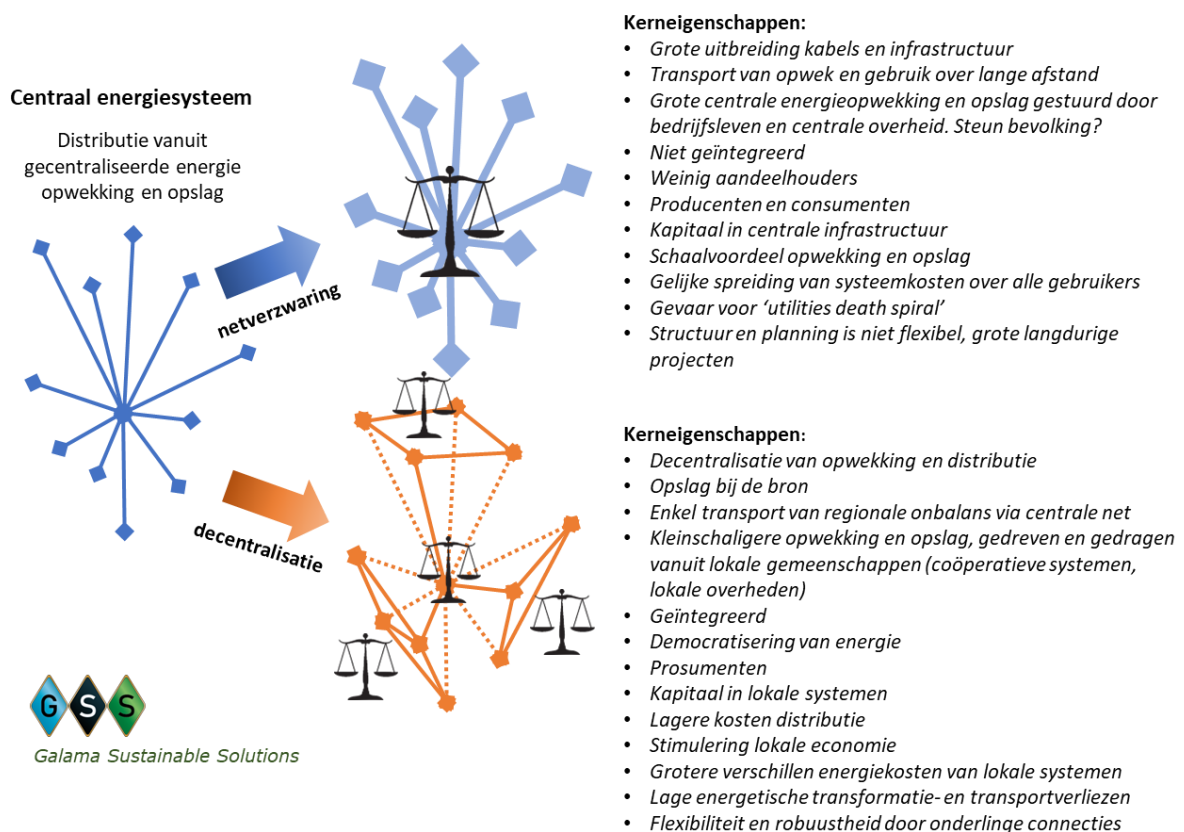


Figuur 1. Principe van een microgrid dat via een schakelaar verbonden kan zijn met het centrale energienet. Binnen het SIDES is opwek en opslagcapaciteit van energie gerealiseerd en het gebruik en opslag wordt gecontroleerd door een energiemanagementsysteem dat parameters als het weer (= voorspelling van opwek), de actuele marktprijzen van energie (= vraag en aanbod balancerend) meeneemt. Lokale systemen kunnen communiceren met andere lokale energiesystemen in een zogenaamde grid of microgrids. Originele afbeelding: Bekeley Lab.

Net van lokale netten (grid of microgrids)

Bufferend vermogen (uit opslag en flexibel gebruik) is het belangrijkste aspect van het toekomstige energienet. Het is energetisch het efficiëntste wanneer energiegebruik en opslag dicht bij de opwek plaatsvindt. Interne buffering binnen microgrids lijkt daardoor een logische keuze op systeemniveau. Een transitie naar een meer decentraal energiesysteem wil niet zeggen dat de huidige centrale energie infrastructuur overbodig wordt. **Het centrale netwerk zal meer gaan dienen als transmissiesysteem tussen clusters van lokale energiesystemen** waarin ten eerste op lokale, en tweede op regionale schaal de energiebalans (opwek – opslag – gebruik) in stand wordt gehouden binnen de SIDES. Hierdoor ontstaat een ‘net van lokale netten’.

Ook bij een vergaande mate van decentralisatie zijn investeringen in centrale infrastructuur nodig om koppeling met lokale, deels autonome, systemen optimaal te laten verlopen en de energetische efficiëntie en kosten van het systeem als geheel te optimaliseren. Verouderde componenten moeten worden vervangen voor slimme en efficiëntere nieuwe, hoe efficiënter het distributie en opslagsysteem, hoe minder opwekking nodig is. Dit is ook de reden dat in de eerste plaats zal moeten worden ingezet op besparing van gebruik en op het verhogen van efficiëntie van het net, voordat er massale uitbreiding van opwekking en opslagcapaciteit wordt gerealiseerd.



Figuur 2. Schematische weergave van mogelijke transitie van het huidige gecentraliseerde elektriciteitssysteem naar een systeem dat verhoogde vraag, aanbod en balancering mogelijk maakt. Afbeelding: Galama Sustainable Solution, 2023.

Figuur 2 geeft schematisch de transitie naar een gedecentraliseerd systeem met daarbij behorende kerneigenschappen. Een reëel risico bij grote investeringen aan een centrale energienet komt voort uit de zogenaamde ‘utilities death spiral’. Wanneer netkosten door investeringen hoger worden, wordt het financieel aantrekkelijker om in eigen energieopwekking te voorzien, m.n. wanneer opwekking en opslag steeds goedkoper worden. Wanneer meer consumenten zelfvoorzienend worden, zullen de netkosten over een kleiner aantal consumenten worden verspreid, wat de groep waarvoor zelfvoorzienendheid lonend is groter wordt, etc.

Er is een optimum in de mate van decentralisatie van het energiesysteem. Het is niet nodig dat elk huis alle onderdelen van een onafhankelijk opererend lokaal energiesysteem in huis heeft. Dit zou resulteren in een heel duur systeem, waarin vele materialen gebruikt worden en wat vraagt om relatief grote energetische investeringen in opbouw en instandhouding. Het zogenaamde ‘overloading with energy assets’ is een gevaar van decentralisatie omdat op kleine schaal er relatief meer overcapaciteit nodig is om pieken op/af te vangen. Door samenwerking op buurt/wijkniveau kan een voorspelbaarder en robuuster systeem ontstaan waarin er per persoon minder opwekking- en opslagcapaciteit nodig. Verder ontstaat er schaalvoordeel en wordt het risicodragend vermogen vergroot. De benodigde energietransport infrastructuur kan echter ook op microgrid-schaal al toenemen ten opzichte van individuele oplossingen, m.n. wanneer bebouwing te veel verspreid ligt. Er is ook een verschil in haalbaarheid voor decentrale elektriciteit en warmte wat betreft de minimale dichtheid van bebouwing en energievraag per oppervlakte om systemen rendabel te maken. Dit omdat

warmtenetten vaak duurder zijn in aanleg en er meer verliezen van energie optreden over afstand. Het kan dus best zo zijn dat binnen een SIDES een deel van het energiesysteem op individuele schaal wordt uitgevoerd, terwijl een ander deel op microgrid-niveau wordt uitgevoerd en dat dit per inwoner en per energiesoort kan verschillen. Dit betekent niet dat individuele oplossingen niet in collectief of coöperatief verband kunnen worden uitgevoerd of beheerd. Slimme systemen maken allerhande oplossingen mogelijk. Hoe beter SIDES ontworpen zijn hoe weerbaarder het gehele energiesysteem en hoe beter ze zowel als onafhankelijk als verbonden synergistisch systeem kunnen functioneren.

Zelfvoorziening en het centrale net

Een van de redenen waarom een energienet niet geheel gedecentraliseerd kan opereren is omdat natuurlijke bronnen niet overal in gelijke mate aanwezig zijn en de vraag, en de mate van onbalans met het aanbod, per locatie verschilt. Waar fossiele bronnen gezien kunnen worden als reservoirs met een bepaald volume, kunnen hernieuwbare energiestromen gezien worden als een energieflux: een hoeveelheid energie die over een bepaald oppervlak te winnen is in een bepaalde tijd. Het te winnen vermogen van hernieuwbare energiebronnen kan met deze benadering worden uitgedrukt als een vermogensdichtheid (W/m^2 aardoppervlak). Net zo kan ook de energievraag worden uitgedrukt in W/m^2 . De vermogensdichtheid van zonne-energie is klein ten opzichte van fossiele brandstoffen, maar wel een stuk hoger dan bijvoorbeeld die van wind, golven en getijdenenergie en tientallen tot honderden malen hoger dan voor bio-energie (= getransformeerde en vastgelegde zonne-energie).

Op sommige locaties is veel meer energie te winnen dan dat er vraag is, op andere plekken is dit omgekeerd. M.n. steden en locatie met veel industrie hebben een groot 'buitengebied' nodig. Dit betekent dat grote steden (of stedelijke gebieden als de randstad) netto energie importeurs zijn, vanaf het land (export uit lokale systemen) of vanuit grote centrale projecten zoals windparken op zee of val/stuwmeren. Aanpassingen van het centrale net blijven hoe dan ook noodzakelijk, de aard en omvang veranderd alleen met de strategische keuzes die in de energietransitie worden gemaakt. Waar plattelanders m.n. kosten zullen genereren aan lokale opwek, zullen stedelingen kosten genereren aan centrale infrastructuur. Optimalisatie en socialisatie van de kosten van het gehele energiesysteem is wenselijk.

Economische haalbaarheid SIDES

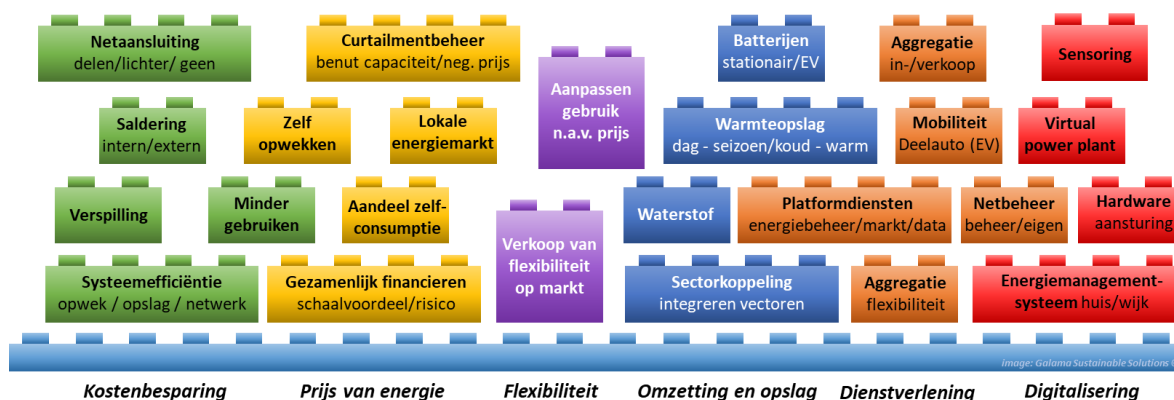
Realisatie van lokale energiesystemen schept de mogelijkheid tot lokale werkgelegenheid (installatie, onderhoud, bestuur, dienstverlening...) en in geval van coöperatief beheer komen lokale energieopbrengsten ten goede aan de lokale gemeenschap en economie. Dit zal zeker bijdragen aan draagkracht voor systeemverandering en het tempo van de energietransitie vergroten. Wel zijn er investeringen in hardware en software uit de bredere economie nodig om deze lokale baten te kunnen realiseren.

Door de veranderingen van het energiesysteem en aanpassingen van de wetgeving omtrent de energiemarkt zijn er nieuwe rollen op de markt en innovatieve operationele modellen voor SIDES ontstaan. Beide worden in dit rapport uitvoerig behandeld. De rollen die burgers en energiecoöperaties kunnen aannemen en operationele modellen zijn van grote invloed op de financiële haalbaarheid en dus uitvoerbaarheid van lokale energiesystemen. Elke locatie heeft zijn unieke mix aan beschikbare hernieuwbare bronnen en kleinschaligere systemen zijn gevoeliger voor het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde functies, met eenieder hun eigen specifieke energievraagprofiel en omvang, binnen het gebied. Denk aan lichte/zware industrie, landbouw,

kantoren, wonen, recreëren, etc. **Dit maakt oplossingen voor kleinschalige SIDES altijd maatwerk en betekend ook dat geen business case hetzelfde zal zijn.** Binnen dit rapport zijn de elementen waarmee een business case kan worden opgebouwd geïdentificeerd. Deze elementen, of bouwstenen, zijn weergegeven in Figuur 3.

Wat uit de praktijk blijkt is dat energie coöperaties een tekort hebben aan initiële financiële middelen en risicodragend vermogen, kennis en relaties om hun plannen efficiënt uit te voeren en dat regionale en nationale markten en regelgeving nog onvoldoende passen bij business cases die passend zijn voor coöperatieve SIDES.

Bouwstenen business case slim lokaal energiesysteem



Figuur 3. Business cases van lokale slimme energiesystemen kunnen vele bouwstenen bevatten, de toepasbaarheid en de onderlinge verhouding van de bouwstenen zal per locatie verschillen. Afbeelding: Galama Sustainable Solutions, 2023.

Juridische onduidelijkheid

Zowel op Europees als Nederlands niveau is er nog geen specifieke regelgeving voor SIDES. SIDES en microgrids zijn geen wettelijk gedefinieerde termen in Europese regelgeving. Zowel in wetgeving op Europees als nationaal niveau wordt geredeneerd vanuit een gecentraliseerd energiesysteem. **De wetgeving loopt achter op de praktische ontwikkelingen.** Voor het vormen van microgrids is op EU-niveau geen belemmerende wetgeving, voor het tijdelijk opereren in eilandbedrijf hiervan wel.

Op **Europees niveau** is de belangrijkste richtlijn de **2019 Electricity Directive (2019/914)**. Hierin is de mogelijkheid gemaakt voor vorming van energiegemeenschappen van burgers (energie coöperaties) en deelname hiervan aan de energiemarkt. Door deze wetgeving is de energiemarkt vrijgegeven en kan ieder handeldrijven en diensten aanbieden op deze markt. De **'Electricity network codes and guidelines'** zijn gebaseerd op de Europese wetgeving en vertalen deze naar praktische regels voor netbeheerders. Sommige van deze netcodes raken aan het tijdelijk onafhankelijk opereren van microgrids (eilandbedrijf), maar enkel in geval van nood. Een microgrid als geheel zou een 'power-generating facility' (PGF) kunnen worden genoemd. Volgens de netcodes hebben deze echter een

minimaal vermogen van 50 MW, veel groter dan de meeste SIDES op dorpsniveau (of zelfs clusters hiervan).

De **Nederlandse** wet en regelgeving vormt op dit moment op meerdere punten een belemmering voor de ontwikkeling van SIDES en vormt hiermee ook een belemmering voor de integratie van hernieuwbare energie. Op dit moment geldt in Nederland de **Elektriciteitswet uit 1998** en de daaruit voortvloeiende lagere regelgeving en codes. Deze Elektriciteitswet en de Gaswet worden momenteel samengevoegd tot één nieuwe **Energiewet**. Het is onbekend wanneer de Energiewet klaar zal zijn ([link naar voortgang](#)). Uit de conceptwet en bijgaande Memorie van toelichting blijkt echter wel dat er, net als in de Europese regels, geen specifieke regels zijn opgesteld voor microgrids of vrijwillig eilandbedrijf hiervan. Wel komt er meer ruimte voor energiegemeenschappen en krijgen deze de mogelijkheid om actief deel te nemen aan de markt, wat nu al via Europese wetgeving mogelijk is gemaakt.

Het is in Nederland verboden om als private partij een net te beheren waarin energie wordt geleverd aan derden. Bestaande microgrids zijn in Nederland veelal in handen van industriële bedrijven of ziekenhuizen en levering binnen deze netten is enkel voor eigen gebruik. Hiervoor is ontheffing van de ACM nodig. De huidige regels voorzien niet in een ontheffing voor het beheren van een eigen energienet door een energiecoöperatie van burgers, wel zijn er in het verleden een aantal uitzonderingen op de geldende regels gemaakt voor experimentele gemeenschappen, welke worden behandeld in dit rapport. Het is niet langer mogelijk deze uitzonderingen aan te vragen.

De Europese regelgeving laat uitzonderingen op de EU-regelgeving toe voor *geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die minder dan 100 000 aangesloten afnemers bedienen, of die kleinschalige geïsoleerde systemen bedienen.*” Door deze uitzondering kunnen (verticaal) geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die ook het netwerkbeheer uitvoeren bestaan (een zogenaamde VIU). Verticaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf zich bezighoudt met transmissie of distributie én met productie of levering. Horizontaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf zich bezighoudt met elektriciteitsproductie voor de verkoop, transmissie, distributie of levering, én daarnaast zich ook bezighoudt met activiteiten die niet op het gebied van elektriciteit liggen (zoals productie van warmte, biogas of waterstof, etc.). De mogelijkheid tot uitzondering opent de deur voor kleinschalige onafhankelijke VIUs, in coöperatief eigendom van een energiegemeenschap dat eigenaar is van zowel productie, distributie en leveringseenheden.

Over de mogelijkheden m.b.t. het beheer van een microgrid wordt in de concept Energiewet geen echte duidelijkheid gegeven. In principe blijft het netwerk en beheer in handen van een netbeheerder. Energiegemeenschappen zullen in dat geval hun energiemanagementsysteem onder beheer van een netbeheerder moeten plaatsen, het vrijwillige karakter voor eilandbedrijf als dat gunstiger is voor de gebruikers binnen het lokale systeem komt daarmee onder druk. Allicht dat er wel een mogelijkheid kan worden gevonden tot delegatie van netbeheerstaken aan energie coöperaties binnen een SIDES (zoals mogelijk gemaakt via EU-richtlijn 2019/944).

Vooruitblik op komst SIDES

Uit het haalbaarheidsonderzoek is naar voren gekomen dat technische oplossingen en hardware die nodig zijn voor realisatie van SIDES al voor handen zijn, ook zijn er al vele aanbieders van deze oplossingen actief op de Nederlandse markt. Uit de verkenning van business cases en de onderdelen die hierin een rol kunnen hebben cases blijkt er genoeg elementen zijn waardoor lokale systemen al haalbaar zijn en tot lagere lasten voor burgers kunnen leiden en tot een versterking van de lokale

economie. De schaal waarop SIDES haalbaar zijn is afhankelijk van vele factoren. Door een gebalanceerde opwek, opslag en gebruik van eigen opgewekte energie (achter de meter) en slimme interactie met het centrale elektriciteitsnet en aanbieden van flexibiliteitsdiensten lijkt het realistisch dat coöperatieve systemen op termijn al op beperkte schaal tot haalbaar business case kunnen komen. In de orde van tientallen woningequivalenten. Deze haalbaarheid zal zeker toenemen wanneer overheid en netbeheer de kansen van SIDES erkennen en wanneer regelgeving er op gericht wordt deze ontwikkelingen mogelijk te maken en zelfs te stimuleren. Met name in gebieden met een zwak elektriciteitsnet waar uitgebreide netverzwaring, met grote bijkomende kosten, nodig blijkt om een relatief klein aantal burgers van energie te voorzien. Het zou op systeemniveau in deze gevallen slimmer zijn deze investering te doen in de ontwikkeling van lokale energiesystemen en dus in lokale ontwikkeling. Dit zou niet alleen een goede stimulans zijn voor ontwikkeling van SIDES maar ook tot netto lagere kosten voor het gehele energiesysteem, inclusief het centrale deel dat ook in de toekomst onmisbaar is. SIDES gaan er zeker komen, kijkend naar het aantal en de omvang van de experimentele projecten in Europa is het slechts een kwestie van jaren voordat de eerste echte economische succesverhalen over decentrale energiesystemen volledig gebaseerd op hernieuwbare energie worden geschreven. Dit zal een steeds verdere decentralisatie van het energiesysteem als gevolg hebben.

1 Inhoud

VOORWOORD	I
KERNBOODSCHAP VAN HET RAPPORT	II
ENERGIETRANSITIE EN SIDES	II
NET VAN LOKALE NETTEN (GRID OF MICROGRIDS)	III
ZELFVOORZIENING EN HET CENTRALE NET	V
ECONOMISCHE HAALBAARHEID SIDES	V
JURIDISCHE ONDUIDELIJKHEID.....	VI
VOORUITBLIK OP KOMST SIDES.....	VII
1 SMART INTEGRATED DECENTRALISED ENERGY SYSTEMS.....	1
1.1 INTRODUCTIE.....	1
1.1 VAN DECENTRAAL NAAR CENTRAAL NAAR GEKOPPELD DECENTRAAL	2
1.2 INVENTARISATIE VAN LOPENDE EN AFGERONDE EU-PROJECTEN	9
2 ONDERZOEK NAAR HARDWARE BINNEN SIDES.....	12
2.1 HARDWARE VOOR ENERGIEOPWEKKING	12
2.2 OPSLAGMETHODEN.....	18
2.3 ENERGIEVRAAG	21
2.4 SYSTEEMCONTROLLERS	31
3 JURIDISCHE KADER & REGELGEVING.....	34
3.1 EUROPESE WETGEVING	34
3.2 NEDERLANDSE WET EN REGELGEVING	36
3.3 IMPLICATIES VAN WETGEVING VOOR SIDES.....	39
3.4 SAMENVATTING WET EN REGELGEVING	42
4 ECONOMISCHE HAALBAARHEID & MARKTVERKENNING.....	44
4.1 SPELERS OP DE ENERGIEMARKT.....	44
4.2 OPERATIONELE MODELLEN	46
4.3 BUSINESSMODELLEN (BMs)	48
4.4 MARKTANALYSE/ NETWERKVERKENNING.....	53
5 VOORUITBLIK NAAR DE TOEPASSING VAN SIDES	58
5.1 DE KOMST VAN SIDES IS REËEL EN EEN KWESTIE VAN TIJD.	58
5.2 KANSEN VOOR SIDES.....	59
6 NEDERLANDSE SMARTGRID-INITIATIEVEN.....	61
6.1 SCHOONSCHIP, AMSTERDAM	62
6.2 VILLA DE VERADEMING, DEN HAAG	62
6.3 AARDEHUIZEN (OLST).....	62
6.4 REPUBLICA PAPAVERWEG, AMSTERDAM	62
6.5 ENERGIECOÖPERATIE WOONWIJK ZEUVEN HEUVELS WEZEP U.A.	63
6.6 KLEINE DUINVALLEI, KATWIJK	63
6.7 COÖPERATIE ZONNEPARK BAD NOORDZEE, BEEKBERGEN	63
6.8 SMART ENERGY GRID BAJES KWARTIER, AMSTERDAM.....	63
6.9 SMARTGRID GROENE MIENT, DEN HAAG.....	64
6.10 COMMUNITY-BASED VIRTUAL POWER PLANT (CVVP), LOENEN.....	64
6.11 ENERGIESAMEN.....	65

6.12	AMELAND	65
6.13	HOOGHKAMER, VOORHOUT.....	66
6.14	THE GREEN VILLAGE, TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT	67
6.15	ENTRANCE PROEFTUIN, GRONINGEN.....	67
6.16	ENERGIEK REAHÖS.....	67
6.17	TRAAIS ENERGIE COLLECTIEF.....	67
7	AFKORTINGEN EN DEFINITIES	68
7.1	AFKORTINGEN:.....	68
7.2	DEFINITIES:	69
8	BRONNENLIJST.....	71
9	BIJLAGE 1: LIJST EU-PROJECTEN MET EEN CONNECTIE TOT SIDES	1
10	BIJLAGE 2: KORTE ANALYSE VAN EU-PROJECTEN EN UITKOMSTEN	3
10.1	LOPENDE PROJECTEN	3
10.2	AFGERONDE PROJECTEN.....	10



Energie-eiland, afbeelding: [Freepik.com images](https://www.freepik.com/images)

Smart Integrated Decentralised Energy Systems

1 Smart Integrated Decentralised Energy Systems

Wanneer men nadenkt over energie, de energietransitie, efficiëntie van gebruik van bronnen en de laagste energiekosten voor burgers is het belangrijk om dit te doen vanuit systeemperspectief en om in acht te nemen hoe dit systeem gaat veranderen. Het gaat om een systeem dat staat voor betaalbare energie en rationeel gebruik van materialen en energiebronnen, maar ook een systeem dat gaat over ruimtelijke inpassing van energy assets en infrastructuur. Er zijn tenminste 7 redenen waarom decentralisatie als drijfveer van de energietransitie kan worden gezien (o.a. [1], [2]):

1. Kosten van decentraal opgewekte en hernieuwbare energie zijn/worden goedkoper dan centrale energieopwekking en distributie,
2. Hernieuwbare bronnen hebben een lagere vermogensdichtheid (W/m^2), verdere uitspreiding van opwekking en groter ruimtegebruik is onoverkomelijk,
3. Het centrale net faalt bij een te groot aandeel van verspreide energieopwekking,
4. Decentralisatie biedt mogelijkheid tot een minder sterke koppeling van energie intensiteit en welvaart in de samenleving door inzet van hernieuwbare energie en verhoogde efficiëntie van gebruik,
5. Er wordt waarde gecreëerd met decentrale energieopwekking
6. Er vindt een sociaaleconomische transitie plaats waarbij burgerbewegingen en energiegemeenschappen opkomen met de komst van meer decentrale energie assets,
7. Digitalisering maakt beheersbaarheid van decentrale systemen mogelijk en zorgt voor tot voorkort ongekende mogelijkheden voor burgers, coöperaties en MKB op de energiemarkt wat dat de financiële haalbaarheid van decentrale systemen voor een steeds groter aandeel van de samenleving mogelijk maakt

1.1 Introductie

Dit rapport gaat over slimme, lokale energienetwerken waarin onderdelen van het lokale energiesysteem (opwek, verbruik, opslag) flexibel inzetbaar zijn en met elkaar zijn verbonden door een energiemanagementsysteem. Deze slimme decentrale netten zijn via een 'island-inverter' verbonden aan het centrale elektriciteitsnet en kunnen hierdoor ook als een buffer worden ingezet in tijden van overmatige productie, of productietekort. Een island-inverter is een verbinding tussen het decentrale en centrale elektriciteitsnet die tijdelijk in- of uitgeschakeld kan worden. In plaats van SIDES worden ook de termen 'microgrid' of 'smartgrid' gebruikt voor SIDES, alhoewel microgrids niet per se smart hoeven te zijn (d.w.z. dat de assets gedigitaliseerd zijn, onderling verbonden, en met elkaar samenwerken door een energiemanagement- of beheersysteem) of zowel elektriciteit als warmte technologieën omvatten. Omdat dit vaak wel het geval is worden SIDES vaak ook aangeduid met de term (*smart*) *microgrid*, of *slim lokaal energienet* op zijn Nederlands. De term smartgrids gaat in veel gevallen niet over lokale kleinschalige netten maar juist over slimme aansturing van transmissiesystemen en is dus qua terminologie minder goed uitwisselbaar. Een SIDES heeft een aantal centrale elementen:

- Geïntegreerd systeem met zowel elektriciteit als warmte/koude technologieën

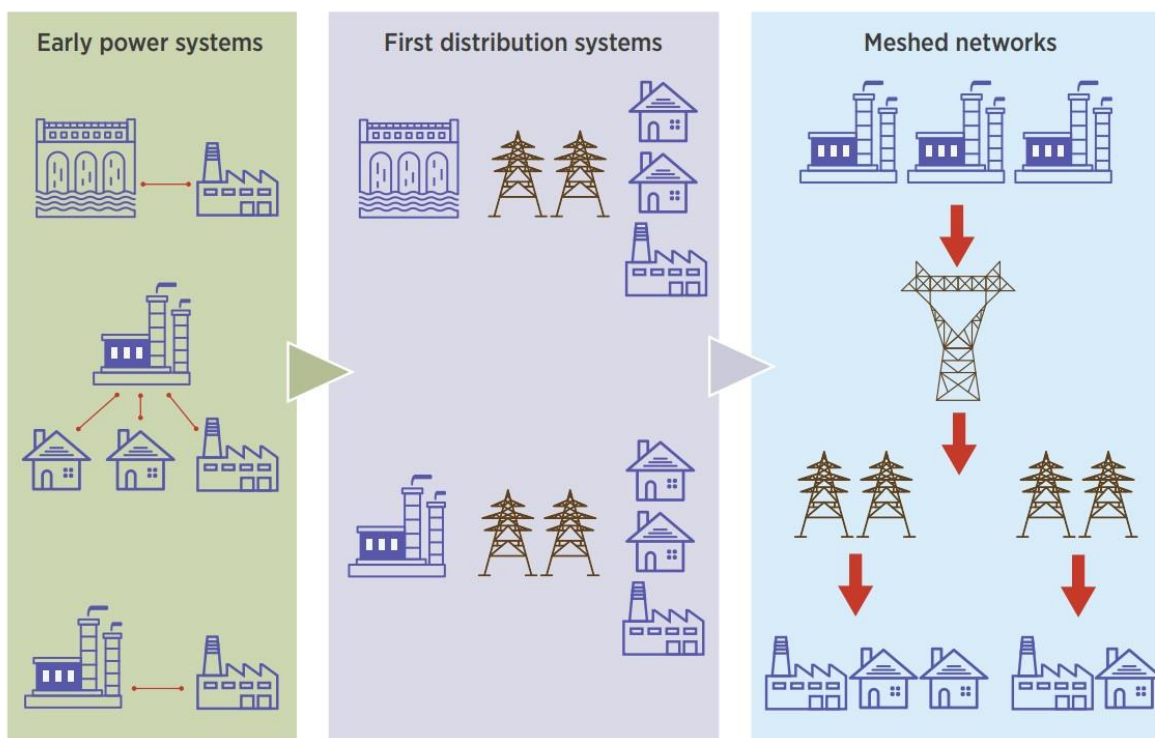
- Slimme technologieën om efficiënt om te gaan met energie (energiemanagementsoftware)
- Lokaal karakter en van kleine schaal
- Gebruik van flexibele bronnen
- Vermogen om (tijdelijk) onafhankelijk te opereren (eilandbedrijf)

Belangrijke begrippen als het gaat om beheer van elektriciteitsnetten zijn TSB (transmissiesysteembeheerder => TenneT NL) en DSB (distributiesysteembeheerder => alliander, enexis, stenden...). Deze netbeheerders moeten consumenten toegang tot alle markten kunnen bieden (inclusief opwek, opslag en flexibiliteit). Op dit moment ligt de focus van deze beheerders op centrale systemen en uitbreiding en aanpassing van centrale infrastructuur. Dit zijn in veel gevallen dure aanpassingen, wellicht duurder dan wanneer decentrale oplossingen zouden worden gebruikt. Ook zullen decentrale systemen kunnen resulteren in hogere energetische efficiënties en toegenomen gebruik van het aandeel lokale en hernieuwbare energiebronnen. Ontwikkeling van decentrale energiesystemen is hierdoor van groot gemeenschappelijk belang.

1.1 Van decentraal naar centraal naar gekoppeld decentraal.

1.1.1 Algemeen

In de begintagen van het elektriciteitsnet leverden lokale elektriciteitscentrales stroom aan een net van beperkte omvang, deze netten fungeerden als een 'eiland'. Met de netkoppeling zijn steeds meer lokale netten aan elkaar gekoppeld en is een centraal elektriciteitsnet ontstaan. Hiermee werd het risico op stroomuitval verkleint omdat de lokale netten nu als back-up voor elkaar konden fungeren bij storing in de lokale energievoorziening. Nu is heel Europa verbonden in een centraal gekoppeld elektriciteitsnet dat beheerd wordt door TSBs en DSBs. Veel van de lokale opwekcentrales zijn in de loop der tijd vervangen door grote regionale krachtcentrales, zoals de kolen- en gascentrales in de Eemshaven (1560/3765 MW) of de grote aardgascentrale in Maasbracht (1300 MW). Bij een sterk gecentraliseerde opwek past een sterk gecentraliseerd elektriciteitsnet, met zware kabels dichtbij de energiebronnen en steeds fijnere netwerken naar de afnemers. Niet ongelijk aan het bloedvatstelsel in ons menselijk lichaam, waar de 'stroom' vanuit het hart door slagaders, fijnere vertakkingen hiervan en haarvaten naar elke uithoek van ons lichaam wordt vervoerd en via het aderstelsel terug in omgekeerde richting.



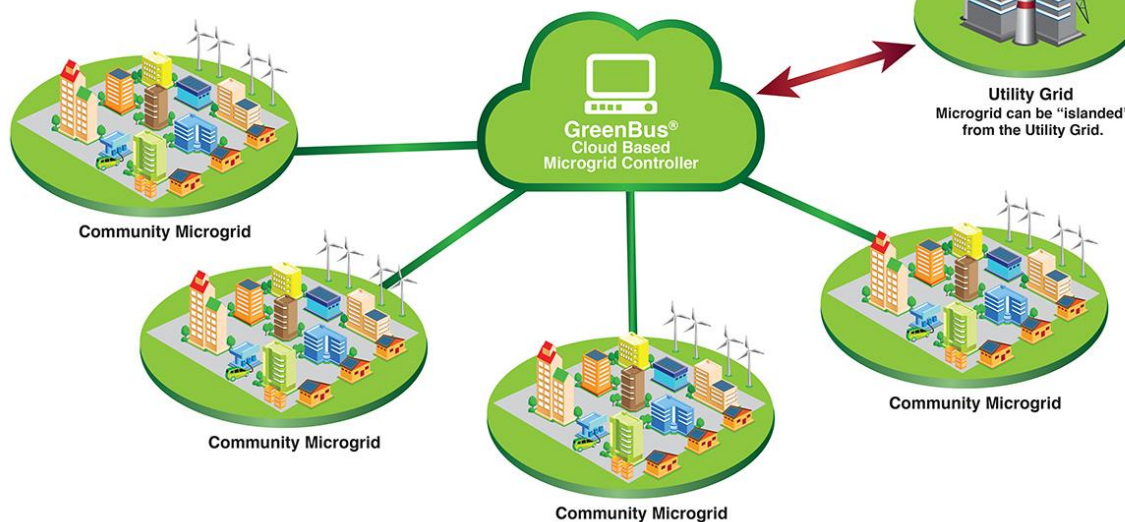
Figuur 4. Van vroege gescheiden energiesystemen, via distributiesystemen naar een centraal netwerk. Afbeelding van: [IRENA](#)

Nu we omschakelen naar meer decentrale energieopwekking en er stemmen opgaan om kolen- en gasgestookte centrales te sluiten is deze sterk gecentraliseerde netwerkstructuur niet meer toereikend. Op plaatsen waar nu de lichtste netten liggen, zoals in gebieden met weinig bevolking en energiegebruik, vindt nu dikwijls de meeste nieuwe hernieuwbare energieopwekking plaats (of is de mogelijkheid daartoe). **Bij een toenemende gedecentraliseerde opwek past ook een (verbonden) meer gedecentraliseerde en slimmere netstructuur. Dit wordt in het Engels wel 'grid of microgrids' genoemd.**



The Future of Microgrids

Upgrade existing **centralized** power infrastructure to improve reliability, cost, efficiency, security and environmental impacts



Figuur 5. Een schematische weergave van een microgrid (boven) en elektriciteitsnet bestaande uit microgrids (onder). Afbeelding van: Green energy corp.

1.1.2 Systeemverandering

Wanneer gekeken wordt naar energie, energiebeschikbaarheid, efficiënt gebruik van energie en betaalbaarheid van energie is het belangrijk om dit vanuit een systeem perspectief te doen. Welk energiesysteem en welke technologie, maar misschien nog belangrijker gedrag, draagt effectief bij aan een duurzame samenleving. Efficiëntie van het elektriciteitsnet en het gebruik hiervan zal moeten worden geoptimaliseerd, zowel door aanpassingen van hardware als in gebruik. Bijv. door vervanging van verouderde inefficiënte systeemcomponenten, toepassen van smartgrid technologie en oplossingen als 'cable pooling'. Het zijn niet enkel de hernieuwbare energiestromen die het net belasten het is ook de leeftijd van het net. Efficiëntie van het net zal moeten verbeterd voordat energieopwekking- en opslagcapaciteit zullen worden uitgevoerd, omdat 'stranding'¹ van deze assets een groot risico is.

Het centrale energiesysteem is ontworpen om aan de elektriciteitsvraag van jaren terug (vaak decennia) te kunnen voldoen. Door een toenemende elektrificatie heeft het centrale net aanpassingen nodig om overbelasting te voorkomen: uitbreiding en verzwaring. Vasthouden aan een sterk centrale energie infrastructuur qua elektriciteit en de inrichting van een centraal netwerk voor waterstof zal vragen om heel grote aanpassingen in centrale infrastructuur [3], [4]. Dit zorgt voor zowel hogere netkosten als om extra ruimtegebruik. In alle gevallen zal het energiesysteem van de toekomst relatief duurder zijn dan het huidige energiesysteem. De tijd van goedkope energie lijkt (voorlopig) wel voorbij. **Een reëel risico bij grote investeringen aan een centrale energienet komt voort uit de zogenaamde 'utilities death spiral'. Wanneer netkosten door investeringen hoger worden, wordt het financieel aantrekkelijker om in eigen energieopwekking te voorzien, m.n. wanneer opwekking en opslag**

¹ Stranding wil zeggen dat bepaalde assets niet langer nodig zijn terwijl deze nog niet afgeschreven zijn door bijvoorbeeld de netbeheerder of de energiemaatschappij.

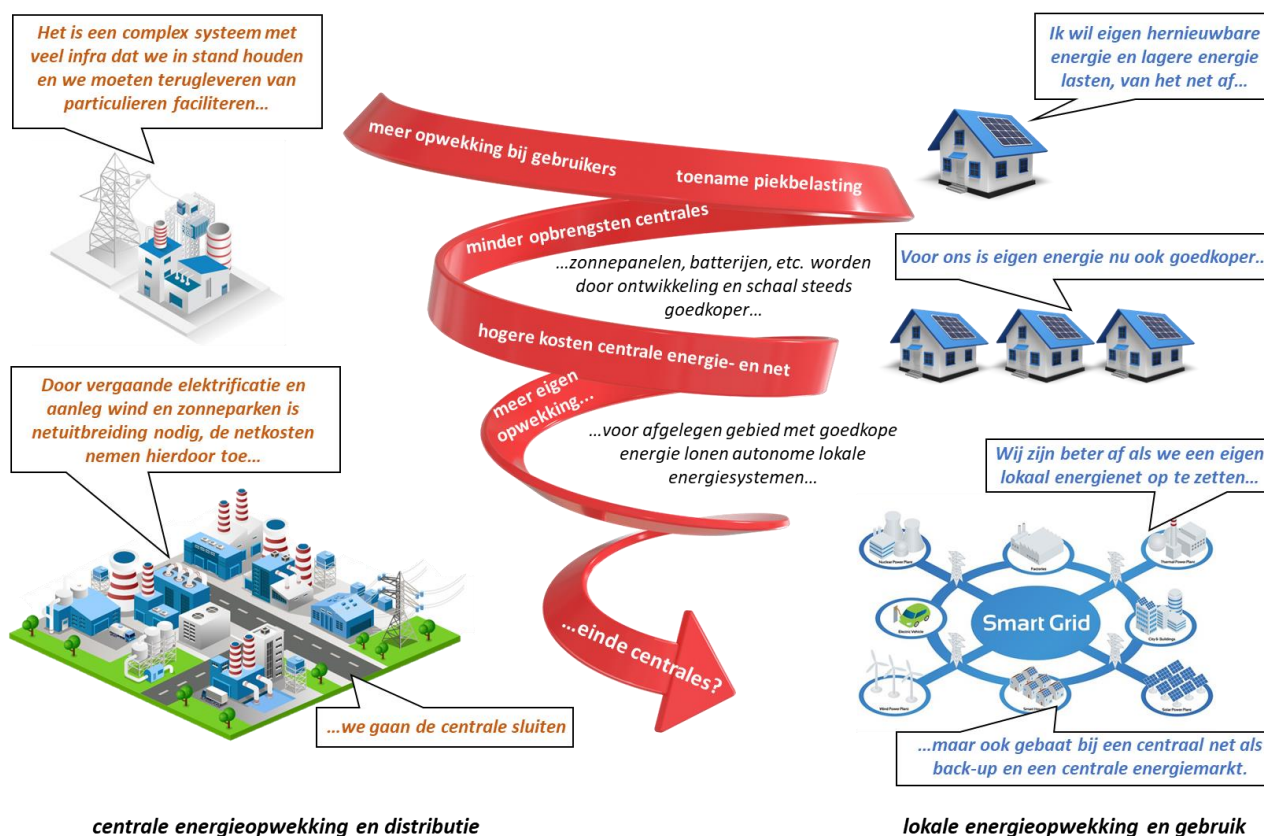
steeds goedkoper worden. Wanneer meer consumenten zelfvoorzienend worden, zullen de netkosten over een kleiner aantal consumenten worden verspreid, waardoor de groep waarvoor zelfvoorzienendheid lonend is groter wordt, etc. Door minder gebruik van het net vindt er stranding van assets plaats, dit gebeurt al in de kolensector, centrales die nog niet geheel zijn afgeschreven worden uitgeschakeld en ontmanteld. De spiraal wordt versterkt dat door toenemend gebruik van decentrale systemen, de schaalgroten en betaalbaarheid van oplossingen die daar bij passen toenemen, terwijl de schaalgroten van bijvoorbeeld gebruik van oplossingen voor het centrale net kleiner wordt. Na een bepaald omslagpunt is een volledige systeemverandering onomkeerbaar. Dat punt lijkt al wel bereikt.

'Utilities death spiral'



Galama Sustainable Solutions

Wanneer prijzen van hernieuwbare energie opwekking en opslag competitief worden met stroom van het net...



Figuur 6. Schematische weergave van de 'Utilities death spiral'. Afbeelding van: Galama Sustainable Solutions, 2023 (onderdelen vecterezy, ENISA)

Waar energiecentrales gestuurd kunnen worden op vraag (wat wel ten koste gaat van efficiëntie), is dit met zonne- en windenergie niet mogelijk. Men kan enkel het aanbod verkleinen door: zon- of windenergie af te koppelen wanneer gevaar voor overbelasting dreigt, door stroom direct lokaal te gebruiken, of door elektriciteit omzetten in vorm van energie die kan worden opgeslagen (elektrochemisch, chemisch, kinetisch...). Omgekeerd is het, wanneer het energieaanbod kleiner is dan de vraag, nodig om elektriciteit te importeren of om de vraag te verkleinen door niet kritisch-gebruik tijdelijk af te koppelen.

Bufferend vermogen is het belangrijkste aspect van het toekomstige energienet. En dit bufferend vermogen dient dermate groot te zijn dat schommelingen in aanbod en vraag te allen tijde kunnen worden opgevangen. Een gigantische opgave gezien de variabiliteit die kan optreden wanneer het overgrote deel van elektriciteit uit zon- en wind- zal worden opgewekt. Het is energetisch het efficiëntste wanneer energiegebruik en opslag dicht bij de opwek plaatsvindt. Interne buffering binnen microgrids lijkt daardoor een logische keuze: **gedecentraliseerde energiewinning gekoppeld aan gedecentraliseerde energieopslag**. Hiermee worden overschotten en tekorten in eerste instantie lokaal opgevangen door opslag en ook wordt voorkomen dat elektriciteit over grote afstanden moet worden getransporteerd waarbij transport en transformatieverliezen ontstaan. Energieoverschot als -tekort kunnen ook (deels) worden opgevangen door flexibel gebruik.

Het huidige net in Europa en Nederland is veelal verouderd en maakt inefficiënt gebruik van duurzaam opgewekte energie. Dit komt zowel door verouderde hardware en de manier van aansturen. Door optimalisering van het distributienet (met het oog op energetische efficiëntie), kunnen energetische verliezen en dus de hoeveelheid benodigde duurzame opwek- en -opslagcapaciteit worden teruggedrongen.

Vanuit systeem perspectief is er een optimum in de mate van decentralisatie van het energiesysteem. Het is niet nodig dat elk huis alle onderdelen van een onafhankelijk opererend lokaal energiesysteem in huis heeft. Dit zou resulteren in een heel duur systeem, waarin vele materialen gebruikt worden en wat vraagt om relatief grote energetische investeringen in opbouw en instandhouding. Het zogenaamde 'overloading with energy assets' is een gevaar van decentralisatie omdat op kleine schaal er relatief meer overcapaciteit nodig is om pieken op/af te vangen.

Door samenwerking op buurt/wijkniveau kan een voorspelbaarder en robuuster systeem ontstaan (meer gemiddeld gedrag, minder invloeden van tijdelijk excessief gedrag) en is er per persoon minder overcapaciteit en opslagcapaciteit nodig. Risico's worden gespreid. Ook kan er in gedeelde systemen werk met werk worden gemaakt, schaalvoordeel worden benut en zijn er vaak meer mogelijkheden tot financiering. De benodigde energietransport infrastructuur kan echter ook op microgrid-schaal al toenemen ten opzichte van individuele oplossingen, m.n. wanneer bebouwing te veel verspreid ligt. Er is een verschil in haalbaarheid voor decentrale elektriciteit en warmte wat betreft de minimale dichtheid van bebouwing en energievraag per oppervlakte om systemen rendabel te maken. Dit omdat warmte systemen vaak duurder zijn in aanleg en er meer verliezen optreden over afstand. Het kan dus best zo zijn dat binnen een SIDES een deel van het energiesysteem op individuele schaal wordt uitgevoerd, terwijl een ander deel op microgrid-niveau wordt uitgevoerd en dat dit per inwoner en per energiesoort kan verschillen. Dit betekent niet dat individuele oplossingen niet in collectief of coöperatief verband kunnen worden uitgevoerd.

1.1.3 Eilandbedrijf

Ten tijde van stroomuitval op het centrale net kunnen microgrids overschakelen naar eilandbedrijf, ze fungeren dan als onafhankelijke energienetten. Microgrids worden al lang toegepast voor bijvoorbeeld industrie en ziekenhuizen die hun eigen noodvoorziening van energie hebben, in veel gevallen dieselaggregaten. Met de komst van hernieuwbare energiegemeenschappen neemt de interesse in microgrids op dorp- of wijkniveau toe. Om de voordelen van microgrids voor een gemeenschap ten volle te kunnen benutten is de mogelijkheid tot vrijwillig tijdelijk eilandbedrijf cruciaal. ***De term eilandbedrijf in de context van een microgrid wil zeggen dat het systeem onafhankelijk opereert,***

zonder actieve verbinding met het centrale net. Een productie-eenheid start altijd op in eilandbedrijf zodat er de mogelijkheid is tot synchronisatie met de rest van het net.

De term eilandbedrijf van gedecentraliseerde energieopwekking heeft echter een ander betekenis en wordt gebruikt om aan te duiden dat deze elektriciteit blijft leveren aan een deel van het centrale net terwijl de levering van elektriciteit uit centrales zijn uitgeschakeld. De zonnepanelen of windmolen(s) blijven in dit geval stroom leveren aan een uitgeschakelde net. Deze vorm van eilandbedrijf kan gevaarlijk zijn voor onderhoudswerkers aan het net en apparatuur, ook kan het hinderlijk zijn wanneer men elektriciteit en balans op een afgekoppeld stuk net wil herstellen. Omdat iedereen stroom terug kan leveren aan het net moeten alle gedecentraliseerde opwek voorzien zijn met anti-eilandbedrijf beveiliging. Dit betekent dat gedecentraliseerde opwek wordt afgekoppeld zodra de centrale energievoorziening wordt afgebroken. Deze afkoppeling gebeurt met zogenaamde island-inverters die kunnen meten wanneer op het centrale net de stroomtoevoer wordt afgekoppeld.

1.1.4 Gekoppeld decentraal: efficiënt, flexibel en robuust

Waar in het verleden de betrouwbaarheid van elektriciteitsvoorziening juist toenam door de aanleg van centrale infrastructuur, zorgt in de huidige tijd een toename van het aantal microgrids voor een vergroting van betrouwbaarheid terwijl de kwetsbaarheid wordt verminderd. In eilandbedrijf kunnen gebieden zonder problemen aan het lokale net of lokale opwekcapaciteit blijven functioneren, terwijl de netstroom enkel wordt uitgeschakeld in gebieden met problemen aan de elektriciteitsinfrastructuur. **Hoe beter microgrids ontworpen zijn hoe weerbaarder het systeem en hoe beter ze zowel als onafhankelijk als verbonden synergistisch systeem kunnen functioneren.** Er was een reden waarom schepen (zoals ook de Titanic) zijn opgedeeld in waterdichte gescheiden compartimenten.

Wanneer sprake is van beperkte energieopslag en opwek binnen een microgrid in eilandbedrijf kan er ook voor worden gekozen om enkel een aantal kritische functies binnen het microgrid van elektriciteit te voorzien. Door de tijdelijke afkoppeling van microgrids wordt herstel van elektriciteit (de balans) op getroffen delen van het net eenvoudiger. Kijken naar de weerbaarheid van het systeem kunnen microgrids ook een belangrijke rol spelen als het gaat om bijvoorbeeld cybersecurity. Een centraal systeem is veel kwetsbaarder dan vele losse systemen die onafhankelijk kunnen worden bestuurd.

Binnen een microgrid bestaat de mogelijkheid om lokaal opgewekte energie efficiënt te gebruiken door productie en afname te koppelen, en door minder omvorming- en transportverliezen als gevolg van transport van stroom (in beide richtingen) over honderden kilometers net. Met microgrids kan in veel gevallen ook de noodzaak voor dure verzwaring en uitbreiding van centrale infrastructuur worden weggenomen. Dit is van groot belang in dichtbevolkte gebieden waar een enorme ruimteclaim ligt op de omgeving zoals Nederland. Maar ook voor andere gebieden waar infrastructuur zich bevindt in, en ten koste gaat van, de ruimte voor natuur.

Energiemanagementsystemen binnen een microgrid kunnen worden geprogrammeerd om tot een optimale verhouding te komen tussen goedkope energieverbruik en hoge opbrengsten voor energielevering. Ook de mogelijkheid voor peer-to-peer transacties (P2P, onderlinge handel in energie/geld van deelnemers binnen het net) kunnen resulteren in een beter betaalbaar lokaal energiesysteem gestoeld op hernieuwbare bronnen. Deelnemers met energieopwekking worden binnen zo'n systeem prosumenten (=producent en consument van energie).

Als geheel kan een microgrid fungeren als een elektriciteitscentrale die ook aan het centrale net energie kan leveren wanneer de energieprijzen hoog is (schaarste) en er binnen het microgrid nog energie beschikbaar is uit opwek of opslag. Deze vorm van dienstverlening is goed voor de business case (BC) van energie coöperaties en hiermee helpen microgrids bij de netbalancing (instandhouding stabiele netfrequentie). In de omgekeerde situatie kunnen microgrids tegen laag tarief elektriciteit opnemen en opslaan in bijvoorbeeld batterijopslag of te gebruiken om met warmtepompen een warmtebuffer te vullen/ in temperatuur te verhogen. Door deze flexibiliteit wordt de BC voor lokale energiesystemen gunstig beïnvloed en worden deelnemers binnen een microgrid beschermd tegen hoge elektriciteitsprijzen als gevolg van toenemende gasprijzen of toenemende net infrastructurele kosten. Energiemanagementsystemen kunnen (naast de prijs) ook worden geprogrammeerd om het gebruik van fossiele brandstoffen en dus CO₂ uitstoot te minimaliseren, wat een positieve bijdrage kan leveren voor ons koolstofvoetafdruk.

Realisatie van microgrids schept lokale werkgelegenheid (installatie, onderhoud, bestuur...) en in geval van coöperatief beheer komen lokale energieopbrengsten ten goede aan de lokale economie. Hierover mee in de sectie over Business cases.

1.1.5 Koppeling en ont koppeling van microgrids

Een aannemelijke en logische ontwikkeling van het huidige gecentraliseerde elektriciteitsnet naar een net bestaande uit microgrids (Grid of microgrids) heeft belang bij een goede overgang van eilandbedrijf naar het centrale net visa versa door microgrids. Een naadloze overgang door slimme energy management/ controle systemen zonder onderbreking van stroomlevering of verschillen in voltage en frequentie is de sleutel tot het succes van de net van microgrids. Er zijn al veel technologieën in ontwikkeling die hiervoor van belang zijn, maar er zijn ook nog uitdagingen die moeten worden overwonnen, zoals beschreven in o.a. [5].

1.2 Inventarisatie van Lopende en afgeronde EU-projecten

2 Er zijn vele Europese projecten, zowel in uitvoering als reeds uitgevoerd, die maken hebben met SIDES. Voor dit project is er een uitgebreid scangemaakt van meer dan 200 Horizon projecten met thematiek/onderwerpen als: 'Energy', 'Increasing energy system flexibility', 'Secure, clean and efficient energy', 'Energy Sector Integration', 'Decarbonising energy systems', 'Energy Islands', 'smart grids', 'Flexibility', 'Efficient energy systems'. Er zijn 50 projecten gevonden die een sterke relatie hebben met SIDES, waarvan 22 projecten nog in uitvoering zijn, 15 in de laatste 4 jaar zijn uitgevoerd en de overige 13 projecten zijn uitgevoerd tussen 2003 en 2018. Een korte verslaglegging

Titel	Naam	Periode
<i>Demonstration of a digitized energy system integration across sectors enhancing flexibility and resilience towards efficient, sustainable, cost-optimised, affordable, secure and stable energy supply</i>	ELEXIA	2022-2026
<i>greEN Energy hUbs for local integRated energy cOmmunities optimization</i>	eNeuron	2020-2024
<i>Geographical Islands FlexibiliTy</i>	GIFT	2019-2023
<i>Holistic dEmand response Services for European residenTIAI communities</i>	HESTIA	2020-2023
<i>Hybrid coupled networks for thermal-electric integrated smart energy Districts</i>	HYPERGRYD	2021-2025
<i>IntegrAted SolutioNs for the DecarbOnization and Smartification of Islands</i>	IANOS	2020-2024
<i>Accelerating the decarbonisation of islands' energy systems</i>	ISLANDER	2020-2025
<i>Engaging communities in the future of energy</i>	LIGHTNESS	2020-2023
<i>Empowering local renewable energy communities for the decarbonisation of the energy systems</i>	LocalRES	2021-2025
<i>deMOnstration of smArt and flExible solutions for a decarboniSed energy future in Mayotte and other European islAndS</i>	MAESHA	2020-2024
<i>Next-Generation Integrated Energy Services fOr Citizen Energy CommuNities</i>	NEON	2021-2024
<i>Power and Information Integration Technologies in Microgrids</i>	PAINTING	2021-2023
<i>Renewable Energy for self-sustAinable island CommuniTies</i>	REACT	2019-2023
<i>Community-empowered Sustainable Multi-Vector Energy Islands</i>	RENegetic	2020-2024
<i>Smart integRation Of local energy sources and innovative storage for flexiBle, secure and cost-effiCient eNergy Supply ON industrialized islands</i>	ROBINSON	2020-2024
<i>Increase the Synergy among different ENERGY NETworkS</i>	SENERGY NETS	2022-2026
<i>Sustainable and Integrated Energy Systems in Local Communities</i>	SERENE	2021-2025
<i>Virtual Power Plant for Interoperable and Smart isLANDS</i>	VPP4ISLANDS	2020-2024
<i>Integrated energy solutions and new market mechanisms for an eXtended FLEXibility of the European grid</i>	X-FLEX	2019-2023
<i>Integrating community power in energy islands</i>	COMPILE	2018-2022
<i>Future tamper-proof Demand rEsponse framework through seLf-configured, self-opTimized and collAborative virtual distributed energy nodes</i>	DELTA	2018-2021
<i>Smart Distribution Grid: a Market Driven Approach for the Next Generation of Advanced Operation Models and Services</i>	DOMINOES	2017-2021
<i>eDREAM - enabling new Demand REsponse Advanced, Market oriented and Secure technologies, solutions and business models</i>	eDREAM	2018-2021

<i>Integrated multi-vector management system for Energy isLANDs</i>	E-LAND	2018-2022
<i>Keep the Energy at the right place!</i>	EnergyKeeper	2017-2019
<i>Democratizing energy markets through the introduction of innovative flexibility-based demand response tools and novel business and market models for energy cooperatives</i>	FLEXCoop	2017-2021
<i>Integrating Real-Intelligence in Energy Management Systems enabling Holistic Demand Response Optimization in Buildings and Districts</i>	HOLISDER	2017-2021
<i>Interactions between automated energy systems and Flexibilities brought by energy market players</i>	InterFlex	2017-2019
<i>Integrated Modular Energy Systems and Local Flexibility Trading for Neural Energy Islands</i>	MERLON	2019-2022
<i>Multi Utilities Smart Energy GRIDS</i>	MUSE GRIDS	2018-2022
<i>New Clean Energy Communities in a Changing European Energy System</i>	NEWCOMERS	2019-2022
<i>Unlocking European grid local flexibility through augmented energy conversion capabilities at district-level</i>	PENTAGON	2016-2019
<i>RENewAble Integration and SuStainAbility iN energy CommunitiEs</i>	RENAISSANCE	2019-2022
<i>SMart Island Energy systems</i>	SMILE	2017-2021
<i>LV DC microgrids for evolved energy communities</i>	DCNextEve	2016-2018
<i>ENERGY TO SMARTGRID</i>	E2SG	2012-2015
<i>Balancing energy production and consumption in energy efficient smart neighbourhoods</i>	E-BALANCE	2013-2017
<i>Local Electricity retail Markets for Prosumer smartgrid pOWER services</i>	EMPOWER	2015-2018
<i>Energy for a green society from sustainable harvesting to smart distribution. Equipments, materials, design solutions and their applications.</i>	ERG	2011-2014
<i>Efficient Smart systems with enhanced energy Storage</i>	E-STARS	2008-2011
<i>"MyGrid; Energy Efficient and Interoperable</i>	GREENCOM	2012-2016
<i>Smart Energy Systems for Local Communities"</i>	MICROGRIDS	2003-2005
<i>Large Scale Integration of MICRO-Generation to Low Voltage GRIDS (MICROGRIDS)</i>	MORE MICROGRIDS	2006-2009
<i>Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids - MORE MICROGRIDS</i>	P2P-SmarTest	2015-2017
<i>Peer to Peer Smart Energy Distribution Networks (P2P-SmartTest)</i>	PIME'S	2009-2014
<i>CONCERTO communities towards optimal thermal and electrical efficiency of buildings and districts, based on MICROGRIDS</i>	SENSIBLE	2015-2018
<i>Storage-Enabled Sustainable Energy for Buildings and Communities</i>	VIMSEN	2014-2017

Bijlage 2: Korte analyse van EU-projecten en uitkomsten. Door de snelle ontwikkeling op het gebied van smartgrids en microgrids, zijn de resultaten van deze 'oudere' alweer minder actueel en bruikbaar. Ook bouwen nieuwe projecten voort op de uitgevoerde projecten en kennis wordt daarmee geïntegreerd. Kennis en inzichten uit de EU-projecten is in de verschillende secties van deze rapportages gebruikt.

[BRIDGE](#) is een initiatief van de Europese Commissie dat Horizon 2020 en Horizon Europe Smartgrid, Energy Storage, Islands en Digitalisation projecten verenigt om een gezamenlijk beeld te vormen. Het BRIDGE-proces bevordert de continue kennisuitwisseling tussen de projecten, zodat zij met één stem conclusies en aanbevelingen kunnen formuleren over de toekomstige exploitatie van de projectresultaten, via vier verschillende werkgroepen die de belangrijkste aandachtsgebieden vertegenwoordigen: *'Data management'*, *'Business models'*, *'Regulations'* en *'Consumer and Citizen engagement'*

Andere plaatsen waar kennis uit verschillende EU-projecten op het vlak van energiegemeenschappen en technologische oplossingen die hiermee annex zijn wordt samengebracht op o.a.:

<https://energycommunityplatform.eu/>

<https://our-energy.eu>

<https://energy-cities.eu/>

<https://www.eranet-smartenergysystems.eu/>

<https://electrification-alliance.eu/>

<https://energycoalition.eu/>

<https://www.rescoop.eu/>

<https://generation.energy/>

<https://smarten.eu/>

2 Onderzoek naar hardware binnen SIDES

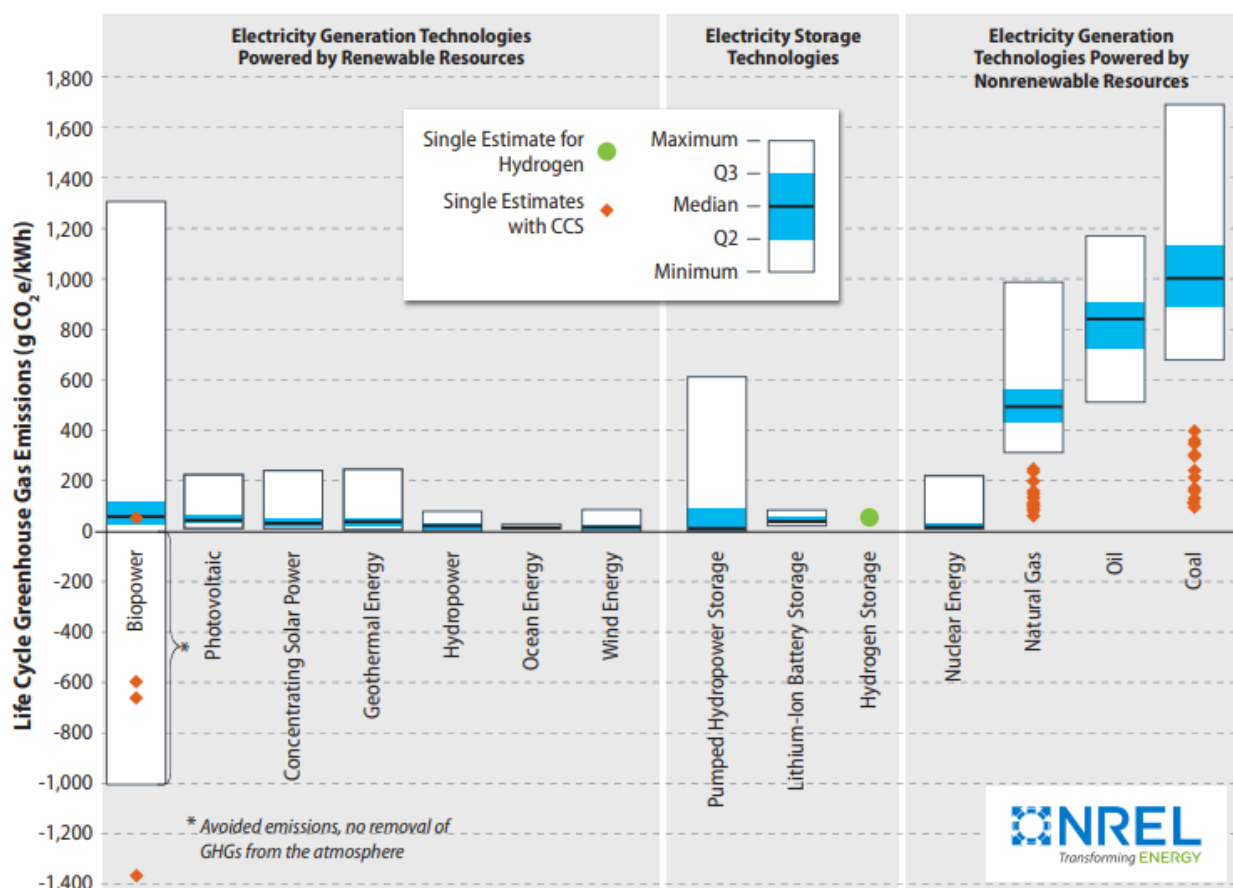
In dit hoofdstuk worden de verschillende typen hardware binnen SIDES systemen worden behandeld. Deze hardware is opgedeeld in hardware voor: 1) energieopwekking, 2) energieopslag, 3) energiegebruik binnen SIDES, en 4) voor systeemcontrole

De hardware voor systeemcontrole kan gebruikt worden om de overige hardware te controleren en flexibel in en uit te schakelen zodat optimaal gebruik kan worden gemaakt van duurzaam opgewekte energie en geprofiteerd kan worden van piek en dal tarieven op het net, zie o.a hoofdstuk 5.

Momenteel zijn energieopwekking en gebruik vaak 'ontkoppeld' en ontbreekt energieopslag (of eigenlijk vormen fossiele brandstoffen de energieopslag). Door toepassing van energieopslag en slimme aansturing kan koppeling afstemming tot stand komen, wat een groot effect op het piek- en dal verbruik vanuit het centrale net en daarmee op de benodigde infrastructuur.

2.1 Hardware voor energieopwekking

Deze paragraaf geeft een opsomming te van bestaande technologieën om energie op te wekken. Dat wil zeggen aan de omgeving te onttrekken (zon, wind, warmte...). Onderstaande figuur laat zien dat ook hernieuwbare technologie een koolstofvoetafdruk heeft. M.n. biomassa en stuwmeren kunnen nog een heel grote koolstofvoetafdruk hebben.



Figuur 7. Inschatting van de 'carbon footprint' (g CO₂e/kWh) van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare bronnen, opslag en fossiele bronnen op basis van life cycle analysis (LCA) studies. Biomassa = 52, PV = 43, CSP = 28, Geothermie = 37, Hydropower = 21, Oceaan energie = 8, Wind = 13, Pumped Hydro = 7.4, Lithium-ion = 33, waterstof brandstofcel = 38, Nuclear = 13, aardgas = 486, olie = 840, steenkool = 1001. (Bron: [NREL](https://www.nrel.gov/), 2021)

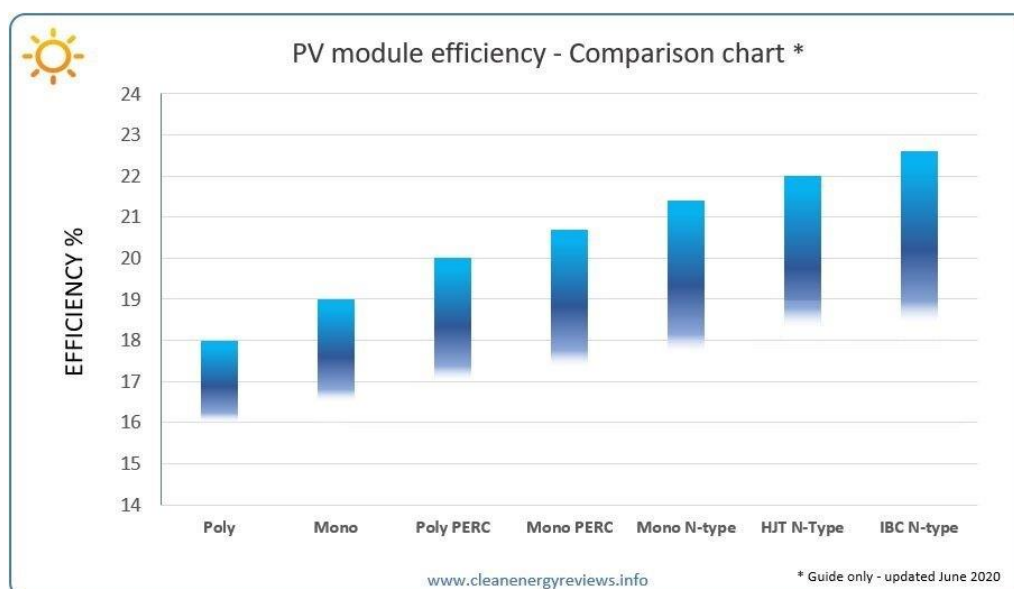
2.1.1 Zonnepanelen (elektriciteit)

PV-zonnepanelen converteren stralingsenergie (zonnestraling) naar elektrische energie. Zonnepanelen worden bijna altijd in combinatie gebruikt met een omvormer. Diverse soorten zijn mogelijk, en de efficiëntie neemt nog steeds enigszins toe met de jaren toe, hoewel er wel een stabilisatie lijkt te komen. Ook de duurzaamheid van het productieproces neemt toe. De afgedankte panelen zijn nog wel een reden tot bezorgdheid, omdat er goede recycling methoden nog niet zo wijdverspreid gebruikt worden.



Figuur 8. Zonnepaneel opbouw bestaande uit: Aluminium frame, getemperd glas, zonnecellen met coating, achter paneel en aansluitkast.

In [6] wordt een goede uiteenzetting gegeven van huidige zonnecel technologie, productie, en duurzaamheid. De efficiëntie ligt globaal tussen de 20 en 30%. Deze efficiëntie is belangrijk met het oog de grote van het benodigde oppervlak en de hoeveelheid materialen die nodig zijn. Voor particulieren is vaak het beschikbare oppervlak op een huis veel groter dan daadwerkelijk bedekt wordt met zonnepanelen, hierom zijn andere eigenschappen zoals de levensduur, materialengebruik, kosten per kW en de mogelijkheid tot hergebruik minstens even belangrijk dan efficiëntie.



Figuur 9. Efficiëntie van de diverse commercieel verkrijgbare typen PV-panelen [6].

De energie van een paneel wordt normaal gesproken door een MPPT-regelaar geconverteerd, die zorgt dat de energie optimaal van het zonnepaneel 'afgehaald' wordt. Intern wordt de spanning naar een

'intermediate spanning' gebracht die nog gelijkspanning is en vanaf die spanning naar de netspanning geconverteerd.

Een omvormer heeft soms meerdere MPPT-lussen voor meerdere groepen cellen, bijvoorbeeld een groep op de zuidkant en een groep op de noordkant of wanneer een deel van de cellen bijvoorbeeld in de schaduw is. Zelfs optimalisatie per paneel mogelijk, huidige cellen hebben soms een kleine optimalisator op het paneel zelf.

3.1.2 Zonnecollectoren (warmte)

Warmtecollectoren zijn gemaakt voor het converteren van zonnestraling naar warmte. Er zijn twee typen commercieel beschikbaar, de flat panel typen en de vacuüm tube typen. De efficiëntie is meestal hoog, veel van de invallende energie wordt omgezet naar warmte, maar de efficiëntie wordt bij deze panelen eigenlijk vooral bepaald door de thermische isolatie.

Flat panel typen hebben veel oppervlakte, zijn relatief simpel en goedkoop maar hebben een slechtere thermische isolatie waardoor ze in een koude periode met weinig zonnestraling weinig opbrengen. De invallende warmte lekt gemakkelijk weg naar de relatief koude omgeving, desondanks kan een temperatuursverhoging van enkele tientallen graden nog met gemak worden behaald in de winterzon.

De vacuümtube collector heeft een niet volledige bedekkingsgraad, er is namelijk ruimte tussen de buizen, zie ook figuur hieronder. Maar door de goede thermische isolatie heeft het ook een goede opbrengst bij koude omstandigheden en met weinig inkomende zonnestraling, zoals gedurende de Nederlandse winters. De prijs is hoger dan een flat panel type.



Figuur 10. Links, vacuüm tube paneel, rechts, flat panel collector

De warmte-energie (in de vorm van warm water, soms met een antivriesmiddel) wordt opgeslagen in een buffervat, dat vaak enige honderden tot duizenden liters groot is. Het water moet rondgepompt worden, wat elektrische energie kost. Zodra ook PV-panelen gebruikt worden hoeft dat in principe nooit netstroom te kosten, omdat beide systemen alleen werken wanneer de zon sterk genoeg is. ER zijn ook panelen waarin hitte en elektriciteit tegelijkertijd worden opgewekt, de zogenaamde PVT-panelen.

3.1.3 Windmolens

Windmolens zijn een goede methode om energie te winnen, maar moeten wel op een goede plaats staan om effectief gebruik te kunnen maken van hun capaciteit. Deze mate van effectiviteit wordt uitgedrukt in de capaciteitsfactor, welke de ratio is tussen: 1) de daadwerkelijk geproduceerde energie

en 2) de maximale hoeveelheid stroom die theoretisch kan worden opgewekt bij jaarronde belasting op maximaal vermogen. Op goede plekken (kust, zee) is deze capaciteitsfactor zo rond de 0,3-0,4. De energielevering is wisselend doordat de wind meestal niet constant in kracht is over een dag, net zoals bij PV-panelen. Momenteel worden windmolens alleen nog op grote schaal in windparken toegepast. Op wijkniveau zou dit ook een mogelijkheid zijn, maar door overlast en doordat het niet overal toegestaan is dit toch een minder makkelijke toepasbare methode. Op kleine schaal is dit nog lastiger, bij een stedelijke bebouwing is er vaak wisselvallige wind en overlast door geluid en beweging. Plaatsing op een mast is een goede optie, maar de overlast blijft een probleem. Technisch gezien wordt ook vaak een optimum power regeling gebruikt, en een noodrem om de generator stil te leggen bij storm. Deze optie is lastig, maar wel interessant voor sommige gebieden. Vergt nader onderzoek naar de toepasbaarheid.

3.1.4 Generatoren

Er kan gebruik gemaakt worden van generatoren op basis van een verbrandingsmotor om te voorzien in de elektrische of warmte-energie. De generatoren kunnen draaien op gas, benzine of dieselolie, en wellicht op andere (bio)brandstoffen. De generator kan gekoeld worden met water, dat op zijn beurt gebruikt kan worden als verwarming. De elektrische energie kan gebruikt worden om een warmtepomp aan te drijven, maar een warmtepomp zou ook direct aangedreven kunnen worden met de verbrandingsmotor.

Als grof rekenvoorbeeld zou je kunnen zeggen dat een goede stationaire dieselmotor 40% van de dieselenergie om kan zetten naar bewegingsenergie. Soms kan dat nog hoger. Zodra een warmtepomp direct aangedreven wordt dan kan van die 40% bewegingsenergie met een COP van 5 dus $0.4 \cdot 5 = 2$ maal de normale verbrandingswarmte plus 60% van de verlieswarmte van de motor gebruikt worden voor verwarming. In totaal dus 2.6 maal zoveel warmte als wanneer de diesel gewoon verbrand wordt in bijvoorbeeld een kachel. Dit is een optimistisch getal, maar wel haalbaar. Het vereist een mechanische koppeling met de warmtepomp, zoals bij een airconditioningssysteem in een auto. Ook kan de mechanische energie gebruikt worden voor het opwekken van elektriciteit. Een kleine dieselmotor (4kW) zou gemakkelijk een huis kunnen voorzien van energie en warmte, zolang de piek in het elektriciteitsgebruik niet te hoog ligt.

3.1.5 Elektriciteitsopwekking door energiebedrijven

Alle hierboven beschreven opwekkingsmethoden hebben ook nadelen, m.n. benodigde ruimte en materialengebruik, en de conversie van energie gaat altijd gepaard met verliezen. Dat is ook het geval bij centrales commerciële energieleveranciers. De efficiëntie voor het verbranden van steenkool en omzetten naar elektriciteit is rond 37% en voor gasgestookte turbines rond 60%. Deze efficiënties zijn afhankelijk van de intensiteit van gebruikt. Wanneer er door een toenemende variabele opwek een meer variabel opwek patroon nodig is (aan bij energietekort en uit bij zon en wind) dan gaat dit ten koste van de efficiëntie. Er is ook nog transportverlies: 1% tot 2% in de transformator en 4% in transmissie. Grofweg kun je dus stellen dat de efficiëntie van een energiebedrijf bij niet groene opwekking ca 50% is voor gasgestookte centrales (die de minste uitstoot hebben) en 30% voor kolencentrales.

Wanneer je dat doortrekt naar elektrische verwarming (uit een gascentrale) dan moet een warmtepomp dus minstens een COP van 2 hebben wil het duurzamer zijn dan het gebruik van gas, en minstens een COP van 3 bij het gebruik van kolen. Namelijk bij het verbranden van gas in een cv-

installatie kom je dicht bij de 100% warmte-efficiëntie, zodra je een straalkachel aanzet is er wel 100% omzetting van elektriciteit in die straalkachel, maar die energie is met ~50% efficiency (~33% voor kolen) opgewekt. Netto is een straalkachel dan minder efficiënt, maar het moge duidelijk zijn dat een warmtepomp niet altijd zo goed is voor de omgeving als het imago ervan.

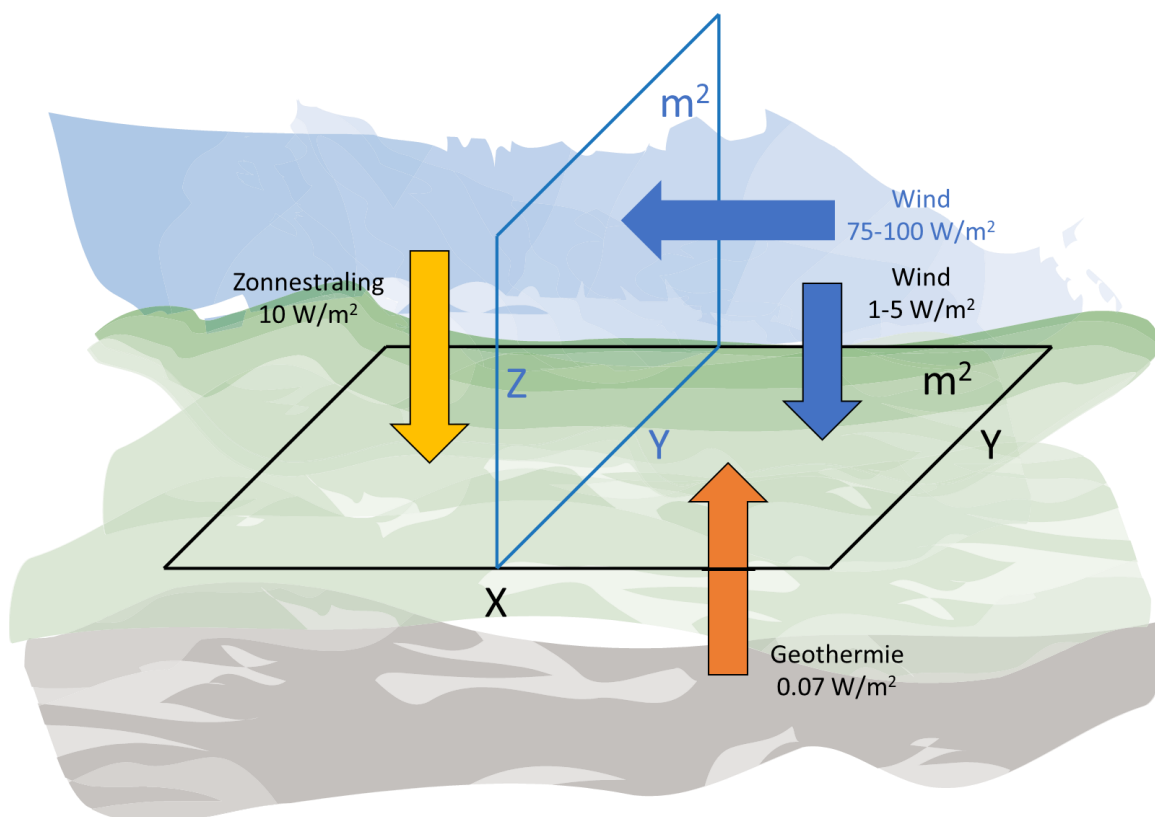
In essentie betekent dit dat het afschaffen van kolengestookte centrales belangrijker is dan het afschaffen van het gebruik van gas in de duurzaamheidsvraag.

De omgerekende uitstoot van kolencentrales ligt tussen de 660 en 1050 g CO₂/KWh, de omgerekende uitstoot van gascentrales ligt tussen de 380 en 1000 g CO₂/KWh. De omgerekende uitstoot van nucleaire energie ligt slechts tussen de 3 en 35 gCO₂/KWh (CBS, 2018). Nucleaire energie is dus veruit het de beste keus voor elektriciteitsopwekking met het oog op CO₂ uitstoot. Wel komt er een (relatief kleine) hoeveelheid gevaarlijke stoffen vrij die goed opgeslagen moeten worden voor lange tijd (100-1000en jaren) en is er altijd een gevaar voor radioactieve straling.

3.1.6 Opwekking in vermogensdichtheid (W/m²) van verschillende energiebronnen

Duurzame energiebronnen zijn rondom aanwezig maar voor het 'vangen en oogsten' van deze energie is ruimte nodig. Deze ruimte komt tot uitdrukking in de vermogensdichtheid van energiebronnen. Hoe lager deze vermogensdichtheid hoe groter het gebied moet zijn waar energie wordt opgewekt. Dit betekent vaak ook meer infrastructuur, materialen en het is van invloed op de uitvoerbaarheid en betaalbaarheid van energieoplossingen. De grondprijs en aanwezige ruimte hebben dus invloed op de hardware keuze. Ook zal het effect op de omgeving mee moeten worden genomen. Bio-energie vraagt om grote oppervlaktes grond, en heeft dus een aanzienlijke impact op de omgeving, waarschijnlijk meer dan zon op land. Dit is allicht contra-intuïtief.

De energiestroom van de zon en de aardkern is haaks op het aardoppervlak, het oppervlak in de vermogensdichtheid (W/m²) refereert dan ook naar het aardoppervlak. Wind beweegt zich parallel aan het aardoppervlak. De energiestroom stroomt dus door een vlak dat parallel aan het oppervlak ligt. De richting van de energiestromen is aangegeven in Figuur 11. In deze figuur is voor wind ook het vermogen per aardoppervlakte aangegeven, deze is vele malen kleiner dan het vermogen in de richting van de wind.



Figuur 11. De energieflex van zon en geothermie is gedefinieerd als zijnde loodrecht op het aardoppervlak, x-y vlak. Wind waait parallel aan het aardoppervlak, door het y-z vlak (in blauw) en moet worden vertaald naar het x-y vlak om de ruimtelijke beschikbaarheid van energie vast te kunnen stellen. De vermogensdichtheid van zon, wind en geothermie voor Fryslân is aangegeven bij de pijlen (afbeelding: Galama Sustainable Solutions, 2021).

Ook de energievraag kan worden uitgedrukt als een vermogensdichtheid. Voor Nederland is deze op basis van het primaire energieverbruik van Nederland in 2019 (63,5 MTOE; Eurostat 2021) ongeveer $2,0 \text{ W/m}^2$. Echter, dit getal is gebaseerd op het energieverbruik binnen Nederland en neemt de ingebodde energie in geïmporteerde producten en biomassa mee. De werkelijke energieconsumptie per tijdseenheid en oppervlakte Nederland is hierdoor hoger. In dunbevolktere regio's zoals Fryslân is de energievraag per oppervlakte lager. Het Friese energieverbruik is ca. 17,8 TWh/jaar (2 GW). De oppervlakte van Fryslân is $3.335,62 \text{ km}^2$ land en $2.415,15 \text{ km}^2$ water. De verbruiksvermogensdichtheid van Fryslân komt daarmee op $0,35 \text{ W/m}^2$ 'land en water' en $0,60 \text{ W/m}^2$ 'land'. In Tabel 1 is een overzicht gegeven van de vermogensdichtheid van verschillende natuurlijke energiebronnen.

In de onderstaande tabel is een inschatting gegeven van de vermogensdichtheid van hernieuwbare energieopwekking technologieën in Fryslân. Dit is afgezet tegen de benodigde energie in Fryslân om e.e.a. in perspectief te plaatsen.

Tabel 1. Inschatting van de beschikbaarheid van hernieuwbare energiebronnen in Fryslân. Ter referentie, de totale Friese energievraag in 2019 bedroeg volgens het CBS ca. 64 PJ. (Bron [7])

Natuurlijke Energiebronnen Fryslân	Primaire Energiedrager	Vermogensdichtheid W/m ²	Winbaar Energetisch Potentieel (PJ)	Rendabel te winnen voor 2050
Zon - PV	Elektriciteit	10-11	>100%, gelimiteerd door ruimtelijke inpasbaarheid en netcapaciteit	Ja
Zon - T	Warmte	55-60		Ja
Wind	Elektriciteit	2-4		Ja
Golven	Elektriciteit	1-2	10	Niet waarschijnlijk
Zoutgradiënt	Elektriciteit	n/a	3,4	Mogelijk, (baseload mag meer kosten qua productie)
Getijden (verval)	Elektriciteit	n/a	0,03 – 0,04	Deels
Getijden (stroming)	Elektriciteit	1-3	1,3	Niet waarschijnlijk
Geothermie	Warmte	0.07	12,7	Ja (locatie specifiek)
	Elektriciteit	n/a	<0,5	Niet waarschijnlijk
Biomassa	Brandstof (s/l/g) -> Warmte	<0,5	<4,6	Deels
Omgevingswarmte (water, lucht, bodem)	Warmte	n/a	>100%, voor laagwaardige warmte	Ja

2.2 Opslagmethoden

Opslag van energie is een interessante manier om overschotten van energie uit te middelen met perioden van hogere vraag. Batterijen/ accu's zijn een voor de hand liggende mogelijkheid, maar er zijn ook een aantal nadelen, zoals de kosten, de duurzaamheid van het productieproces en de soms lage 'roundtrip' efficiëntie (over de volledige cyclus van opladen en ontlading). In de onderstaande secties is een overzicht gegeven van de belangrijkste opslagmethoden.

2.2.1 Batterijen (accu)

Bij energieopslag wordt er vaak gedacht aan elektrische energieopslag in batterijen. Dit is natuurlijk mogelijk, maar gebruik van accu's betekend 'slijtage' en de daar bijbehorende dalende capaciteit van een accu. Om de volledige dag behoefte van een gezin op te kunnen slaan is een behoorlijke accu nodig. Voor een tussenwoning is dat jaarlijks 3000 kWh (CBS, 2018), en dat zou per dag ongeveer 10 kWh zijn (met toenemende elektrificatie van verwarming en vervoer neemt dit toe). Stel dat 5 kWh hiervan opgeslagen moet worden dan betekent dat een accucapaciteit van 5 kWh minimaal. De prijs per kWh lag in 2021 tussen de 100 en 500 euro per kWh. Accu's gaan vaak wel 5000 cycli mee, wanneer elke dag 1 cyclus van laden en ontladen wordt doorlopen betekend dat 5000 dagen, meer dan 10 jaar. Dan zijn de jaarlijkse kosten voor een 5 kWh batterij dus minder dan 50-250 euro. De opslagcapaciteit is alleen berekend op een dag cyclus, niet op weekcycli bijvoorbeeld. Voor een lagere tijd overbrugging is natuurlijk een grotere accu nodig. Seizoensopslag vereist een dermate grotere accu dat het niet meegenomen wordt in de meeste beramingen. Hoe langer elektriciteit wordt opgeslagen in een accu, hoe meer verliezen er optreden door zelfontlading (orde 5-10% per maand).

2.2.2 Flowbattery

In een flowbattery wordt in een elektrochemische cel met een geladen semi-doorlaatbaar membraan een elektrisch potentiaalverschil (V) omgezet in een chemisch potentiaalverschil. Op deze manier kan elektriciteit worden opgeslagen als een hoge concentratie geladen deeltjes (ofwel hoge concentratie anionen, of kationen) in een vloeistof. Aan de ene kant bevindt zich het anoliet, aan de andere kant het katoliet. Tussen deze twee elektrolyten is een groot verschil in concentratie van anionen en kationen. De opslag van elektrolyt is relatief goedkoop, de efficiëntie is vaak redelijk goed (80%) en een groot voordeel is dat er door strikte scheiding van anoliet en katoliet geen zelfontlading optreedt.

Een voorbeeld van flowbatterijen is de '[aquabattery](#)' waar als elektrolyt zout water gebruikt wordt. Dit betekent dat er geen 'milieugevaarlijke' stoffen hoeven te worden gebruikt zoals vaak het geval is in huidige generaties batterijen. Wel heeft deze oplossing membranen nodig en elektroden, deze laatste bevatten vaak ook kostbare metalen, zoals iridium of platina. Het elektrolyt van deze cel kan zonder gevaar worden rondgepompt en worden opgeslagen in grote tanks of ondergrondse reservoirs. Hiermee zou seizoensopslag mogelijk kunnen zijn. Er zijn ook flow cellen, die hoger efficiëntie behalen dan de waterbatterij, maar waarin giftige of gevaarlijke stoffen worden gebruikt.

2.2.3 Waterstof

Een andere optie voor energieopslag is te vinden in waterstofgas. Waterstof kan verbrand worden of met een brandstofcel omgezet worden in elektriciteit. Een elektrische efficiëntie om van elektriciteit waterstof te maken van ~70% is te verwachten en allicht nog (iets) hoger met ontwikkelingen in het veld. De omzetting van pure waterstof naar elektriciteit is tenminste 60% met brandstofcellen, welke bij verhoging van cel temperatuur (met honderden graden Celsius) neemt deze efficiëntie toe tot wel >80%[8]. Verwarming kost natuurlijk energie. Als roundtrip efficiëntie voor elektriciteit-waterstof-elektriciteit, kan voor nu ca. $0,7 \cdot 0,6 \cdot 100\% = 42\%$ worden aangehouden. Het wordt verwacht dat die totale efficiëntie zal stijgen nu er veel onderzoek en ontwikkeling plaatsvindt op het gebied van brandstofcellen en bijv. nano-materialen. Waterstof kan wel goed gebruikt worden als energietransporteur vanaf windmolens uit grote windmolenparken. De windmolens 'leveren dan waterstofgas' in plaats van elektriciteit. Door efficiëntie is echter vrij laag in vergelijking met directe elektriciteitsopwekking, maar waterstof kan wel redelijk gemakkelijk opgeslagen worden. Een combinatie zou technisch een goed alternatief kunnen zijn: elektriciteit wanneer direct behoefte is en waterstof wanneer er geen vraag naar elektriciteit is.

2.2.4 Andere opslagmethoden

Energie kan op vele manieren worden opgeslagen. In dit hoofdstuk zijn de 'populairste' methoden genoemd. De grootste schaal van opslag van elektrische energie vindt echter nog steeds plaats door het oppompen en opslaan van water in stuwwerken. Elke omzetting van elektriciteit naar een stabiele vorm van energievastlegging met de mogelijkheid om terug elektriciteit te vormen kan worden gezien als energieopslag. Energieopslag kan worden onderverdeeld in mechanische, elektrochemische, elektrische, chemische en thermische technologieën. Hoe kleiner de verliezen tijdens de transformatie: elektriciteit → ... → elektriciteit, hoe efficiënter de technologie.

Daarnaast is de functie van de energieopslag van belang. Wordt deze gebruik voor het behouden van een constante netspanning (opslagduur seconden – minuten), als overbruggingsvermogen (minuten – uren), voor energiemangement (uren – dagen) of als seizoensopslag of langdurige energieopslag (maanden – jaren). Met de verdergaande verduurzaming van verwarmingssystemen en elektrificatie

van het energiesysteem als geheel wordt ook de (seizoens)opslag van energie in warmte steeds vaker toegepast. Dit is een relatief goedkope manier van energieopslag in vergelijking met opslagmethoden om opnieuw elektriciteit beschikbaar te kunnen maken. In Tabel 2 is een overzicht van beschikbare en toekomstige energieopslagsystemen gegeven.

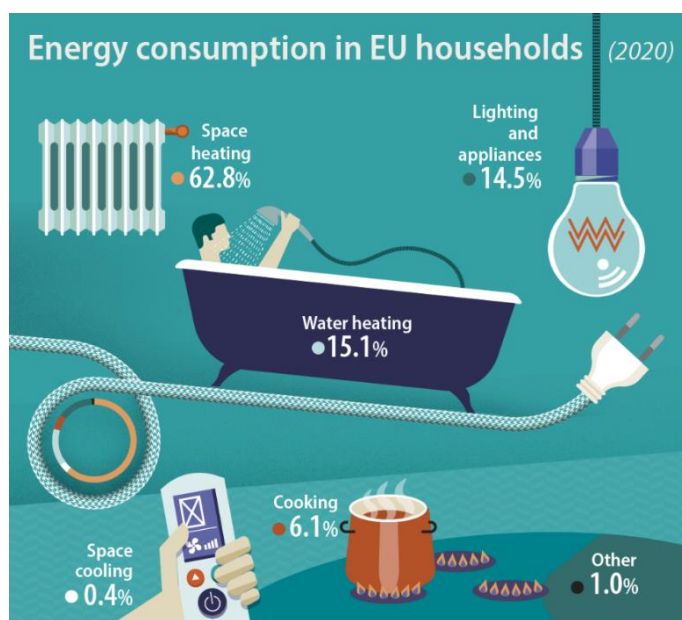
Tabel 2. Overzicht van beschikbare en toekomstige (energie)opslagsystemen.

Elektrisch	Chemisch	Elektrochemisch
<p>Principe: In elektrisch of magnetisch veld (bv. met magneten en condensatoren)</p> <p>Kenmerken: Vooral geschikt voor handhaving spanningskwaliteit en kortstondige opslag</p>	<p>Principe: Elektriciteit om te zetten naar chemische energie (bv. Waterstof of ammoniak)</p> <p>Kenmerken: Inefficiënt, maar wel geschikt voor langdurige opslag.</p>	<p>Principe: Elektriciteit omzetten naar elektrochemische energie (bv. in batterijen)</p> <p>Kenmerken: Geschikt voor overbruggingsvermogen</p> <p>Opmerkingen: Veel onderzoek en ontwikkelingen</p>
Mechanisch - beweging	Mechanisch - druk	Mechanisch - potentie
<p>Principe: Kinetische energie (bv. vliegwiel)</p> <p>Kenmerken: Duur, veelal gebruikt voor opslag van korte duur, lage capaciteit en benodigd kortstondig hoog vermogen.</p>	<p>Principe: Gecomprimeerde lucht</p> <p>Kenmerken: Druktank, zoutcaverne of onderwatertank nodig. Geschikt voor opslag grote hoeveelheden energie, maar nog relatief duur.</p> <p>Opmerkingen: Toegepast voor overbruggingsvermogen en energiemangement</p>	<p>Principe: Omhoog gepompt water</p> <p>Kenmerken: Stuwmeer of ondergrondse reservoirs nodig.</p> <p>Opmerkingen: Wordt nog onderzoek gedaan naar gebruik ondergrondse reservoirs, waarbij momenteel nog erg hoge kosten zijn m.n. voor omlaag brengen water. Ook zijn er concepten van valmeren in de Noordzee.</p>
Thermisch - MS	Thermisch - PCM	Thermisch
<p>Principe: Gesmolten zout</p> <p>Kenmerken: Zeer goede isolatie nodig. Uitdagingen efficiëntie en hoge kosten gebruikte materialen.</p>	<p>Principe: Fase veranderende materialen</p> <p>Kenmerken: Zeer goede isolatie nodig. Uitdagingen efficiëntie en hoge kosten gebruikte materialen.</p>	<p>Principe: Warmte/koude opslag</p> <p>Kenmerken: Zeer goede isolatie nodig. Grote ruimten nodig, ondergronds is enkel economisch rendabel op grotere schaal.</p>

2.3 Energievraag

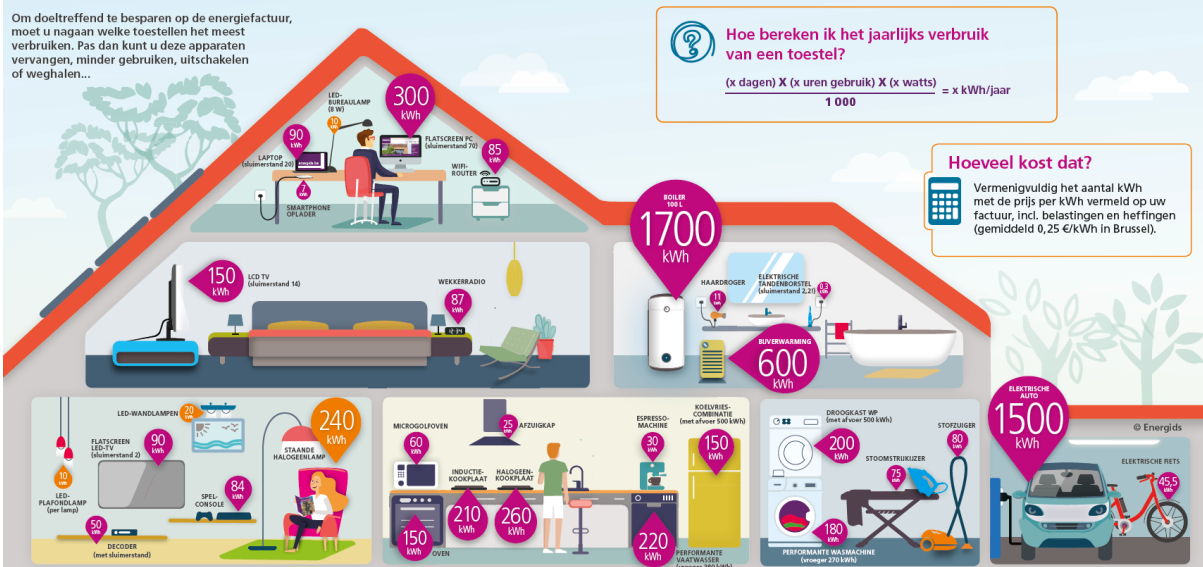
In deze sectie wordt de energievraag van huishoudens behandeld en kort ingegaan op de categorieën en apparatuur met het hoogste energieverbruik. Het zijn deze apparaten die in een SIDES zullen moeten worden gecontroleerd om tot effectief en efficiënt energiemanagement te komen.

Grofweg kan de energievraag van huishoudens verdeeld worden in energie voor warmte (ruimteverwarming en warmwatervoorziening), huishoudelijke apparatuur, en elektrisch vervoer. Deze indeling maakt een logische opzet mogelijk naar energiegebruik en opslagmethoden. Het relatieve aandeel van verschillende vormen van energieverbruik in het totale energieverbruik van Europese burgers is weergegeven in Figuur 12. In Figuur 13 wordt het gemiddelde energieverbruik van apparaten in huishoudens getoond. Wat duidelijk naar voren komt is dat met name verwarming, vervoer als grootste energieverbruik naar voren komt. Het zijn ook juist deze energieverbruiken die nu in hoog tempo worden geëlektrificeerd. Van het huishoudelijk energieverbruik zijn met name verlichting en de keuken grootverbruikers. Maar ook computers, internet, tv en audio met alle randapparatuur gebruiken een significantie hoeveelheid energie.



Figuur 12 procentueel aandeel verschillende vormen van energiegebruik in Europa, (Eurostat, 2020).

Elektrische toestellen : hoeveel verbruiken ze jaarlijks?



Figuur 13. Het energieverbruik van verschillende huishoudelijke apparaten (Energids.be, 2020).

2.3.1 Warmtevraag:

Voor warmte wordt in Nederland het meest gebruik gemaakt van een gasgestookte centrale verwarming of CV. Deze ketels verbranden gas en gebruiken de warmte om water te verwarmen op een zo efficiënt mogelijke manier. Het warme water wordt gebruikt voor de kraan, en voor verwarming van het huis. Er zijn combinaties mogelijk met warmtepompen, waarbij de efficiëntie veel hoger komt te liggen. Een Hre ketel produceert zelfs ook nog elektriciteit. Wat eigenlijk nog mist in dit rijtje is een ketel die in eerste instantie elektriciteit maakt of direct een warmtepomp aandrijft en de restwarmte daarvan gebruikt om (voor) te verwarmen.

Onderstaand een overzicht van de rendementsklassen van een CV

Soort ketel	Rendement	Prijs
HR ketel	Rendement 100% -107% aansluiting op riool gebruikt energie	Solo € 1000 – € 2500 Combi € 1800 – € 3000
UHR ketel	Rendement 140% – 147% met warmtepomp, geen riolaansluiting gebruikt energie	Solo € 1500 – € 26000 Combi € 1800 – € 3000
Hre ketel	Rendement +++100% bij >1.600 m ³ gas werkt op generator wekt energie op	€ 8000 – € 12.000

Uit: <https://cv-kosten.nl/hoogrendementsketel/>

Bij de rendementsberekeningen door producenten wordt bijna altijd uitgegaan van de bovenwaarde van de verbranding van het gas, dit is niet per se een eerlijke vergelijking.

3.1.6.1 *Onderste en bovenste verbrandingswaarde*

In het bovenstaande voorbeeld is er aan het eind van de reactie vloeibaar (gecondenseerd) water. Indien het eindproduct waterdamp is, scheelt dit in de uitkomst. Het verschil is de verdampingswarmte van water dat door condensatie vrijkomt. Technisch is dit van groot belang. Bij veel chemische processen (bijvoorbeeld verbranding) bevatten de uitlaatgassen een grote hoeveelheid waterdamp. Als deze waterdamp door de schoorsteen wordt afgevoerd gaat veel energie verloren. Er wordt bij die verbrandingsprocessen dan vaak gesproken over de onderste en bovenste verbrandingswaarde, waarbij de onderste verbrandingswaarde de energieopbrengst betreft, waarbij het water als waterdamp aanwezig is, dus zonder de condensatie-energie, en de bovenste verbrandingswaarde de opbrengst betreft, waarbij het water als vloeistof aanwezig is, dus met de condensatie-energie. De bovenste verbrandingswaarde is dus altijd minimaal net zo groot als de onderste verbrandingswaarde en in de praktijk altijd hoger. De hoeveelheid energie die maximaal kan worden aangewend na verbranding is de energie die aangegeven wordt met de bovenste verbrandingswaarde. In Europa (technische instituten) is het echter gebruikelijk om het rendement te bepalen ten opzichte van de onderste verbrandingswaarde.

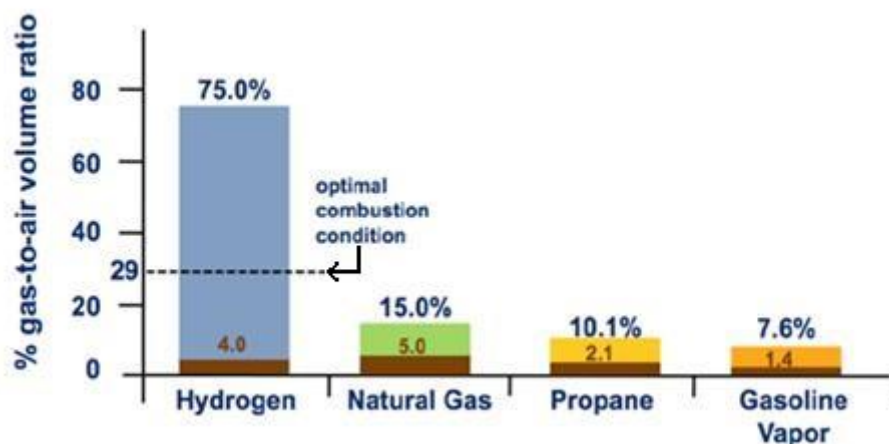
Men spreekt ook wel van de energetische bovenwaarde, bruto stookwaarde of verbrandingswaarde (H_b). Er is ook een energetische onderwaarde, ook (netto) stookwaarde (H_o) genoemd. Dit is de warmte die vrijkomt bij verbranding zonder de condensatiewarmte van de verbrandingsgassen mee te rekenen. Dus:

Bovenwaarde = onderwaarde + condensatiewarmte

Voor standaard Nederlands aardgas bijvoorbeeld is de bovenwaarde 35,17 MJ/m³ en de onderwaarde 31,65 MJ/m³. De condensatiewarmte bedraagt dus ca. 10% van de bovenwaarde. Het rendement op basis van de bovenwaarde is hierdoor ook zo'n 10-11% hoger dan het berekende rendement op basis van de onderwaarde. Dat hoogrendementsketels een rendement van meer dan honderd procent kunnen halen komt doordat volgens de Europese richtlijnen het rendement van een ketel bepaald wordt met behulp van de onderste verbrandingswaarde. Doordat een HR-ketel de energie uit de waterdamp terugwint, kan deze een hoger rendement halen. Praktisch zit het rendement eerder op 90-96%.

2.3.2 **Waterstof voor centrale verwarming**

Er zijn veel projecten gericht op het maken van waterstof uit water met 'overtollige' elektriciteit en de waterstof vervolgens te verbranden in een CV ketel. Zoals besproken heeft de CV ketel geen echt rendement van 100% efficiëntie. Omzetting van elektrische energie naar waterstof is maximaal richting 70%. De vraag is hoe de efficiëntie van de CV ketel beïnvloed wordt door omschakeling van aardgas naar waterstof. Optimale verbranding van waterstof gebeurt bij 29% waterstof-lucht ratio. Voor aardgas is dat 15% en voor propaan ca. 10%. De verwachting is dat de uitstroom van gassen dus groter is en daardoor wellicht het rendement wat lager.



Figuur 14. Optimaal gas-lucht verhouding bij verbranding. (Bron: H2tools.org)

Stel dat een CV ketel volledig op waterstof kan werken, dan is er een warmteverlies van een paar procent bij de verbranding die uitgestoten wordt. Bij het elektrisch produceren van waterstof kan de restwarmte die daarbij vrijkomt (minimaal 30-40% van de totale energiebehoefte) teruggewonnen worden, bij de verwarming van een huis hoeft dat dus niet per se een verliespost te zijn zolang de waterstof generator maar binnenshuis staat en de verlieswarmte de ruimte verwarmd. Bij aanvoer van waterstof dat op zee is geproduceerd is deze warmte wel verloren energie.

Wanneer verlieswarmte nuttig besteed kan worden (door bijvoorbeeld te gebruiken voor verwarming van ruimten) kan men denken dat waterstof een heel efficiënte technologie voor verwarming kan zijn, met een lage verlieswarmte. Echter een gewone elektrische straalkachel heeft nog steeds een hoger rendement, namelijk 100% van de elektrische energie met een veel eenvoudigere technologie. Wel mist deze technologie de kwaliteit van energieopslag dat waterstof wel heeft, maar deze kwaliteit is niet aanwezig in de restwarmte die vrijkomt bij waterstofproductie, deze moet instantaan worden gebruikt of worden opgeslagen in een thermische buffer.

3.1.6.2 *Electrische warme lucht kachel*

Deze kachels zijn met een elektrische warmtespiraal en soms met een ventilator uitgerust. In principe is het elektrische rendement 100% d.w.z. alle elektrische energie wordt in warmte omgezet. Dit lijkt in orde, maar een warmtepomp heeft een veel grotere efficiëntie voor dit doel, namelijk 300-500 %. Daarom is dit niet een duurzame oplossing, maar wel een praktische oplossing voor kortdurende situaties bijvoorbeeld. Standaard vermogens liggen tussen de 1000 en 2000 watt.

3.1.6.3 *Infrarood panelen.*

Deze panelen geven stralingswarmte, en verwarmen eigenlijk alleen dat waar het paneel op gericht is. Het vermogen is veel lager dan een straalkachel, vaak een factor 10-20 lager. Voor grote ruimtes met weinig mensen is dit vaak een hele goede oplossing, om zo alleen lokaal te verwarmen. Denk hierbij aan grote monumentale panden, zoals kerken en overheidsgebouwen, maar ook een werkplaats in een grote opslagloods.

3.1.6.4 *Stadswarmte*

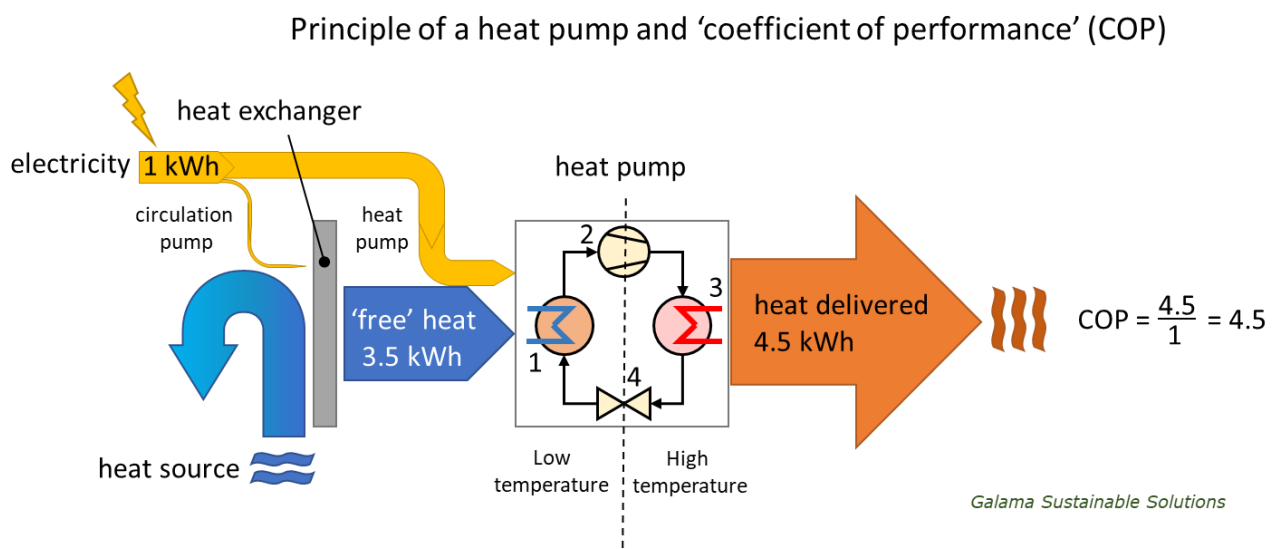
Stadswarmte, ook wel stadsverwarming genoemd, is een manier om gebouwen en huizen in steden te verwarmen door middel van warm water dat wordt geproduceerd door een centrale bron. Deze warmte komt bijvoorbeeld uit een warmtekrachtkoppelinginstallatie (WKK) die zowel elektriciteit als

warmte produceert. Ook kan er restwarmte worden gebruikt uit industriële processen of datacenters. In plaats van dat elke woning of gebouw individueel wordt verwarmd, wordt warm water door een netwerk van buizen naar verschillende gebouwen in de stad getransporteerd. Deze warmte is op dit moment bijna altijd afkomstig van processen waar fossiele brandstoffen worden verbrand.

Stadswarmte heeft als voordeel dat het efficiënter is dan individuele verwarming, omdat het mogelijk is om restwarmte te gebruiken die anders verloren zou gaan. Ook kan het bijdragen aan de vermindering van CO₂-uitstoot als de bron van de warmte afkomstig is van hernieuwbare energiebronnen.

3.1.6.5 Warmtepompen

Warmtepompen hebben een grotere elektrische efficiëntie dan directe elektrische verwarming door bijvoorbeeld een straalkachel. De opbrengst is vaak een factor 4 tot 6 hoger. De warmte wordt niet uit het 'niets' gemaakt, maar uit de omgeving gehaald (bodemwater, oppervlaktewater of lucht). Het is dus omgevingswarmte die onttrokken wordt. Het grondwater is bijvoorbeeld ca. 10 graden in de winter. Water heeft een hoge warmtecapaciteit (1,16 kWh/m³ °C), dit betekent dat voor elke kubieke meter water die wordt afgekoeld met een graad Celsius 1,16 kWh energie vrijkomt. Uit water is dus veel energie te onttrekken, dit gebeurt met een warmtewisselaar en een warmtepomp. Deze pompen verbruiken elektriciteit (de input) en leveren dus geconcentreerde omgevingswarmte (output). De omgeving koelt hierdoor enigszins af.



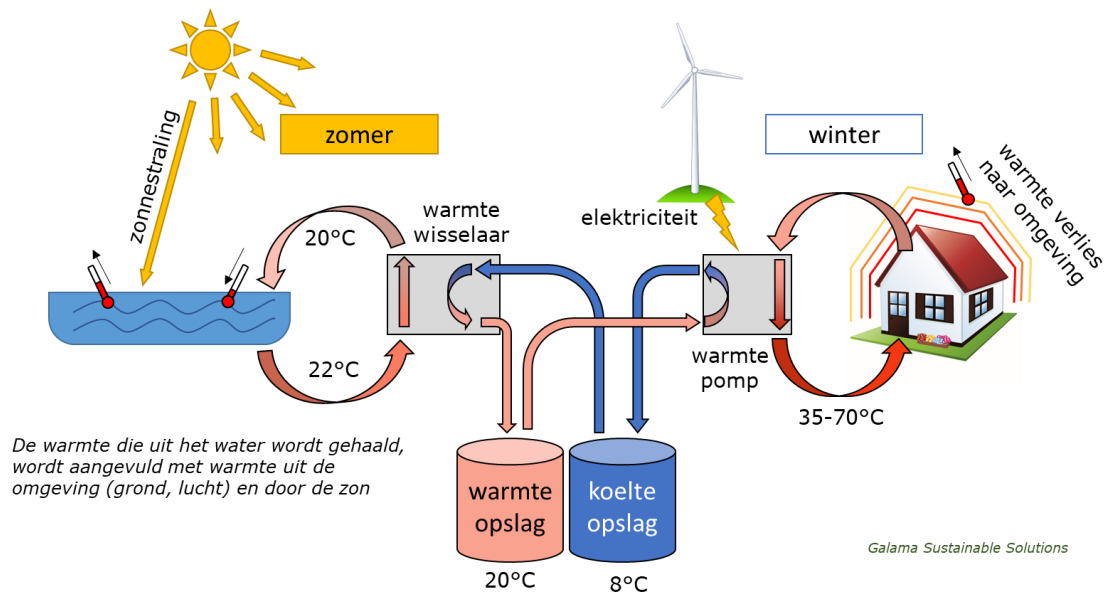
Figuur 15. Principe van een warmtepomp met COP van 4.5 (Bron Galama Sustainable Solutions, 2022)

Een koelkast of vriezer heeft ook een warmtepomp, maar dan juist om de binnenkant kouder te maken. Hoe groter het verschil tussen de twee temperaturen (de koude kant en de warme kant) hoe minder efficiënt dit proces verloopt en hoe lager de COP wordt.

Een efficiënte luchtgekoelde warmtepomp (ofwel een airconditioning) heeft een COP van 2.2 bij -20 graden buitenlucht, en rond 4 bij het vriespunt. Dit is echter het geval wanneer lage temperatuur warmte (~30 °C) kan worden afgegeven aan het huis, wanneer het huis verwarmd wordt met ~70 °C warmte zullen deze efficiënties lager liggen. Bij een systeem dat de restwarmte uit de grond gebruikt ligt dat een stuk hoger: tussen de 4 en 7 en bij een oppervlaktewater systeem is dit vaak nog iets hoger, door betere uitwisseling van warmte met oppervlaktewater dat stroom t.o.v. bodemwarmte dat

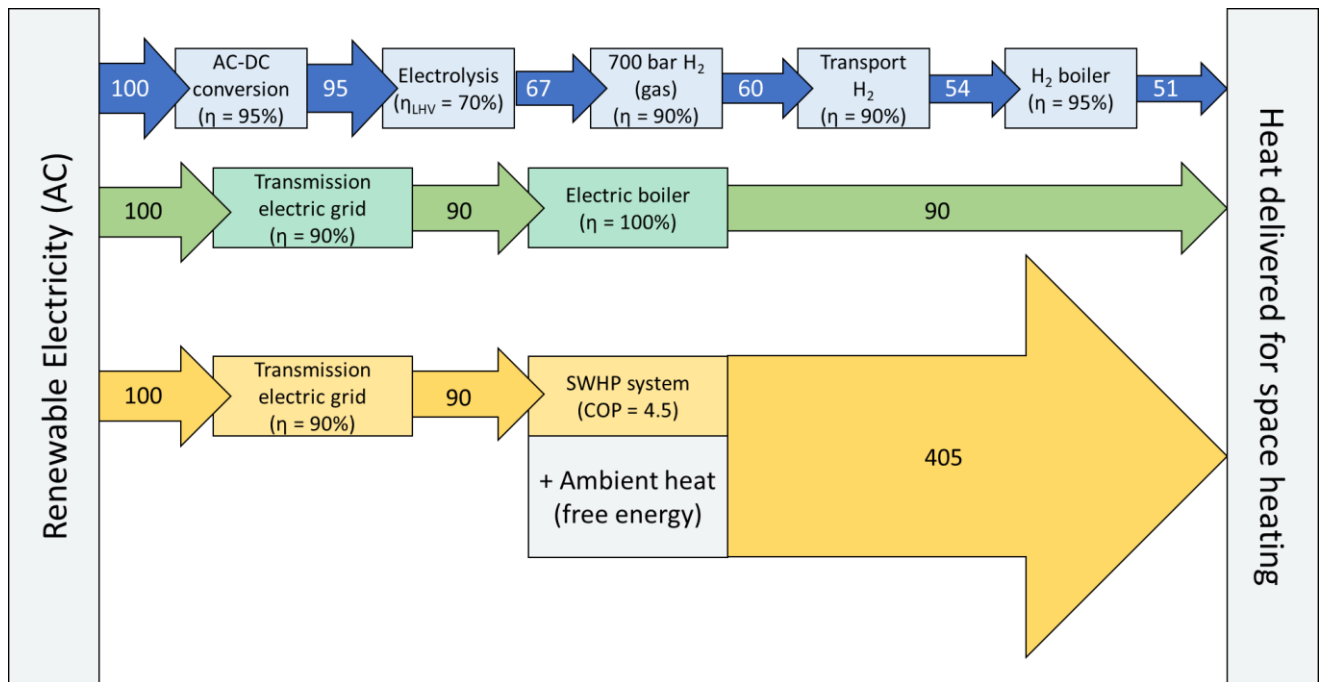
stilstaat aan de warmtewisselaar. Een lucht-water warmtepomp is wel veel goedkoper qua investering en plaatsing dan een water-water warmtepomp (voor bodem en oppervlaktewater worden dezelfde type warmtepompen gebruikt).

Verwarmen met aquathermie en WKO



Figuur 16. Schematisch overzicht van verwarmen met aquathermie (warmte uit oppervlaktewater), waarbij ook seizoensopslag plaatsvindt. Dit is de meest efficiënte manier van verwarmen met een warmtepomp en kan gebeuren op basis van groene energie. (Bron: Galama Sustainable Solutions, 2022).

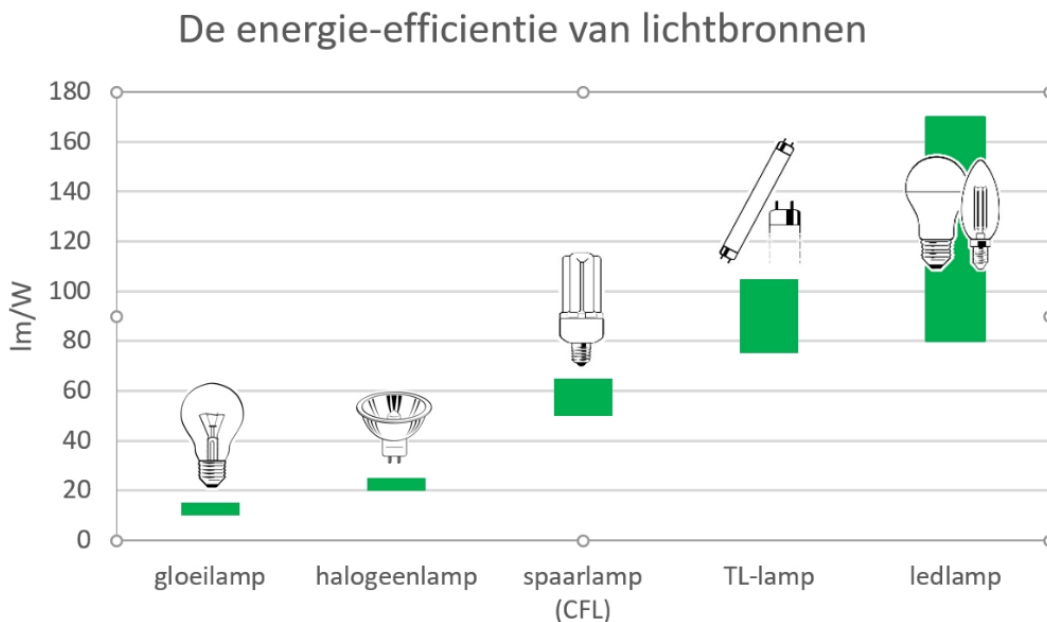
In de onderstaande figuur wordt de vergelijking gemaakt tussen verwarmen op basis van waterstof, elektrische verwarming en omgevingswarmte (warmtepompen). Hieruit komt duidelijk naar voren dat warmtepompen, in combinatie met gedeelde thermische opslag, energetisch gezien verreweg de aantrekkelijkste technologie zullen vormen voor SIDES.



Figuur 17. Vergelijking van manieren om elektrische energie in warmte om te zetten, waarbij zeer conservatieve aannames zijn gehanteerd voor aquathermie (SWHP = surface water heat pump). (Bron: Galama Sustainable Solutions, 2022)

2.3.3 Verlichting

Efficiëntie van verlichting is per definitie laag, maar het is een verhaal dat vaak niet goed wordt doorgrond omdat bij spaarlampen, TL-lampen en LED lichten de efficiëntie vaak wordt uitgedrukt ten opzichte van de gloeilamp. Het klopt dat gloeilampen de minst efficiënte manier van elektrisch licht is, dus wat zegt 80% besparing ten opzichte van de minste efficiënte verlichtingsbron nu echt?

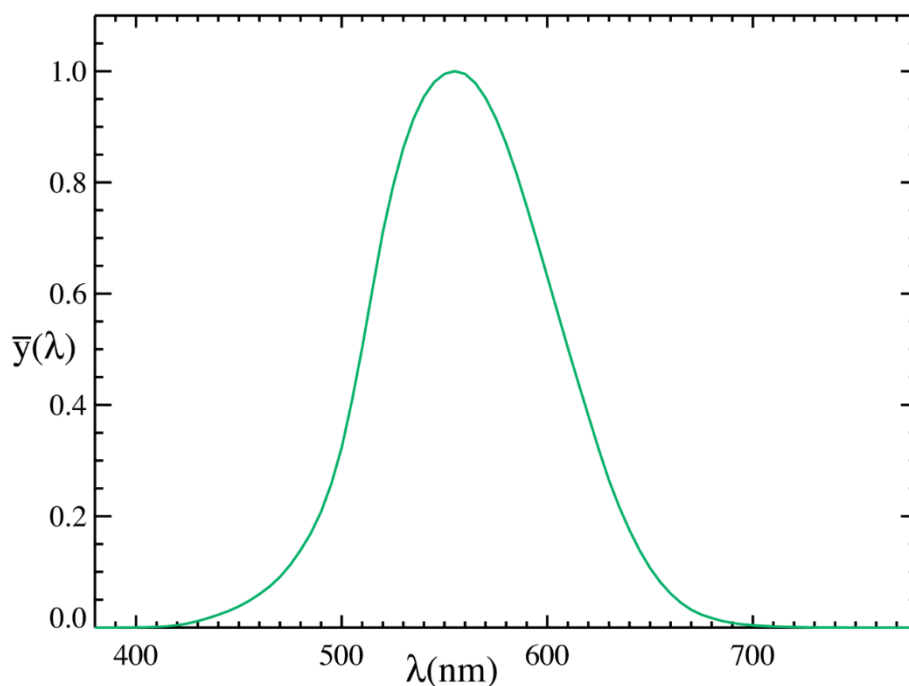


Figuur 18. Energetische efficiëntie van lichtbronnen in (lm/W). Bron [Energywatchers](#).

Om naar de werkelijke efficiëntie van verlichting (= productie van zichtbaar licht in lumen per Watt elektriciteit) te komen is het nodig om te weten hoeveel lumen per Watt (LPW) een lamp gebruikt en

wat de theoretische maximale LPW-waarde bedraagt. De eerste is in Figuur 18 aangegeven voor verschillende typen lampen. De zon produceert trouwens zo'n 93 lm/W.

Een Watt is de eenheid voor vermogen het is de energie (Joule) die per seconde wordt gebruikt. De lichtstroom wordt echter niet uitgedrukt in Joule (altijd $6,242 \cdot 10^{18}$ elektronen) maar in lumen (lm) en de hoeveelheid fotonen in een lumen hangt weer af van de golflengte van het licht. Voor zichtbaar licht is dit $\sim 1,12 \cdot 10^{16}$ fotonen. Lichtstroom is als grootte zo gedefinieerd dat het de voor het menselijk oog waarneembare vermogen aan uitgestraald licht weergeeft. Volgens de definitie ervan kan een lichtbron (daglicht) van 1 W elektriciteit maximaal 683 lm produceren. Dit is bij de groene kleur, waarvoor het menselijke oog het meest gevoelig is. Als dit als theoretische maximumwaarde wordt aangehouden, dan hebben gloeilampen (15-18 lm/W) dus een efficiëntie van $\sim 2-2,5\%$ en LED lichten (80-170 lm/W) een efficiëntie van $\sim 12 - 25\%$. Deze manier van efficiënte bepaling is arbitrair omdat lampen niet enkel groen licht uitstralen, maar in principe licht kunnen produceren van elke golflengte in het zichtbare spectrum (380-790 nm). De efficiëntie van lichtbronnen die relatief veel licht uitzenden van rond de 555 nm, zullen daarom een stuk efficiënter zijn dan vergelijkbare lampen die meer licht uitstralen in de range tussen 600-700 nm.



Figuur 19. Relatie tussen de specifieke lichtstroom en de golflengte van licht, waarbij 1 staat voor 683 lm/W.

Gloeilampen zijn de minst efficiënte lampen omdat ze veel energie omzetten in warmte in plaats van licht. Vooral daardoor worden deze lampen uit gefaseerd en zijn tegenwoordig al lastig te verkrijgen. Bij gloeilampen geldt wel dat gebruik binnenshuis gedurende de wintermaanden prima te verantwoorden is omdat in dat geval de warmte de ruimte opwarmt en de energievraag naar ruimteverwarming verlaagd. Wel is dit nog steeds een stuk inefficiënter gebruik maken van elektriciteit dan de warmtepomp.

Halogeenlampen zijn iets efficiënter dan gloeilampen, maar nog steeds vrij inefficiënt ($\sim 3\%$). Spaarlampen (~ 60 lm/W) zijn al veel efficiënter dan gloei- en halogeenlampen. Ze hebben een energie efficiëntie van ca $\sim 8-10\%$. Hoewel ze efficiënter zijn, bevatten ze wel kwik (tot 5 mg per lamp), wat

schadelijk kan zijn voor het milieu als ze niet op de juiste manier worden gerecycled. Dit geldt ook voor tl-buizen, maar deze zijn weer een stukje efficiënter (efficiëntie: ~12-15%) qua verlichting dan spaarlampen.

Ledlampen (ook LED TL buizen) zijn de meest efficiënte lampen die momenteel beschikbaar zijn. Omgerekend naar de golflengte hebben ze een energie-efficiëntie van ongeveer 80% (~20% op basis van 683 lm/W), wat betekent dat ze bijna alle energie omzetten in zichtbaar licht en heel weinig energie verloren gaat in de vorm van warmte. Bovendien bevatten Ledlampen weinig of geen schadelijke stoffen en gaan ze vaak veel langer mee dan andere soorten lampen. Over het algemeen gaan efficiëntere lampen langer mee: de levensduur van een gloeilamp is ~1.000 uur, van een halogeenlamp ~2.000-5.000 uur, van een spaarlamp ~6.000-12.000 uur, van een tl-buis ~20.000 uur en van ledverlichting ~5000-100.000 uur. Een en ander afhankelijk van gebruik.

Verlichting door ledlampen is een prima methode. Er zijn wel een paar dingen die verschillen met conventionele verlichting die meestal niet opvallen, maar voor sommige toepassingen wel belangrijk zijn. Ten eerste het snelle knipperen, veel ledverlichting wordt gepulst aangestuurd, wat resulteert in snel knipperend licht. Voor de meeste toepassingen geen probleem, maar voor sommige fotografie toepassingen is dat lastig, sommige dieren hebben daar last van en sommige mensen kunnen daar last van hebben. Ten tweede is het lichtspectrum anders dan bij bijvoorbeeld gloeilampen en aangepast op het menselijk oog, waardoor bepaalde kleuren niet hetzelfde zijn als onder halogeen of daglicht verlichting. Een groot voordeel van ledverlichting is dat de lampen in principe niet te lijden hebben van het aan en uitschakelen, in tegenstelling tot gloeilampen (waar halogeen bij hoort) en spaarlampen/ TL verlichting die bij vaak aan en uitschakelen aanmerkelijk minder lang zullen meegaan.

Zoals eerder getoond is verlichting verantwoordelijk voor een behoorlijk groot deel van het energieverbruik in een huishouden. Verlichting in huis kan wel gemakkelijk efficiënter gemaakt worden door natuurlijk het gebruik van voorgenoemde ledverlichting en verder het (automatisch) uitschakelen wanneer verlichting niet nodig is. Het is gemakkelijk te denken dat de lampen niet uit hoeven omdat ze toch bijna geen energie kosten, waardoor het aantal lampen en de tijd dat ze aanstaan gemakkelijk toe neemt, en daarmee een deel van de besparing tenietdoen (Jevons paradox: efficiëntere apparaten resulteren in meer gebruik). Ook buitenshuis kan veel bespaard worden met slim verlichten, zoals alleen wanneer nodig en met gerichte lichtbundels in plaats van een puntbron die alle kanten op straalt, tevens helpt dat de lichtvervuiling tegengaan.

2.3.4 ICT-apparatuur en randapparatuur

Bij ICT denkt iedereen aan computers. Veel staan altijd aan of op stand-by. Maar het gaat ook om randapparatuur als: modems, switches, versterkers, boxen, en allerhande sensoren. Samen gebruikt de ICT-infrastructuur in een huishouden in 2014 ongeveer 6% van de totale energievraag. Dat aandeel kan sterk gereduceerd worden door bijvoorbeeld apparatuur selectief aan te zetten wanneer nodig. Een modem gebruikt standaard 10-20 watt (per uur 20 Wh, per jaar 175 kWh = ~40-50 euro aan elektriciteit), Wifi versterkers etc. meestal meer dan 5 watt per stuk.

2.3.5 Ruststroom en sluipverbruik

Sluipverbruik is het energieverbruik dat apparaten gebruiken zonder werkelijk actief te zijn. Zoals opladers (ook voor gereedschappen) die in een stopcontact blijven, een lamp met transformator die aan blijft staan terwijl de lamp zelf uitstaat, audioapparatuur, televisies, speakers, en een groot deel van de ICT-apparatuur in een woning valt daaronder. Het sluipverbruik in een woning varieert tussen

de 100 en 300 watt en is ongeveer 8% van het totaalverbruik. Het sluipverbruik zou eigenlijk helemaal voorkomen kunnen worden, wat zo ineens een enorme besparing oplevert. Een eenvoudige oplossing die al een groot deel van deze besparing kan verwerklijken is een 'hoofdschakelaar' die alle apparatuur in een kamer of werkplaats uitzet of tegelijk aanzet. Als voorbeeld de televisieapparatuur. Zodra de schakelaar uitgezet wordt dan is er geen sluipstroom van het deel 'televisiekijken' meer. Op die manier benader je apparatuur niet meer 'individueel apparaat' maar als activiteit-groep. Zo kan er een activiteit groep zijn voor 'bureauwerk', 'klusplaats', 'computers' (incl. modem en NAS etc.). Dit heeft ook voordelen ten aanzien van brandgevaar en digitale criminaliteit, maar kost soms wel wat extra tijd bij het opstarten van apparatuur (modem bijvoorbeeld).

2.3.6 Koelkasten en vriezers

Het energieverbruik van een koelkast of vriezer is vergelijkbaar met dat van ICT-apparatuur, rond de 150-300 kWh per jaar. Dit kan makkelijk verlaagd worden door de temperatuur niet te laag te zetten en de koelkast op een koude plek te zetten. Ook is het belangrijk voedsel te laten afkoelen voor dat het in de koelkast wordt gezet.

Het verbruik van een koelkast verbruik is sterk afhankelijk van de isolatie van die koelkast, als die perfect is dan hoeft de koeling in theorie bijna niks te kosten, enkel de warmte uit 'nieuwe' inhoud zal moeten worden verlaagd. Een vriezer heeft een veel betere isolatie, en zodra die vriezer op dezelfde temperatuur gebruikt wordt als een koelkast dan geeft dat veel besparing. Een besparing van een factor drie is makkelijk mogelijk (zie internet, maar ook uit eigen ervaring van Ynovio).

Een vriezer op een koude plek in huis (garage, of buiten zelfs) kan veel besparing opleveren. Een vriezer is ook om te bouwen tot koudeopslag, dat wil zeggen dat hij zou kunnen diepvriezen gedurende energie overschot en daarna in slaapstand gaat op tijden wanneer energie duur is. Door extra koude buffers (zout water bijvoorbeeld) te gebruiken wordt de koudeopslag nog veel groter.

2.3.7 Koken

Koken is vrij efficiënt, en hoewel het vermogen groot is, is de bijdrage aan het totaalverbruik vrij laag omdat de duur van koken over de dag gezien vaak beperkt is. Besparing daarop kan nog steeds, door bijvoorbeeld pannen te isoleren (deksel erop scheelt al heel veel), of na te laten garen in een geïsoleerde doek (hooikist).

2.3.8 Elektrisch vervoer

Auto's opladen kost veel energie, het loont altijd om dit slim te gaan doen. Zodra eigen opgewekte energie over is, dat normaal gesproken in het centrale net wordt gevoerd. Of op momenten dan er op het centrale net een energieoverschot is. Er zijn al veel aanbieders van flexibel laden en ontladen van elektrische auto's. Elektrisch vervoer gaat zorgen voor een grote vraagtoename van elektriciteit van huishoudens en energieverbruik in zijn algemeenheid. Door de batterij is hier in veel gevallen de mogelijkheid tot flexibel gebruik van netstroom.

2.4 Systeemcontrollers

2.4.1 Introductie

Er zijn sinds enige jaren displays en apps die het actuele verbruik en de verbruikshistorie van apparatuur laten zien. Dit geeft de gebruiker inzicht in zijn energiehuishouding en dat heeft vaak al een positief effect op het gebruik. Een energiecontroller regelt het energieverbruik op zo'n manier dat de energie optimaal gebruikt wordt, wat optimaal wordt beschouwd hangt af van de referentie: economische optimalisatie, ecologische optimalisatie, energetische optimalisatie, etc. Er is nog zeer weinig apparatuur dat het energiegebruik automatisch optimaliseert. Dat heeft commercieel ook nog weinig zin vanwege onder andere de salderingsregeling waarin boekhoudkundig eigen geproduceerde stroom kan worden weggestreepd tegen gebruikte netstroom. Echter, zodra het tarief variabel wordt, wat nu al het geval is als men daarvoor kiest, en wanneer de salderingsregeling verdwijnt (deze wordt afgebouwd op dit moment) dan heeft een dergelijke geautomatiseerde aansturing een onmiddellijk financieel voordeel. Een controller kan op huisniveau werken, maar ook op wijkniveau of zelfs op bovenliggende niveaus van meerdere wijken binnen een aggregator. Goed geautomatiseerd energiebeheer is cruciaal voor toekomstige SIDES.

2.4.2 Systeemcontroller visie

Voor de consument zal milieu en gebruik van eigen energie zeker meewegen in de beslissing tot de aanschaf van een home energy managementsysteem, maar de economische drijfveer blijkt toch nog vaak de belangrijkste motivatie: *'energie moet gebruikt en verwaard worden tegen optimaal tarief'*.

Zodra tarieven variabel worden en de controller kan daarop reageren dan kunnen piekbelastingen in het net vermeden worden. De controller zal regelen op minder energieverbruik gedurende hoge tarieven en processen uitstellen naar momenten van lagere tarieven.

Om dat mogelijk te maken moet de controller het energieverbruik weten, de actuele tarieven weten en mogelijkheid hebben om te kunnen sturen, d.w.z. gebruikers aan of uit te kunnen zetten of te kunnen informeren over hun verbruiksstrategie. Als extra kan het gegevens gebruiken over bijvoorbeeld weersverwachting en daarop anticiperen.

Apparaten (energiegebruikers) krijgen een prioriteit aangewezen vanuit de gebruiker en mogen aan de hand daarvan energie gebruiken. Zo kan voor het scenario dat er energie overschot is een accu bijvoorbeeld een hoge prioriteit krijgen en een boiler een lage. Zodra er voldoende energie opgewekt wordt (zon) dan krijgen een aantal apparaten energie afhankelijk van de prioriteit. Zodra de accu vol is dan gaat de energie naar de boiler, er wordt op die manier zoveel mogelijk opgewekte energie lokaal gebruikt. In het overzicht van verbruikers hierboven is gegeven welke strategieën gebruikt kunnen worden voor het energieverbruik van de diverse apparaten, zoals dat een vriezer bijvoorbeeld koude kan opslaan gedurende energie overschot.

Zodra de doelstelling is om energie op te slaan dan kan die energie later gebruikt worden. Ook kan een vaatwasser op de boiler aangesloten worden, of kan een koelkast op die manier werken: hij koelt extra zodra er energie beschikbaar is en koelt minder zodra die er niet is. Extra Warmte/koude kan opgeslagen worden in koude pakketten in de koelkast. Vriezers kunnen ook zo werken.

Een nadeel is dat er een slimme gebruikersaansluiting voor nodig is in een aantal gevallen. Voor een boiler kan dat vrij eenvoudig: het stroomgebruik kan elektronisch gemoduleerd worden. Een koelkast is iets lastiger, die moet zelf een beslissing gaan nemen: maximaal koelen tot hoeveel graden? En wat

is de toegestane maximale temperatuur? Gewone koelkasten regelen puur op temperatuur en hebben geen andere mogelijkheid. Een controller kan ook meerdere scenario's hebben waarin verschillende energieverbruiken prioriteit ontvangen. Er zal bijvoorbeeld gekookt moeten worden, ook als de energiebeschikbaarheid de gehele dag voor die functie niet optimaal is geweest. Andere apparaten mogen in dat scenario dan minder energie gebruiken (uitschakelen wasmachine, tv-hoek en computers op het thuishkantoor bijvoorbeeld).

2.4.3 Energieverbruik uitlezen en een eerste controller implementatie

Controle begint met energieverbruik gegevens kunnen inzien. Tegenwoordig zijn slimme meters gemeengoed, en die meters kunnen gemakkelijk uitgelezen worden, een project zoals van [Tasmota](#) maakt dat mogelijk. Onderstaande foto is een demonstratie van een zelfgebouwde meter (Ynovio). In korte tijd is op de meter informatie zichtbaar gemaakt op een extern display door middel van een zogenoemde Arduino microcontroller, een onderdeel van enige tientjes en gemakkelijk te verkrijgen. Informatie zoals actueel verbruik en terug levering is hierdoor beschikbaar voor een extern controlesysteem maar de microcontroller kan ook zelf een controllerfunctie gaan uitvoeren. Die functie zou dan heel eenvoudig (maar doeltreffend) kunnen zijn: moduleer de boiler aan de hand van de uitgelezen terug levering en zorg dat de terug levering op 'nul' komt te staan. Op die manier is alle energie die opgewekt wordt meteen verbruikt en omgezet in warmte voor later gebruik.



Figuur 20. Aanduiding actuele energiebeschikbaarheid. Demonstratie uitlezen P1 poort van een smart meter.

2.4.4 Welke infrastructuur is er nodig voor een bruikbare controller

Om een voorgestelde controller mogelijk te maken is er hardware nodig, om informatie te krijgen over het verbruik, opgewekte vermogens, een infrastructuur om de gegevens op de juiste plek te krijgen (communicatie) en software die de beslissingen neemt en laat zien wat er gebeurt.

2.4.4.1 Hardware

Een groot deel van de benodigde hardware is al beschikbaar, een slimme meter kan uitgelezen worden, de omvormer van de zonnepanelen kan uitgelezen worden. Dit is vaak ook al commercieel beschikbaar, maar soms mist de juiste aansluiting nog of vereist het nog wat 'patch' werk om volledig functioneel te zijn voor het voorgestelde systeem. Het (historisch) verbruik van een huishouden is via internet uit te lezen, tezamen met andere data zoals weerberichten. Er kan relatief eenvoudig gebruik

gemaakt worden van sensoren voor temperatuur, luchtdruk, licht, beweging, geluid etc. Ook aan de besturingskant is er al veel beschikbaar zoals: schakelaars, dimmers, actuatoren.

Er mist nog een stuk hardware, namelijk de intelligente apparatuur. Zo zou een koelkast uitgerust kunnen worden met een warmtemanagementsysteem, dat het mogelijk maakt dieper te koelen, of juist periodes in te lassen wanneer er weinig gekoeld wordt, en dit in te kunnen schatten aan de hand van de hoeveelheid warmte die aanwezig is in de koelkast. Een lege koelkast zal een ander temperatuurverloop hebben dan een volle. Idem voor vriezers, de warmtepomp, elektrische auto, wasmachine, droger. Belangrijk hierin is een identificatiemogelijkheid, wat voor apparaat is het, wat zijn de energie-opties en wat zijn de bijbehorende vermogens?

2.4.4.2 Communicatie

Bedrading van apparatuur voor communicatie binnen een thuisnetwerk van apparaten is een prima optie en is in veel gevallen robuust. Draadloze communicatieprotocollen zoals Klikaankluit, Z-wave, WiFi, Bluetooth, LoRa en andere systemen kunnen ook gebruikt worden met als voordeel dat er minder kabel nodig is en er gemakkelijker met apparatuur geschoven kan worden.

2.4.4.3 Software

Veel domotica systemen zijn gericht op bediening van lichten. Er zijn echter ook al veel uitgebreidere systemen die vele apparaten in het huis kunnen bedienen. Deze systemen zijn echter nog niet gericht op energieoptimalisatie. Hiervoor zijn wel de zogenaamde 'home energy management systems (HEMS)' in opkomst. Deze platformen zijn gebaseerd op een 'Internet of things (IoT)' benadering, waarin alle apparaten 'slim' zijn gemaakt en met elkaar communiceren via een centraal platform. Er zijn al legio van deze platformen beschikbaar ook van Nederlandse aanbieders. Alle grote elektronica ketens zoals Honeywell, Schneider Electric, ABB, EATON en General Electric hebben managementsystemen voor apparaten. Ook veel Energieproducenten hebben al eigen HEMS platformen ontwikkeld en aggregatoren hebben al vele EMS op wijkniveau beschikbaar. In de Europese projecten die geanalyseerd zijn voor dit onderzoek komt doorontwikkeling van EMS sterk naar voren als centraal thema van de energietransitie.

Voor zelfbouw zou een raspberry Pi met Node RED of een python programma met extensies ook kunnen dienen als HEMS. Zodra python gebruikt wordt is 'machine learning' ook vrij gemakkelijk te implementeren, omdat er al veel codes beschikbaar zijn op dat vlak.

2.4.4.4 Implementatie

Implementatie van een thuis energiemanagement wordt al steeds meer gedaan op het vlak van slim laden van batterijen met zonnepanelen en opwekken van warmte. Ook zijn er al oplossingen voor het slim laden van elektrische auto's op de markt. De beperking is dat veel bestaande apparatuur nog niet 'slim'. Een energie managementsysteem (EMS) kan echter wel stroom inschakelen en uitschakelen op bepaalde groepen met apparatuur. Om te beginnen is het altijd aan te bevelen eerst functies met een hoogenergetisch verbruik zoals verwarming, koeling, laden van thuisbatterijen en elektrische auto, wasmachine en droger, etc. slim te maken. In vervolgstappen kan andere apparatuur en verlichting worden toegevoegd.

4 Juridische kader & regelgeving

Regelgeving volgt meestal op ontwikkelingen. SIDES zijn een nieuwe vorm van energiesystemen, waarvoor nog geen specifieke regelgeving is gemaakt. Hierdoor is er onzekerheid over wat wel en niet mag en wie welke verantwoordelijkheid mag dragen en op welke schaal ontwikkelingen kunnen plaatsvinden. Onzekerheid vormt een blokkade voor implementatie op zichzelf omdat het een risico in zich draagt dat gedane investeringen (in tijd, geld, materiaal, ...) 'verspilde moeite' zijn omdat realisatie niet kan plaats vinden binnen het wettelijk toegestane.

Door lidmaatschap van de EU hebben we in Nederland te maken met Europese en nationale wet- en regelgeving. De Europese Commissie (EC) stelt wetten voor, welke ter goedkeuring worden voorgelegd aan de Raad van Ministers en het Europees Parlement. Vervolgens moet Europese wetgeving worden ingevoerd in de lidstaten.

Europese wetten gelden boven nationale wetten. Er zijn twee vormen van Europese regels: een Europese verordening (regulation) is na inwerkingtreding meteen ook een Nederlandse wet. Europese richtlijnen (directive) moeten binnen een bepaalde termijn worden omgezet in nationale wet- en regelgeving, meestal binnen twee jaar nadat het besluit genomen is.

Het nationale parlement heeft dus invloed op de manier waarop Europese wet- en regelgeving wordt ingevoerd of vertaald naar Nederlandse wet- en regelgeving. Hierbij kijkt het parlement naar de beste manier om de regels in te voeren in de Nederlandse situatie. De kaders zijn dan al bepaald in de EU.

Europese wet- en regelgeving stuurt aan op een gedecentraliseerd stelsel met lokale energiegemeenschappen en centraal geleide kritische voorzieningen. De wetgeving in Nederland is nog behoudend, wat de omslag naar een toekomstbestendig energiesysteem in de weg staat. Ontwikkeling van de nieuwe Energiewet, die nu gaande is, brengt hier mogelijk verandering in.

4.1 Europese wetgeving

4.1.1 EU-richtlijnen

SIDES of microgrids zijn geen term die wettelijk gedefinieerd zijn in Europese regelgeving [9]. Op Europees niveau is de belangrijkste richtlijn de **2019 Electricity Directive** (2019/944)², die voorkomt uit de "clean energy package" van de EU. Deze richtlijn is een aanpassing van de EU-energiewet met de toevoeging van nieuwe actoren en activiteiten. Er is geen regelgeving specifiek voor microgrids in deze regelgeving, met name op het gebied van het tijdelijk onafhankelijk opereren van microgrid, i.e. 'eilandbedrijf', wordt geen duidelijkheid gegeven. In richtlijn 2019/944 is ruimte gemaakt voor de vorming van zogenaamde energiegemeenschappen van burgers (citizen energy communities, CECs) en deelname van deze energiegemeenschappen aan de energiemarkt. De **verordening 2022/869**³, wijzigt richtlijn 2019/944 op een aantal punten, maar deze raken niet aan smartgrids of energiegemeenschappen en richten zich op een veel grotere interregionale, -nationale, projectschaal welke zelfs met koppeling van vele dorpssystemen niet wordt gehaald.

² RICHTLIJN (EU) 2019/944 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 5 juni 2019 betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit...

³ VERORDENING (EU) 2022/869 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 30 mei 2022 betreffende richtsnoeren voor de trans-Europese energie-infrastructuur...

Waar de richtlijn 2019/944 nog verwerkt moet worden in nationale wetgeving, zijn de verordening 2019/942⁴ en 2019/943⁵ per direct van kracht in de gehele Europese Unie. Deze verordening is met name gericht op de ontwikkeling van geïntegreerde elektriciteitsmarkten, marktwerking, het mogelijk maken van balancering en inkoop van flexibiliteit door netbeheerders, congestiebeheer, transmissiesysteembeheer en hoe (regulerende) partijen samenwerken. Deze verordeningen hebben geen direct effect op de positie van microgrids.

De 2018 renewable energy directive⁶ definieert hernieuwbare-energiegemeenschappen en in artikel 22 worden rechten en plichten van deze gemeenschappen gegeven. Electricity network codes and guidelines

Daarnaast zijn er de ‘**Electricity network codes and guidelines**’. Deze Europese codes voor elektriciteit zijn een verzameling van 8 Europese verordeningen, waarin de regels voor de Europese interne elektriciteitsmarkt staan. Deze ‘netcodes’ zijn met name gericht op TSBs (Tennet) maar hebben soms ook direct of indirect effect of de DSBs. De netcodes zijn:

1. 2015/1222 (capaciteitstoewijzing en congestiebeheer)
2. 2016/1719 (capaciteitstoewijzing op de lange termijn)
3. 2017/2195 (elektriciteitsbalancering)
4. 2017/1485 (beheer van transmissiesystemen)
5. 2017/2196 (noodtoestand en herstel van het elektriciteitsnet)
6. 2016/631 (aansluitvoorwaarden voor elektriciteitsproducenten)
7. 2016/1388 (aansluitvoorwaarden voor verbruikers)
8. 2016/1447 (aansluitvoorwaarden voor hoogspanningsgelijkstroomssystemen etc.)

De eerste 4 netcodes in het overzicht zijn richtsnoeren van de EU (guidelines). De overige 4 codes hebben de status van ‘netcode’, deze laatste kunnen op initiatief van Entso-E worden gewijzigd. De codes hebben een heel belangrijke rol bij de facilitering in de ontwikkeling van microgrids in de EU. Sommige van deze netcodes raken al aan het tijdelijk onafhankelijk opereren van microgrids, maar enkel in geval van nood. Het op reguliere basis aan- en afkoppelen van kleine netten wordt niet voorzien in de regelgeving. De drie codes die het meest relevant zijn voor eilandbedrijf van microgrids zijn 5, 6 en 7. Wel zijn deze gericht op grote stroom-opwek modules van meer dan 50 MW (power-generating modules, PGMs). Individuele energie opwekking-assets in bijvoorbeeld een microgrid of de aggregatie van kleinere units of zelfs koppeling van verscheidene microgrids wordt niet genoemd.

Een microgrid als geheel kan ook worden beschouwd als een zogenaamde ‘power-generating facility’ (PGF, bundeling van een of meerdere stroom opwek modules verbonden door een netwerk met een of meerdere connecties). Maar ook als PGF zal de capaciteit voor de meeste microgrids kleiner zijn dan 50 MW, zeker voor kleine dorpen en wijken. Op Europees niveau is dus geen regelgeving voor tijdelijk

⁴ VERORDENING (EU) 2019/942 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 5 juni 2019 tot oprichting van een Agentschap van de Europese Unie voor de samenwerking tussen energieregulators

⁵ VERORDENING (EU) 2019/943 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 5 juni 2019 betreffende de interne markt voor elektriciteit

⁶ RICHTLIJN (EU) 2018/2001 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen...

onafhankelijke microgrids of specifiek voor microgrids in het algemeen. Voor het vormen van microgrid zijn ook geen belemmerende wetgeving, voor het tijdelijk opereren in eilandbedrijf wel.

4.1.2 Aankomende veranderingen in de EU-wetgeving.

Op dit moment (januari 2023) zijn er geen geplande wijzigingen of herzieningen voor de 2019 E-directive, de voornaamste richtlijn wat betreft de energiemarkt. The 2018 renewable energy directive⁷ en de 2012 energy efficiency directive⁸ bevinden zich beide wel in een herziening en nieuwe versies zullen in de loop van dit jaar verschijnen. Deze hebben mogelijk een invloed op het ontwikkelen van smartgrids. Doorwerking van deze nieuwe richtlijnen in de Nederlandse wetgeving zal echter nog jaren duren.

4.2 Nederlandse wet en regelgeving

Net als in Europa is er in Nederland geen specifieke wetgeving voor slimme decentrale energiesystemen in beheer van energie coöperaties, al dan niet in samenwerking met netbeheerders. In opdracht van de topsector energie (TKI urban energy) is er een rapport verschenen over de knelpunten voor smart energy [10]. In dit document is ook een analyse gemaakt van het wettelijk kader voor slimme decentrale energiesystemen. Hierin wordt bevestigd dat wet- en regelgeving ontbreekt en op meerdere punten een belemmering vormt voor de ontwikkeling van microgrids en hiermee een belemmering voor de integratie van hernieuwbare energie.

Op dit moment geldt in Nederland de Elektriciteitswet uit 1998 en de daaruit voortvloeiende lagere regelgeving en codes. Deze Elektriciteitswet en de Gaswet worden momenteel samengevoegd tot één Energiewet. Het is onbekend wanneer de Energiewet klaar zal zijn ([link](#) naar voortgang). Er licht inmiddels een conceptvoorstel van de wet bij de raad van state, waarna de wet door de tweede en eerste kamer moet worden goedgekeurd. Het maken van deze nieuwe wetgeving is een direct gevolg van de 'clean energy package' (mei 2019) en het 'Fit for 55' pakket (juli 2021) van de EU waardoor meer ruimte voor hernieuwbare energie en duurzaamheidsdoelstelling moet worden gemaakt.

De nieuwe Energiewet wordt het wettelijke fundament van de energietransitie. Het wetsvoorstel regelt bijvoorbeeld consumentenbescherming, biedt netbeheerders meer mogelijkheden om het volle elektriciteitsnet aan te pakken, biedt huishoudens en bedrijven meer mogelijkheden voor actieve deelname aan de energiemarkt en zorgt voor veilige en gecontroleerde data-uitwisseling tussen netbeheerders, marktpartijen en afnemers van energie (bron: Rijksoverheid, 1/7/2022).

4.2.1 Concept Energiewet

Uit de conceptwet [11] en bijgaande Memorie van toelichting blijkt dat er, net als in de Europese regels, geen specifieke regels zijn opgesteld voor microgrids of vrijwillig eilandbedrijf van deze microgrids. Wel komt er meer ruimte voor energiegemeenschappen en krijgen deze de mogelijkheid om actief deel te nemen aan de markt, zoals voorgeschreven door richtlijn 2019/944.

Hieronder zijn een aantal punten vermeld die raken aan energiegemeenschappen, aggregatie (bundeling van productie/ levering van elektriciteit) en onderlinge handel van energie. De termen

⁷ RICHTLIJN (EU) 2018/2001 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen

⁸ RICHTLIJN 2012/27/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 25 oktober 2012 betreffende energie-efficiëntie, tot wijziging van Richtlijnen 2009/125/EG en 2010/30/EU en houdende intrekking van de Richtlijnen 2004/8/EG en 2006/32/EG.

hernieuwbare energiegemeenschappen en de energiegemeenschappen van burgers zijn in de energiewet samengevoegd en gedefinieerd als “energiegemeenschappen”. Verdere decentralisatie van het energiesysteem wordt door het nieuwe wettelijke kader mogelijk gemaakt:

“De combinatie van de transitie naar (i) een meer decentrale en duurzame energieopwekking en (ii) een meer digitale samenleving biedt eindafnemers ook de mogelijkheid van een grotere mate van ‘zelfbeschikking’ binnen het elektriciteitssysteem. Waar voorheen grootschalige en centrale productie-installaties in de energiebehoefte voorzagen, kan een eindafnemer inmiddels meer zelf de regie voeren, bijvoorbeeld door de opslag of verkoop van zelfopgewekte elektriciteit.”

“Of nu een eindafnemer elektriciteit koopt van een traditionele leverancier, van een energiegemeenschap of van zijn buurman die zonnestroom over heeft, in alle gevallen wordt elektriciteit geleverd aan eindafnemers en zijn dus in beginsel de voorschriften inzake de levering van elektriciteit van toepassing.”

In het wetsvoorstel worden drie vormen van aggregeren onderscheiden:

1. Opkopen van terug geleverde elektriciteit van eindgebruikers.
2. Faciliteren van peer-to-peer handel. Met toename van prosumenten is er behoefte aan partijen die, middels een platform, aanbod en vraag van eindgebruikers koppelen en de administratie faciliteren. Peer-to-peer handel wordt gezien als een bijzondere vorm van levering.
3. Vraagrespons. Het bewust aanpassen van verbruik om flexibiliteit te leveren als dienst. De marktdeelnemer (aggregator) beïnvloedt het verbruik van een eindverbruiker.

In de wetgeving worden eindafnemers beschermd door de eis dat ze enkel beleverd mogen worden door leveranciers met een leveringsvergunning. Deze eis staat ontwikkeling van (kleinschalige) lokale handel binnen microgrids in de weg, wat juist een zeer positief effect op het verdienmodel van energiegemeenschappen en op de rendabiliteit van decentrale energiestructuren. Daarom worden enkele uitzonderingen op dit verbod toegestaan.

“Met name voor actieve afnemers en (kleinere) energiegemeenschappen kan de eis van een leveringsvergunning een belemmering zijn om rechtstreeks te leveren aan eindafnemers met een kleine aansluiting. Voorgesteld wordt dat actieve afnemers⁹ en energiegemeenschappen – onder voorwaarden – geen vergunning nodig hebben om te leveren aan eindafnemers met een kleine aansluiting. [...] Wanneer een actieve afnemer via een peer-to-peer-handelaar levert aan een eindafnemer met een kleine aansluiting, wordt deze handelaar als leverancier aangemerkt en moet de peer-to-peer-handelaar beschikken over een vergunning.”

Energiegemeenschappen: *“De belangrijkste voorwaarde is dat de energiegemeenschap over de periode van een jaar niet meer elektriciteit of gas mag leveren dan zij in het systeem invoedt. **De energiegemeenschap mag dus niet meer leveren aan haar leden of aandeelhouders dan zij heeft opgewekt.** De gemeenschap mag gedurende het jaar overschotten of tekorten wel verkopen of bijkopen op de markt, maar over de periode van een jaar mag zij – zonder vergunning – niet meer gas of elektriciteit leveren aan afnemers dan zij dat jaar heeft ingevoed. Verder is het voorstel om een*

⁹ afnemers die leveren aan andere afnemers met een kleine aansluiting, directe peer-to-peer handel.

maximumaantal leden of aandeelhouders vast te stellen waaraan een energiegemeenschap vergunningsvrij mag leveren.

Prosumenten: “De tweede uitzondering betreft de actieve afnemer met een kleine aansluiting die levert aan een eindafnemer met een kleine aansluiting. [...] niet-bedrijfsmatige levering [...] Ook voor de actieve afnemer geldt dat hij niet meer elektriciteit mag leveren (zonder vergunning) dan hij over de periode van een jaar in het systeem invoedt.”

Verder zijn er een aantal wijzigingen over hoe TSB en DSB omgaan met de nieuwe actoren op de energiemarkt: nieuwe en kleinere marktdeelnemers, zoals energiegemeenschappen en marktdeelnemers die aggregeren, moeten op gelijke voet meeconcurreren met grootschalige of reeds in de markt aanwezige partijen.

Bij de wet zijn TSB en DSB verplicht om diensten in het kader van balancering en congestie te kopen op de markt, uitzondering zijn systemen die een DSB of TSB gebruikt voor waarborgen veilig en betrouwbaar beheer. Enkel de TSB heeft de taak om de frequentie van het elektriciteitssysteem te handhaven en enkel de TSB koopt balanceringsdiensten in. DSB koopt wel flexibiliteitsdiensten in om netcongestie en voortvloeiende storingen te voorkomen en de leveringszekerheid te garanderen. Congestie is in dit wetsvoorstel gedefinieerd als: *“een situatie waarin de maximale transportcapaciteit van een deel van een systeem niet voldoende is om te voorzien in de behoefte aan transport”*. Naast congestiebeheer mogen beheerders ook flexibiliteitsdiensten inkopen om efficiënter beheer of efficiëntere ontwikkeling van het transmissie- of distributiesysteem te verwezenlijken. Het kan hierbij gaan om zowel de *“tijdelijke inzet als de structurele inzet van flexibiliteitsdiensten als alternatief voor systeemuitbreiding”*.

In de Memorie van toelichting staat:

*“Bij het signaleren van knelpunten is het uitgangspunt in beginsel dat deze systeembeheerder systeemverzwaren voorbereidt. Maar in bepaalde gevallen, **met name als er sprake is van een beperkt aantal momenten met een hoge piek in de transportbehoefte, kan structurele inzet van flexibiliteitsdiensten een alternatief zijn dat leidt tot lagere, maatschappelijke kosten.** Hierbij wordt opgemerkt dat in de Elektriciteitsrichtlijn alleen een voorschrift is opgenomen over de inkoop van flexibiliteitsdiensten door DSBs. In dit wetsvoorstel wordt ervoor gekozen om de inkoop van flexibiliteitsdiensten voor dit doeleinde ook mogelijk te maken voor de TSB voor elektriciteit”*

Deze structurele inzet van flexibiliteitsdiensten zou kunnen worden uitgevoerd door microgrids, met name wanneer microgrids in een zwak elektriciteitsnet aanwezig zijn waar de kosten voor netverzwaren onevenredig hoog zijn.

Ook niet-frequentie gerelateerde ondersteunende diensten moeten door TSB en DSB worden gekocht bij marktpartijen. Niet-frequentie gerelateerde ondersteunende diensten zijn: *“diensten die gebruikt worden voor spanningsregeling in stationaire toestand, snelle blindstroominjecties, inertie voor plaatselijke netstabiliteit, kortsluitstroom, blackstartmogelijkheden en inzetbaarheid in eilandbedrijf”*. De term eilandbedrijf wordt verder niet gebruikt in het wetsvoorstel en regels omtrent vrijwillig eilandbedrijf ontbreken.

4.2.2 ACM

Het is in Nederland verboden om een eigen elektriciteits- of gastransportnet te beheren waaruit stroom of gas uit een eigen gas of elektriciteitsnet leveren aan andere verbruikers. Deze taken moeten worden uitgevoerd door een netbeheerder. De [ACM](#) houdt toezicht hierop.

Er zijn 3 situaties waarin iemand geen netbeheerder hoeft aan te wijzen:

1. Als er een ontheffing is voor beheer eigen net
 - a. Het net ligt binnen een geografisch afgebakend gebied
 - b. <500 afnemers
 - c. Geen huishoudelijke afnemers
 - d. Bedrijfs- en productieproces van afnemers is geïntegreerd, of gebruik is vooral voor eigen bedrijf en andere bedrijven in dezelfde holding
2. Als het gaat om een directe lijn van producent naar afnemer
3. Als het net in eigen installatie liggen en enkel eigen opwek en verbruik plaatsvindt.

In het ontheffingsregister van de ACM zijn per 14/2/2023 ca. 125 actieve ontheffingen geregistreerd, voor o.a. industriële clusters/bedrijven, medische instellingen, windparken en universiteiten.

4.3 Implicaties van wetgeving voor SIDES

EU-richtlijn 2018/2001 is van belang voor lokale energiesystemen omdat het aangeeft dat hernieuwbare-energiegemeenschappen het recht hebben (Art 22.2):

- a) *hernieuwbare energie te produceren, te verbruiken, op te slaan en te verkopen, ook via hernieuwbare-stroomafnameovereenkomsten;*
- b) *binnen de hernieuwbare-energiegemeenschap hernieuwbare energie te delen die is geproduceerd door de productie-eenheden die eigendom zijn van die hernieuwbare-energiegemeenschap, met inachtneming van de andere vereisten van dit artikel en met behoud van de rechten en verplichtingen van de leden van de hernieuwbare-energiegemeenschap als consumenten;*
- c) *op niet-discriminerende wijze toegang hebben tot alle geschikte energiemarkten, zowel rechtstreeks als door middel van aggregatie;*

Verder wordt aangegeven dat lidstaten de ontwikkeling van hernieuwbare-energiegemeenschappen moeten bevorderen en faciliteren met regelgeving die interne energie-overdracht vergemakkelijken.

EU-richtlijn 2018/2001 heeft geen echte raakvlakken met microgrids. De term “*hernieuwbare-energiegemeenschappen*” heeft veel gemeen met de term “*energiegemeenschappen van burgers*” uit EU-richtlijn 2019/944. EU-richtlijn 2018/944, art. 16 benoemt dat energiegemeenschappen van burgers: *het recht hebben distributienetten te bezitten, op te richten, te kopen of te huren en deze op autonome wijze te beheren...* (lid 2 b); en dat ze *het recht hebben binnen de energiegemeenschap van burgers te voorzien het delen van elektriciteit die is opgewekt door de productie-eenheden in bezit van de gemeenschap...* (lid 3 e); en dat *De lidstaten kunnen besluiten om energiegemeenschappen van burgers het recht toe te kennen een distributienetten in hun dekkinggebied te beheren en om de desbetreffende procedures vast te stellen, onverminderd hoofdstuk IV of andere regels en bepalingen die van toepassing zijn op distributiesysteembeheerders. Indien dat recht wordt toegekend, zorgen de lidstaten ervoor dat energiegemeenschappen van burgers:*

- a) *het recht hebben een overeenkomst af te sluiten met de distributiesysteembeheerder of transmissiesysteembeheerder waarop hun net is aangesloten, over het beheer van hun net;*
- b) *worden onderworpen aan passende nettarieven bij de aansluitpunten tussen hun net en het distributienet buiten de energiegemeenschap van burgers en dat in dergelijke nettarieven apart rekening wordt gehouden met de elektriciteit die in het distributienet wordt ingevoerd en de elektriciteit die vanuit het distributienet buiten de energiegemeenschap van burgers wordt verbruikt overeenkomstig artikel 59, lid 7;*
- c) *afnemers die aangesloten blijven op het distributiesysteem niet discrimineren of schaden.*

Vanuit Europa wordt deelname van energiegemeenschappen van burgers aan de markt dus gestimuleerd. Binnen een microgrids zullen één of meerdere elektriciteitsbedrijven actief zijn die zich bezighouden met: productie, transmissie, distributie, aggregatie, vraagrespon, energieopslag, levering of aankoop van elektriciteit. Hierbij staat netwerkbeheer nadrukkelijk niet vermeld. Binnen bestaande EU-regelgeving moet een netwerk beheerd worden door een wettelijk en functioneel onafhankelijke distributiesysteembeheerder (DSB) zoals blijkt uit EU-richtlijn 2019/944 art. 35. Echter, de lidstaten *“kunnen besluiten de leden 1 tot en met 3 niet toe te passen op geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die minder dan 100 000 aangesloten afnemers bedienen, of die kleinschalige geïsoleerde systemen bedienen.”* (art. 35.4).

Door deze uitzondering kunnen (verticaal) geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die ook het netwerkbeheer uitvoeren bestaan (een zogenaamde VIU). Verticaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf het zich bezighoudt met transmissie of distributie én met productie of levering. Horizontaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf zich bezighoudt elektriciteitsproductie voor de verkoop, transmissie, distributie of levering, én daarnaast zich ook bezighoudt met activiteiten die niet op het gebied van elektriciteit liggen (zoals productie van warmte, biogas of waterstof, etc.).

De mogelijkheid tot uitzondering opent de deur voor kleinschalige onafhankelijke VIUs, in coöperatief eigendom van een energiegemeenschap dat eigenaar is van zowel productie, distributie en leveringseenheden. Natuurlijk zullen ook deze bedrijven zich moeten houden en voldoen aan de netwerkcodes en de overige bepalingen van de EU-richtlijnen en nationale wetgeving. Voor deze geïntegreerde elektriciteitsbedrijven, geldt wel dat ze *“intern een afzonderlijke boekhouding voor al hun transmissie- en distributieactiviteiten, zoals zij zouden moeten doen indien die activiteiten door verschillende bedrijven werden uitgevoerd.”* (2019/944 art. 56.3).

Om de door de EU gedefinieerde hernieuwbare-energiegemeenschappen (RECs, renewable energy communities) en energiegemeenschappen van burgers (CECs, citizen energy communities) echt te faciliteren zou Europa eigenlijk deze organisaties altijd de mogelijkheid moet verschaffen tot het bezitten en beheren van een elektriciteitsnet en dit niet moeten laten afhangen van nationale wet en regelgeving die een uitzondering kunnen creëren (een *nee tenzij* benadering...). Ook zou EU-regelgeving moeten voorzien in het tijdelijk opereren in de zogenaamde eiland modus van een lokaal energiesysteem [9]. Of microgrids zouden apart moeten worden gedefinieerd in de richtlijn 2019/944, als “microgrid” of als “temporary islanding network” welke de drie eigenschappen van een microgrid zoals gedefinieerd in [9] zou moeten meenemen:

- lokaal karakter en van kleine schaal (bijv. op basis van maximaal geïnstalleerd vermogen);
- gebruik van flexibele technologieën;
- vermogen om (tijdelijk) onafhankelijk van het centrale net te opereren (eiland-modus).

Definiëren van microgrids of het uitbreiden van de R/CEC met functionaliteit van microgrids alleen is niet voldoende, er zal ook een regulering moeten worden opgesteld en de netwerkcodes zullen moeten worden aangepast.

De reguleringen van zowel 2018/2001 als 2019/944 voorzien niet in de behandeling van microgrids en met name voor het tijdelijk, vrijwillig (dus niet gedwongen door bijv. een black-out), opereren in eilandmodus van een microgrid ontbreekt regelgeving die dit mogelijk maakt. Het tijdelijk opereren van een microgrid in eilandbedrijf zorgt ervoor dat de deelnemers binnen dit netwerk de mogelijkheid hebben om levering van elektriciteit te garanderen (als eigen opwek tekortschiet) en om ondersteunende diensten aan te kunnen bieden aan (andere) netwerkbeheerders (DSB of TSB) gericht op flexibiliteit en spanningsregeling. Artikel 2.49 van 2019/944 raakt deze mogelijkheid van eilandbedrijf in haar definitie van een niet-frequentie gerelateerde ondersteunende dienst: *“een dienst die wordt gebruikt door een transmissie- of distributiesysteembeheerder voor spanningsregeling in stationaire toestand, snelle blindstroominjecties, inertie voor plaatselijke netstabiliteit, kortsluitstroom, blackstartmogelijkheden en inzetbaarheid in eilandbedrijf”* Verdere verduidelijking over deze activiteiten ontbreekt.

Over de mogelijkheden m.b.t. het beheer van een microgrid wordt in de concept Energiewet geen echte duidelijkheid gegeven. In principe blijft het netwerk in handen van de DSB en blijft die de beheerder. Energiegemeenschappen zullen dus hun systeem en energiemanagementsoftware onder beheer van een DSB moeten plaatsen, het vrijwillige karakter voor eilandbedrijf als dat gunstiger is voor de gebruikers binnen het lokale systeem komt daarmee onder druk. Allicht dat er wel een mogelijkheid kan worden gevonden tot delegatie van taken binnen een microgrid van een DSB aan een ‘lokale’ DSB, zijnde een energiegemeenschap. Dit zou een invulling kunnen zijn van de richtlijn 2019/944: die de ruimte laat voor een ontheffing om bepaalde DSB-taken door een energiegemeenschap te laten uitvoeren.

Wanneer een microgrid als een speciale vorm van gesloten systemen worden gezien, wat niet logisch zou zijn gezien het idee achter de ‘grid of microgrids’ geldt de regelgeving ronde gesloten systemen (artikel 3.6/3.7). Dit zijn systemen die o.a. voldoen aan de voorwaarden dat ze kleiner dan 500 aansluitingen en in een geografisch afgebakende locatie liggen en bovendien geldt dat het systeem *“geen huishoudelijke eindafnemers voorziet, tenzij er sprake is van incidenteel gebruik door een klein aantal huishoudelijke eindafnemers dat werkzaam is bij of vergelijkbare betrekkingen heeft met de eigenaar van het gesloten systeem.”*

4.4 Samenvatting Wet en Regelgeving

Zowel op Europees als Nederlands niveau is er nog geen specifieke regelgeving voor SIDES. Door ontbreken van regels ontstaat onduidelijkheid, wat verdere uitrol en ontwikkeling bemoeilijkt. SIDES of microgrids zijn geen term die wettelijk gedefinieerd zijn in Europese regelgeving. Zowel op Europees als nationaal niveau wordt nog uitgegaan van een gecentraliseerd energiesysteem, met voornamelijk grootschalige opwekcapaciteit op centrale locaties waar het energienet het sterkst is.

Op **Europees niveau** is de belangrijkste richtlijn de **2019 Electricity Directive (2019/914)**. Binnen deze directive zijn SIDES en microgrids niet gedefinieerd. Wel is er ruimte gemaakt voor vorming van energiegemeenschappen van burgers en deelname hiervan aan de energiemarkt. Daarnaast zijn de **'Electricity network codes and guidelines'** erg belangrijk voor de vertaalslag van regels naar de praktijk van netbeheerders. Sommige van deze netcodes raken aan het tijdelijk onafhankelijk opereren van microgrids (eilandbedrijf), maar enkel in geval van nood. Een microgrid als geheel kan ook worden beschouwd als een zogenaamde *'power-generating facility'* (PGF, dit is binnen de codes: een bundeling van een of meerdere stroom opwek modules verbonden door een netwerk met een of meerdere connecties). Maar ook als PGF zal de capaciteit voor de meeste microgrids (of clusters hiervan) kleiner zijn dan de minimale schaal van 50 MW die in de codes wordt aangehouden. **Voor het vormen van microgrids is op EU-niveau ook geen belemmerende wetgeving, voor het tijdelijk opereren in eilandbedrijf hiervan wel.**

De **Nederlandse** wet en regelgeving vormt op dit moment op meerdere punten een belemmering voor de ontwikkeling van microgrids en hiermee een belemmering voor de integratie van hernieuwbare energie. Op dit moment geldt in Nederland de **Elektriciteitswet uit 1998** en de daaruit voortvloeiende lagere regelgeving en codes. Deze Elektriciteitswet en de Gaswet worden momenteel samengevoegd tot één nieuwe **Energiewet**. Het is onbekend wanneer de Energiewet klaar zal zijn ([link](#) naar voortgang). Uit de conceptwet en bijgaande Memorie van toelichting blijkt echter wel dat er, net als in de Europese regels, geen specifieke regels zijn opgesteld voor microgrids of vrijwillig eilandbedrijf hiervan. Wel komt er meer ruimte voor energiegemeenschappen en krijgen deze de mogelijkheid om actief deel te nemen aan de markt.

Het is in Nederland verboden om als private partij een net te beheren waarin energie wordt geleverd aan derden. Microgrids in Nederland, zijn veelal in handen van industrie of ziekenhuizen en levering binnen deze netten is enkel voor eigen gebruik. Hiervoor is ontheffing van de ACM nodig. De regels voorzien niet in een ontheffing voor het beheren van een eigen energienet door een energiecoöperatie van burgers. Deze zullen dus afhankelijk blijven van een netbeheerder.

De Europese regelgeving laat uitzonderingen op de EU-regelgeving toe voor *geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die minder dan 100 000 aangesloten afnemers bedienen, of die kleinschalige geïsoleerde systemen bedienen.* Door deze uitzondering kunnen (verticaal) geïntegreerde elektriciteitsbedrijven die ook het netwerkbeheer uitvoeren bestaan (een zogenaamde VIU). Verticaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf zich bezighoudt met transmissie of distributie én met productie of levering. Horizontaal geïntegreerd wil zeggen dat een bedrijf zich bezighoudt met elektriciteitsproductie voor de verkoop, transmissie, distributie of levering, én daarnaast zich ook bezighoudt met activiteiten die niet op het gebied van elektriciteit liggen (zoals productie van warmte, biogas of waterstof, etc.). De mogelijkheid tot uitzondering opent de deur voor kleinschalige onafhankelijke VIUs, in coöperatief eigendom van een energiegemeenschap dat eigenaar is van zowel

productie, distributie en leveringseenheden. Natuurlijk zullen ook deze bedrijven zich moeten houden en voldoen aan de netwerkcodes en de overige bepalingen van de EU-richtlijnen en nationale wetgeving.

Over de mogelijkheden m.b.t. het beheer van een microgrid wordt in de concept Energiewet geen echte duidelijkheid gegeven. In principe blijft het netwerk in handen van de DSB en blijft die de beheerder. Energiegemeenschappen zullen dus hun systeem en energiemanagementsoftware onder beheer van een DSB moeten plaatsen, het vrijwillige karakter voor eilandbedrijf als dat gunstiger is voor de gebruikers binnen het lokale systeem komt daarmee onder druk. Allicht dat er wel een mogelijkheid kan worden gevonden tot delegatie van taken binnen een microgrid van een DSB aan een 'lokale DSB', zijnde een energiegemeenschap. Dit zou een invulling kunnen zijn van de EU-richtlijn 2019/944: die de ruimte laat voor een ontheffing om bepaalde DSB-taken door een energiegemeenschap te laten uitvoeren.



Figuur 21. In Nederland zet TROEF, een platform voor energiebalancering, zich o.a. in voor een eerlijk kader voor energiegemeenschappen. Afbeelding: www.troef-energy.nl.

5 Economische haalbaarheid & Marktverkenning

De eerste vraag bij elke systeem- of managementverandering gaat over de economische haalbaarheid. Nieuwe systemen komen met nieuwe verdien of besparingsperspectieven, maar de vraag is veelal in hoeverre daarvan geprofiteerd kan worden in het huidige systeem. Zowel kijkend naar de markt als naar de wettelijke kaders en regels die door verschillende partijen worden opgelegd. De markt reageert over het algemeen snel, mits er geen hervormingen van regelgeving nodig is wat een proces van jaren tot zelfs decennia kan zijn.

Een andere grote vraag is welke schaalgrote voor decentrale systemen een aantrekkelijke businesscase (BC) opleveren. Het antwoord is: het hangt ervan af... En dat is de crux een decentraal systeem is veel meer context afhankelijk dan een centraal systeem en kosten worden in een decentraal niet automatisch gesocialiseerd. Ook nu zijn de netwerkkosten vaak het hoogst voor de meest afgelegen en dunbevolkte gebieden, maar iedereen betaald dezelfde energie- en netwerkkosten. Wanneer er naar decentrale energiesystemen wordt overgegaan kunnen er grote verschillen ontstaan in de betaalbaarheid van energie.

Vanaf welke schaal een lokaal energiesysteem financieel haalbaar is zal o.a. worden bepaald door de kostprijs van energieopwekkings- en energieopslagcapaciteit ten opzichte van de prijs van netwerkkosten/energietransport of kosten voor aanpassingen van het net. Daarnaast is het energiebeheer en ontwerp van het systeem heel bepalend, evenals het type beheer (governance) van het systeem. Een coöperatief systeem zal op papier vaak beter uitkomen dan een gecommmercialiseerd systeem waarbij ruimere marges worden aangehouden. Aan de andere kant kunnen grotere commerciële partijen soms weer diensten leveren voor lagere kosten door schaalvoordeel ten opzichte van kleine coöperaties. Er zijn vele vormen van samenwerkingen tussen coöperatieve, zakelijke en overheidspartijen mogelijk, wanneer de gekozen vorm van governance past bij het systeemontwerp resulteert dit in het meest betaalbare energiesysteem.

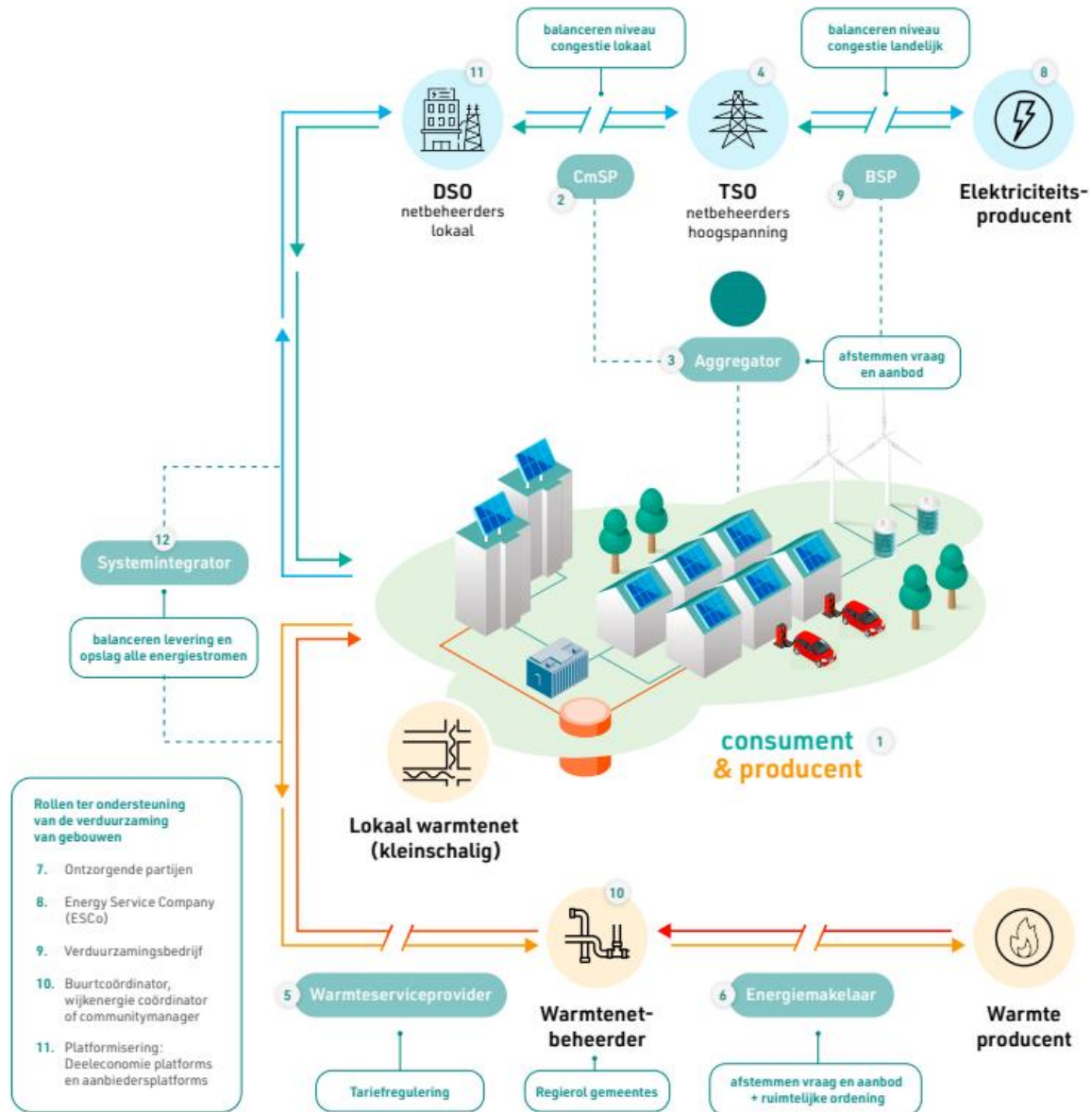
5.1 Spelers op de energiemarkt

Met nieuwe Europese regelgeving en een veranderend energiesysteem komen er nieuwe rollen en functies of nieuwe spelers op de energiemarkt. Door steeds verdergaande elektrificatie van zowel verbruik als ook in de opwek wint de elektriciteitsmarkt steeds meer aan belang omdat het deel elektriciteit t.o.v. het primaire energie verbruik (omvat alle vormen van energieconsumptie) steeds groter wordt. Een korte omschrijving van de spelers op de energiemarkt is gegeven in Tabel 3. In een energiesysteem over verschillende vectoren kan er nog een partij specifiek voor systeemintegratie bij komen en rollen gerelateerd aan warmte, gas of mobiliteit. Als deze spelers of rollen hebben een invloed op de uiteindelijke BC van een decentraal energiesysteem.

Tabel 3. Korte omschrijving van de spelers op de energie (elektriciteit) markt en voorbeelden van spelers in Nederland. Gebaseerd op tabel van [next](#).

Speler	Functie / rol	Voorbeelden in NL
Producent	Productie van elektriciteit met een energiecentrale. Indien de centrale flexibel stuurbaar is kan de producent mogelijk ondersteunende diensten bieden aan de netbeheerder	Grote leveranciers: Vattenfall, Eneco, Essent, NUTS groep, Greenchoice BV, Engie S.A. Zelfstandige leveranciers: o.a. energie van ons, om nieuwe energie, Grunneger power,...
Consument	Gebruiker van elektriciteit	Bedrijven, huishoudens, gemeentelijke nutsvoorzieningen, ...
Prosumant	Consument die zelf ook elektriciteit produceert	Bedrijven of huishoudens met eigen energieopwekking
Transmissienetbeheerder (TNB)	Verantwoordelijk voor elektriciteitstransmissie binnen het hoogspanningsnet (HV) en verantwoordelijk voor de balans tussen afname en injectie op het elektriciteitsnet	TenneT
Distributienetbeheerder (DNB)	Verantwoordelijk voor distributie van elektriciteit binnen het laag- en middenspanningsnet (LV, MV)	TenneT, Coteq, Enduris, Enexis, Liander, Rendo, Stedin, Westland Infra
Energieleverancier	Elektriciteitslevering aan kleine bedrijven en huishoudens	De meeste energieproducenten, waaronder energie coöperaties en energiehandelaren
Balansverantwoordelijke, programmaverantwoordelijke	Netbalancering. Elke netgebruiker moet een PV-partij aanstellen om de balanceringsverantwoordelijkheid op te nemen voor zijn aansluitpunt	Voor eindconsumenten wordt de balansverantwoordelijkheid verzorgd door de leverancier. Grotere consumenten en producenten zijn doorgaans hun eigen PV-partij
Regulator	Zorgt voor gelijke concurrentiemogelijkheid binnen de vrije markt. Bescherming consument.	Autoriteit Consument en Markt (ACM) Energie.
Elektriciteitsbeurs	Beurs voor energietransacties op day-ahead en intra-day basis	EPEX Nederland
Aggregator / Virtuele Energiecentrale (VPP)	Een aggregator combineert de decentrale consumptie- en productie-eenheden. Vormt hiermee een VPP. Balanceringsdiensten worden aangeboden aan netbeheerders. Verhandelen van energie uit decentrale installaties.	Next Kraftwerke, Tibber, NextEnergy, Mijndomein energie, Vandebroon, Engie, Escozon, Energiesamen, NieuweStroom, Scholt Energy, Enervalis, ... Energiecoöperatie of ESCo's kunnen deze rol op zich nemen.

Vereenvoudigde weergave van het nieuwe energiesysteem



Figuur 22. Rollen binnen het nieuwe energiesysteem. Afbeelding afkomstig uit het TKI Urban Energy [dossier](#). BSP = Balancing Service Provider; CmSP = Congestion Management Service Provider.

5.2 Operationele modellen

Uit een analyse van de Nederlandse projecten en Europese projecten die raken aan SIDES en slimme kleinschalige energiesystemen komen een aantal aspecten naar voren die bijdragen aan de haalbaarheid en uitvoerbaarheid van deze systemen. Er is een onderscheid te maken in aan de ene kant energiegemeenschappen die actief worden op de energiemarkt, of zelfs een lokale energiemarkt opzetten, maar wel in de context van het huidige sterk gecentraliseerde energiesysteem passen en aan de andere kant van het spectrum lokale coöperatieve energiesystemen die gericht zijn op

autonomie en zelfvoorzienendheid (autarkie), de zogenaamde energie-eilanden. Terugkerende aspecten die van invloed zijn op de projecthaalbaarheid en het operationele model van een lokaal energiesysteem en energiecoöperaties zijn:

- Besparing op totale energieverbruik
 - Verspilling voorkomen en besparen op niet-kritisch gebruik
 - Efficiënter gebruik maken van (hernieuwbare) energie
- Besparing op energiebelasting (interne saldering)
- Vermindering netwerkkosten door geen, lichtere of gedeelte netaansluiting
- Vergroten aandeel van eigen opgewekte energie in het gebruik
- Curtailment (afwenteling/afkoppeling van opwek)
 - Voorkomen: maximaal gebruik van energie opwekkingscapaciteit
 - Inzetten: voorkomen van 'betaling' voor levering ten tijde van negatieve energieprijzen.
- Aggregatie van verspreide opwekcapaciteit/gebruik
 - Meerdere gebruikers/verspreide energie opwekcapaciteit.
 - Meerdere decentrale netten
- Demand Response Service (DRS)
 - Expliciet: aanbieden van flexibiliteit en net-balanceringscapaciteit op de markt (wordt ingekocht door DSB).
 - Impliciet: aanpassing energieconsumptie naar gelang prijs. Besparing geen compensatie. Stroom afnemen/opslaan wanneer aanbod groot is en afgeven/niet kritisch gebruik stoppen bij laag aanbod (load-scheduling, load-shifting)
- Aanbieden lokale netbeheerdiensten (congestiebeheer, frequentie diensten: FCR, aFRR)
- Integratie van verschillende (lokale) energievectoren/sector koppeling (P2H, P2G, P2V)
- Elektrificatie van vervoer en gebruik autobatterijen in het energiesysteem
 - Aanbieden mobiliteit (bv. elektrische deel/leenauto's)
- Energieopslag om te profiteren van aanbod verschillen in de tijd
 - Batterijopslag, warmteopslag (P2H), waterstof (P2G), ...
- Vergaande elektrificatie en digitalisatie
 - Slimme meters en apparatuur, (Multi-Energy) VPPs¹⁰, Virtual Energy Storage System (VESS), energie managementsystemen (EMS) met voorspelling van energiepatronen (opwek en verbruik), AI & machine learning, algoritmen, blockchain applicaties, platformdiensten, informatiebeheer en privacy (zero-knowledge).
- Datavalorisatie
 - Monitoring energiegebruik, opwek, technologie en gedrag om systeem verder te optimaliseren en kosten te verlagen
- Microgrids
 - Lokale gelijkstroom (DC) netten
 - Microgrid als dienst: lokaal netbeheerdiensten, gezamenlijke inkoop van energie, ...
- Lokale gezamenlijke financiering (crowdfunding, lagere kosten per persoon door delen van 'energie-assets')
- Lokale energiehandel via een lokale markt (P2P, P2B, B2P, B2B handel)

¹⁰ Multi energy virtual power plants (MEVPPs) zijn systemen die energie uit verschillende energiebronnen combineren in een geïntegreerd energie productiesysteem.

5.3 Businessmodellen (BMs)

5.3.1 Samenstelling van businesscases (BCs)

Financiële haalbaarheid gaat vaak niet over of een persoon, bedrijf, of gemeenschap de financiële middelen bij elkaar kan krijgen om een project uit te voeren, maar meestal of het systeem goedkoper is dan het huidige energiesysteem. Wanneer een beter financieel resultaat kan worden behaald door een systeemverandering door te voeren is er sprake van een valide BM.

Valide BMs zijn een vereist voor grootschalige acceptatie van nieuwe technologie en managementsystemen. Een BM beschrijft de denkwijze over het hoe een organisatie waarde creëren, leveren en vasthouden. In de kern gaat zo'n model over drie hoofdzaken: 1) de waardepropositie (wat biedt je aan), 2) het verdienmodel (waarom kan hier winst op gemaakt worden), en 3) de waardeketen (hoe wordt de waardepropositie uitgevoerd). De klant staat centraal in het BM en bepaalt het perspectief op deze drie kernen. De lijst met aspecten van operationele modellen kunnen onder worden onderverdeeld in zaken die bijdragen aan de waardepropositie, het verdienmodel en de waardeketen. Wanneer zo'n lijst wordt gemaakt komt naar voren dat de klant per product kan verschillen, bijv. bij expliciete DRS is een netbeheerder de klant, bij impliciete DRS de afnemer.

Net zoals het operationele model is ook het daarbij passende BM heel context afhankelijk en ook afhankelijk van de planning en uitvoering van de voorgestelde transitie. Wordt eerst geïnvesteerd in coöperatieve energieopwekking? Een gedeeld warmte systeem? Gedeelde energieopslag? Of in vergaande energiebesparing en verbeteren van de systeemefficiëntie? Binnen het E-LAND project zijn 25 verschillende BM-patronen ontwikkeld die gericht zijn op ECs die verschillende energievectoren omvatten (stroom, warmte, mobiliteit, ...) en geïnspireerd zijn op werkende BMs. De bouwstenen van deze BC zijn terug te vinden in de lijst in de vorige sectie en deze zijn vertaald naar 34 ingrediënten die te gebruiken zijn in het recept voor een rendabel lokaal energiesysteem. Aan deze ingrediënten zijn soms investeringen aan hardware, software en dienstverlening gekoppeld, de hoogte van deze investeringen heeft een sterke invloed op de BC en moet in verhouding staan tot de opbrengsten in het BM. Een teveel aan hardware, software, management, niet optimaal gebruik etc. zal resulteren in een niet haalbare BC.

Naast de BC kan er op micro-economisch niveau een effect optreden onder invloed van de realisatie van SIDES. Zo kan er meer lokale werkgelegenheid ontstaan en vloeien energiekosten niet uit de regio naar multinationals, maar blijft dit geld in de lokale economie. Aan de andere kant moeten investeringen in SIDES ook bekostigd worden uit de lokale economie, een rendabele BC blijft hierdoor van groot belang.

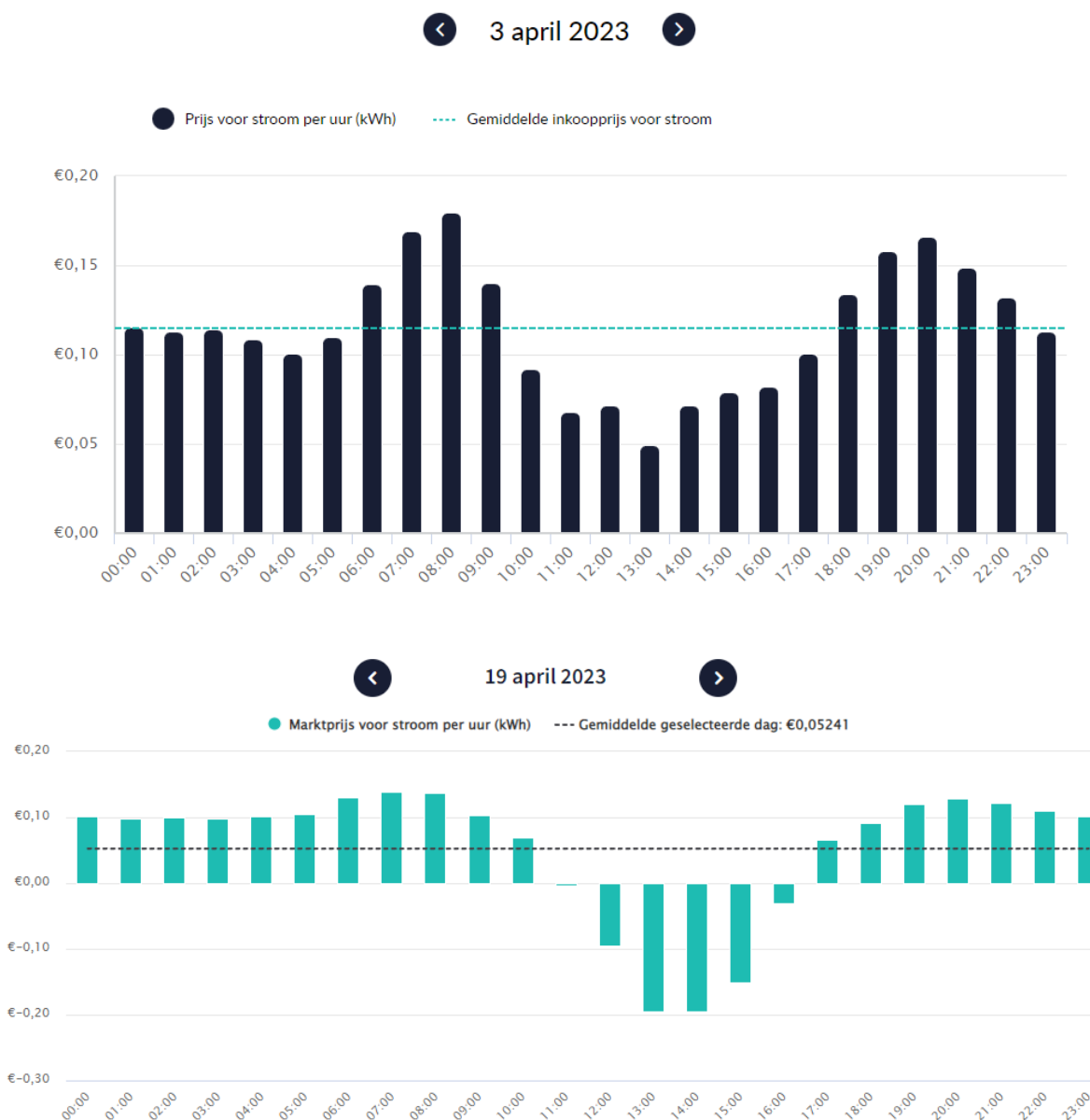


Tabel 4. Lijst met 34 'ingrediënten' die gebruikt kunnen worden in een business case voor een SIDES, opgesplitst naar verschillende categorieën. EC staat voor energiecoöperatie, deze zou in veel gevallen ook kunnen worden vervangen door bijv. een ESCO of een lokaal energiebedrijf. DSB staat voor distributiesysteembeheerder.

Categorie	onderdeel	subonderdeel	klant
Kostenbesparing	energieverbruik	Voorkomen verspilling	gebruiker
Kostenbesparing	energieverbruik	reduceren niet-kritisch verbruik	gebruiker
Kostenbesparing	energieverbruik	efficiënter gebruik maken van energie,	EC, gebruiker
Kostenbesparing	energiebelasting	salderingregeling (extern)	gebruiker
Kostenbesparing	energiebelasting	interne saldering	EC, gebruiker
Kostenbesparing	netwerkkosten	gedeelde aansluiting	EC, gebruiker
Kostenbesparing	netwerkkosten	geen netwerkaansluiting	EC, gebruiker
Kostenbesparing	netwerkkosten	Lichtere aansluiting behouden door bijv. peakshaving en power boosting oplossingen	gebruiker
Prijs van energie	eigen opwek	zelf energie opwekken	EC, gebruiker
Prijs van energie	eigen opwek	vergroten aandeel eigen verbruik	EC, gebruiker
Prijs van energie	lokale energiemarkt	lokale handel tussen personen en bedrijven (P2P, P2B, B2P, B2B):	EC, gebruiker
Prijs van energie	curtailment	Voorkomen afkoppeling, benutting volledige capaciteit van opwekking	EC, gebruiker
Prijs van energie	curtailment	Afkoppeling van capaciteit om negatieve prijs te ontlopen	EC, gebruiker
Prijs van energie	gezamenlijke financiering	crowdfunding, goedkopere financiering, risicodragend vermogen	EC
Prijs van energie	gezamenlijke financiering	Gezamenlijke aanleg van gedeelde energieopwekking, opslag en distributie.	gebruiker
Flexibel gebruik	demand Respons Services (DRS)	Expliciet: verkoop flexibiliteit op markt	DSB
Flexibel gebruik	demand Respons Services (DRS)	Impliciet: aanpassen gebruiksactiviteit a.h.v. energieprij	EC, gebruiker
Omzetting en opslag	sectorkoppeling	Omzetting elektriciteit in warmte, gas, ... n.g.v. energieprij en beschikbaarheid	EC, gebruiker
Omzetting en opslag	batterijen	stationaire batterijen	EC, gebruiker
Omzetting en opslag	batterijen	batterij capaciteit in elektrische auto's	EC, gebruiker
Omzetting en opslag	gas	energieopslag in waterstof of methaan uit elektriciteit	EC, gebruiker
Omzetting en opslag	thermisch	heet/warm/koud, dag/seizoen	EC, gebruiker
Dienstverlening	aggregatie	koppeling opwek voor gezamenlijke verkoop op de energiemarkt	EC, gebruiker

Dienstverlening	aggregatie	koppeling gebruik voor gezamenlijke inkoop op de energiemarkt	EC, gebruiker
Dienstverlening	aggregatie	Aanbieden en verzorgen DRS, expliciet en impliciet	EC, gebruiker
Dienstverlening	netbeheer	Aanbieden lokale netbeheersdiensten	DSB
Dienstverlening	netbeheer	Aanleg en beheer slim microgrid	EC
Dienstverlening	mobiliteit	Aanbieden elektrische deelauto's	gebruiker
Dienstverlening	platformdiensten	aanbieden slim energie management	EC, gebruiker
Dienstverlening	platformdiensten	aanbieden lokale marktplaats en afrekening	EC, gebruiker
Dienstverlening	informatiebeheer	veilig beheer van energie gerelateerde informatie	gebruiker
Dienstverlening	informatiebeheer	inzichten verschaffen op basis van monitoring	gebruiker
Digitalisering	Hardware, sensing	Slimme meters en hardware om apparatuur aan te sturen	gebruiker
Digitalisering	software	Home energy management system	gebruiker
Digitalisering	software	Virtual power plant, virtual energy storage system, digital twin	EC
Digitalisering	software	Energy management system	EC

Wat uit de praktijk blijkt is dat ECs een tekort hebben aan financiële middelen, kennis en relaties om hun plannen efficiënt uit te voeren en dat regionale en nationale markten en regelgeving nog onvoldoende passen bij BMs die passend zijn voor ECs [12]. Over het algemeen geldt voor een economische perspectief voor ECs dat eigen verbruik en uitwisseling van energie binnen de gemeenschap gemaximaliseerd moet worden. In een efficiënt functionerende energiemarkt volgt de waarde van flexibiliteit uit de prijsverschillen van elektriciteit op verschillende tijdstippen. Hoe hoger de prijsverschillen, des te meer waarde heeft flexibiliteit. Bij grote prijsverschillen, en dus een hoge waarde van flexibiliteit, is er veel aan te verdienen. Een voorbeeld van de dagelijkse stroomprijs is gegeven in Figuur 23.



Figuur 23. Afbeelding van de elektriciteitsprijs op 3 en 19 april 2023 de dag markt (spotmarkt, EPEX, daghandelsbeurs). De hoogte wordt bepaald per uur, een dag vooruit. Door slim energie in te kopen en te verkopen kan geprofiteerd worden van de prijschomeling (prijzen incl. BTW en excl belastingen en heffingen), of zelfs van negatieve stroomprijzen. Bij negatieve energieprijzen moeten wel energiebelasting en toeslagen worden afgerekend, voor particulieren ca. 16 cent. Hoe groter de volatiliteit op de markt, hoe aantrekkelijker investeringen in energieopslag. Afbeeldingen van: www.nieuwestroom.nl.

5.3.2 Inzichten uit projecten

Omdat er binnen gecentraliseerde markten of systemen dienstverlening nodig is (databeheer, management, service aan klanten, aggregatiediensten, etc.) is een bepaald schaalomvang nodig. Voor een lokaal marktexperiment in het RENAISSANCE project kwam naar voren dat er met inzet van externe aggregator een schaalomvang van tenminste 500 personen nodig is voor een winstgevend systeem. Technologieën die kunnen worden toegepast in decentrale en zelfvoorzienende systemen zijn in veel gevallen nog niet rendabel in te zetten doordat ze nog onvoldoende rijp zijn voor de markt of de schaalgrote van de toepassing nog te beperkt is (denk aan energieopslag of energiemanagementsystemen, zie ook bijv. de projecten COMPILE en INTERFLEX). Ze zijn echter wel nodig voor EC op hun volledig potentiaal te realiseren. Uit het Horizon2020 DELTA project komt naar voren dat de zogenaamde transactiekosten, d.w.z. de kosten voor informatie, coördinatie en beslissing name, toenemen en belangrijker worden voor de businesscase wanneer kleine(re) prosumenten deelnemen in bijv. aanbieden flexibiliteit door DRS-activiteiten. Deze transactiekosten (overheadkosten), bijv. gemaakt door een aggregator of ESCo, kunnen de kleine marges nog verder verlagen, waardoor investeringen moeilijker terug zijn te verdienen. Enkel systemen die de transactiekosten laag houden zullen uiteindelijk succesvol zijn. Uit het DELTA project komt ook naar voren dat BMs die levering van meerdere diensten omvatten over het algemeen winstgevender zijn, juist ook omdat de transactiekosten hier in verhouding lager zijn. Ook in het SMILE-project blijkt dat op dit moment lokale energiemanagementkosten enkel uitkunnen wanneer de centrale netwerkkosten excessief hoog zijn. Dit kan het geval zijn op bijv. eilanden of erg afgelegen gebieden waar netverzwaring nodig is voor ontsluiten van hernieuwbare elektriciteitsopwekking en verhoogd elektriciteitsverbruik door elektrificatie van het energiesysteem.

Uit het GIFT project (deliverable D3.8) blijkt dat de CO₂ besparingen van een zelfvoorzienend energiesysteem gebaseerd op hernieuwbare energie aanzienlijk is, maar dat het verschil in winstgevendheid t.o.v. het huidige systeem klein is en voor sommige elementen van nieuwe systemen is er nog geen valide businesscase. Op dit moment bevinden we ons voor veel apparatuur nog in de nog-net-niet markt klaar of 'early-adopters' fase. Met toenemend gebruik en verdere doorontwikkeling zullen hardware, software en complete microgrid systemen steeds beter betaalbaar worden en steeds meer voordeel voor de eindgebruikers en het totale systeem opleveren. Ook in het SMILE-project (Deliverable 6.4 en 6.6.) blijkt dat het in dit project ontwikkelde eilandsysteem financieel haalbaar is met een terugverdientijd van 15 jaar. De meest winstgevende onderdelen zijn het terugdringen van de elektriciteitskosten, door een toename van eigen opwek en besparing. Ook het gebruik van warmtepompen had een positieve invloed op de businesscase, terwijl er nog stappen nodig zijn om ook onderdelen voor systeembeheer, efficiëntieverhoging en facilitering van de duurzaamheid van het elektriciteitsnet te laten bijdragen aan de BC. Energieprijzen uit fossiele brandstoffen zijn uiterst bepalend voor de haalbaarheid van lokale systemen gebaseerd op hernieuwbare energie.

ECs in Nederland draaien op vrijwilligers en zijn gericht op het laag houden van energiekosten en het terug laten vloeien van eventuele winsten aan de lokale gemeenschap. Hierdoor ontstaat spanning wanneer er samen gewerkt moet worden met technische experts of private partijen die van de energietransitie zelf of van te leveren diensten binnen decentrale systemen hun verdienmodel hebben gemaakt. Naast technologische onrijpheid, zijn deze spanningen en de spanningen met wet- en regelgeving allen erg hinderlijk voor de voortgang van de lokale energietransities. Op dit moment is batterijopslag voor particulieren over het algemeen nog niet rendabel. Het al door goedkoper worden van batterijen (€/kWh), het afbouwen van de salderingsregeling en oplopende netwerkkosten maken batterij-systemen steeds aantrekkelijker.

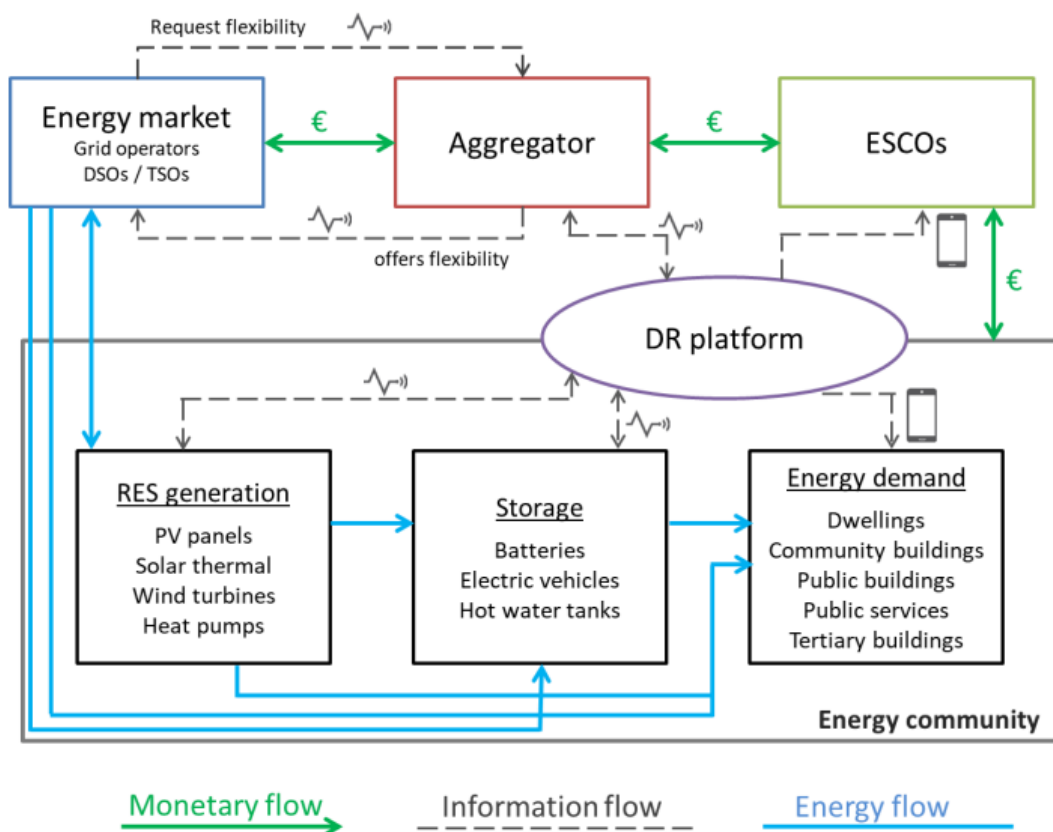


Figure 83: REACT general business model proposal

Figuur 24. Een algemeen businessmodel (afkomstig uit: REACT Deliverable 1.3) met een energiegemeenschap, een energie service bedrijf (ESCO), aggregator en de netbeheerders, waarbij DR diensten worden aangeboden via een centraal platform.

5.4 Marktanalyse/ netwerkverkenning

SIDES staan nog aan het begin van hun ontwikkeling en de markt is nog niet klaar voor grootschalige toepassing. Er vindt nog veel ontwikkeling plaats en er zijn weinig installateurs die ervaring hebben met installatie van bijvoorbeeld home energy management systems of slimme systemen die meerdere gebruikers omvatten. Er komen steeds meer aggregatoren op de markt voor DRS. Grote Europese spelers op deze markt zijn bijv.: Flexitricity, Agregio, Enel X en Grupo ASE. Voorbeelden van spelers op de Nederlandse markt zijn eerder gegeven. In deze paragraaf wordt met name gekeken naar marktpartijen die slimme decentrale energiemanagementsystemen aanbieden of onderdelen binnen deze systemen.

De topsector energie [TKI urban energy](#) en het [Flexiblepower Alliance Network](#) (FAN) hebben samen een smart energy community voor woningen en bedrijfsgebouwen opgericht. Binnen deze gemeenschap wordt actief kennis uitgewisseld door participerende partijen en jaarlijks wordt vanuit dit netwerk de FLEXCON georganiseerd. Ook het [netwerk](#) van de Europese associatie voor slimme energy, [SmartEn](#) is hierbij betrokken.

4.4.1 Bedrijven actief in Nederland

Er zijn al veel bedrijven actief op de flexibiliteitsmarkt en flexibele (uur) contracten zijn beschikbaar voor alle consumenten via energieleveranciers en aggregatoren. Daarnaast zijn er vele bedrijven actief op het gebied van slimme laadtechnologie en batterijsystemen. Batterijsystemen zijn op dit moment vaak financieel nog niet aantrekkelijk voor particulieren. o.a. door de salderingsregeling, relatief hoge installatie en servicekosten en de energiebelasting. Hierdoor vindt toepassing meer plaats in de zakelijke markt. Met name interessant voor bedrijven waar een terugleveren aan het net niet wordt toegestaan door de netbeheerder of voor bedrijven die middels hun batterijen een aansluiting met lagere piekcapaciteit konden behouden.

Er zijn een heel aantal bedrijven dat zich richt op het slimmer maken en verbeteren van het centrale energiesysteem en netbeheer en dat zich richt op grote projecten, netbeheer en verduurzaming van industrie. Technologie die hier ontwikkeld en gebruikt wordt is zeker interessant voor SIDES systemen, met name technologie en gebruikscases die worden ontwikkeld voor industriële microgrids. Energiemanagementsystemen, platformen en apparatuur voor het slim maken van systemen worden door verschillende bedrijven ontwikkeld en aangeboden. Binnen Europa zijn nog veel meer bedrijven actief, hier is een overzicht gegeven van een marktverkenning. ***De belangrijkste conclusie is dat er genoeg oplossingen voor het ontwerp, installatie en beheer van decentrale energiesystemen op de markt zijn en dat technologie niet de belemmerende factor in de energietransitie is.*** De betaalbaarheid van deze systemen en de moeilijkheden rond regelgeving zijn van veel grotere invloed op de schaal van toepassing in SIDES.

5.4.1.1 (Meer) Voor de grote projecten, netbeheer en industrie:

Elaad

[ElaadNL](#) is het kennis- en innovatiecentrum op het gebied van slimme laadinfrastructuur in Nederland. Het is Elaad's missie om ervoor te zorgen dat iedereen slim kan opladen. Taken zijn monitoren van de EV-laadinfrastructuur en coördineren van de verbindingen tussen openbare laadpalen en het elektriciteitsnet. ElaadNL onderzoekt Vehicle-to-Grid (V2G). V2G wil zeggen dat de energie in de batterij van een elektrische auto terug geleverd kan worden aan het elektriciteitsnet. Er zijn binnen Nederland een heel aantal aanbieders van slimme laadtechnologie zoals: *PowerD, EV-Company, Awesems, NL MAB, Vandebron, Engie, Van Leeuwen Oplaad, Laadkompas, MobilityPlus, J&K EV solutions, Allego, Joulz, Gilbarco en EVconsult.*

ATEPS

[ATEPS](#) zijn specialisten in energieopslag (batterijen en batterijmanagement) voor ***bedrijven, buurten. Off-grid systemen.*** Energiehandel. Peak shaving technologie (voorkomen van de noodzaak tot zwaardere netaansluiting en hoge kosten) hierdoor is bijvoorbeeld snel laden of gebruik van zware machines mogelijk met een relatief lichte netaansluiting. Slimme laadsystemen.

Spie building solutions

[Spie](#) is een bedrijf met 800 vestigingen wereldwijd. Het is een bedrijf dat gespecialiseerd is in projecten op het vlak van gebouwprestaties, slimmer maken van steden, energietransitie en verduurzaming van de industrie. Spie werkt aan ***grootschalige projecten*** en is m.n. gericht op bedrijven, industriële

toepassingen, energieleveranciers, netbeheerders, overheid, bouwprojecten, grootschalige opwekking en (slimme) opslag van energie.

Withthegrid

[Withthegrid](#) is een Nederlands technologiebedrijf **gericht op management en onderhoud van energieinfrastructuur**. Withthegrid werkt voor klanten in de warmte-, water-, gas- en elektriciteitsdistributie. Withthegrid houdt zich bezig met o.a. digitalisering van assets, Peak-shaving, energieopslag, managing curtailment (voorkomen of juist uitvoeren van curtailment wanneer er negatieve energieprijzen zijn), DSR, platform, interfaces, management, IoT, gateways, monitoring, netbeheer, smartgrid oplossingen, real-time interfaces voor energieopwekking.

ABB

[ABB](#) is een gerenommeerd bedrijf in de electrificatie en automatisering met vestigingen wereldwijd en meer dan 100.000 mensen in dienst. ABB biedt ook oplossingen voor energiebesparing en EMS-systemen voor gebouwen. ABB is **actief in de woningbouw, utiliteit en industrie**.

Kenter

[Kenter](#) is een meetbedrijf dat ontstaan is uit Liander. Het levert slimme innovatieve meetdiensten en betrouwbare energievoorzieningen. O.a. vestigingen in Leeuwarden. **Richt zich op de zakelijke markt**, alle soorten klein, middel en grote bedrijven, netbeheerders, gemeenten, verenigingen.

NET2GRID

[NET2GRID](#) is een klein bedrijf dat gevestigd is in Nederland maar wereldwijd actief is. Het bedrijf houdt zich bezig met AI die energieleveranciers faciliteert in de energietransitie. Het ontwikkelen van residentiële energie inzichten en data-analyse. Waarde halen uit slimme meters, interface, real-time datamonitoring. **Werkt met name met energiemaatschappijen en leveranciers**.

BAM energy systems

[BAM Energy Systems](#), een onderdeel van bouwbedrijf BAM, levert en beheert energiesystemen voor kantoren en woningen (**vastgoed**). Monitoren energiestatistiek van gebouwen en vergroten het voorspellend vermogen op basis van data. Ontwikkelen, ontwerpen, realiseren en exploiteren van energiezuinige en duurzame gebouwen, woningen en systemen.

Alfen

Het bedrijf [Alfen](#) is actief op het gebied van **private hoog- en middenspanningsnetten** voor bedrijven in het vrije domein. Zonneparken, snellaadstations, wind op land, datacenters, glastuinbouw, industrie. Alfen is een systeemintegrator.

Flexcity.

[Flexcity](#) is gespecialiseerd in het valoriseren van flexibiliteit en het leveren van netbeheerdiensten. Gericht op de **energiesector**. Realtime apparatenbeheer. Smartnet technologie voor m.n. het centrale net. Flexcity is ontstaan uit [Activity](#) Energy, dit bedrijf is actief op vele vlakken waar IoT een rol speelt. Binnen Flexcity wordt gebruik gemaakt van het internet of energy management platform, waarbinnen

voorspelling, modellering, aansturing, monitoring, aggregatie en automatische vraagsturing plaatsvindt.

Controlin

[Controlin](#) is gericht op de **zakelijk markt**, utiliteit, scheepvaart en infrastructuur. Leveren van verschillende elektrotechnische totaaloplossingen, waaronder energiemanagementsystemen. Met name gericht op installateurs.

5.4.1.2 (Ook) Voor thuis en energie coöperaties

Lyv

[Lyv](#) helpt **bedrijven, particulieren en energiecoöperaties** met de energietransitie. Gericht op energiemanagementsystemen en energieopslag. Slimme systemen voor thuis, local financial optimisation: dynamische energieprijzen optimaal benutten. Levering van systemen verloopt via installateurs.

Ileco Energy

[Ileco.energy](#) is gericht op het ontwikkelen van innovatieve software oplossingen die economisch en ecologisch profijt opleveren voor lokale slimme energiesystemen, waardoor mensen en bedrijven profiteren. Energiemanagementsystemen. **Gericht op B2C en B2B** klanten, waaronder **ECs**. Actief in Europese projecten. Nieuwe energiemarkten d.m.v. geavanceerd energiemanagement en lokaal handelsplatform.

Maxem

[Maxem](#) is actief in 11 Europese landen en is gevestigd in Nederland. Het ondersteunt **bedrijven en particulieren** in de energietransitie. Energiemonitoring en (H)EMS. Platform voor beheer, verrekening en betaling, dataontsluiting. Ook stationaire opslag en automatische in- en verkoop van energie.

Spectral

[Spectral](#) is in 2015 begonnen als een spin-off van Metabolic. Het is betrokken bij verschillende microgrid projecten (waaronder schoonschip en republica). Spectral Werkt aan de IT-ruggengraat voor een geïntegreerd en duurzaam energiesysteem. Technologie platform. Automatisering, EMS. Voor utiliteit en eigenaren van energieopwekking, Biedt alle mogelijkheden tot flexibel beheer van assets, DSR, peak-shaving, datamanagement, P2P handel etc. Optimalisering van energy systemen. **Gericht op de vastgoed en energiesector, ook ECs.**

OrangeNXT

[OrangeNXT](#) biedt kant-en-klare Software as a Service (SaaS) oplossingen en biedt hun klanten een plug-and-play cloudplatform. EnergyNXT is een specifiek IoT-platform dat beter inzicht verschaft in de energiehuishouding van organisaties. EMS. **Voor ESCos, grootverbruikers en groepen kleinverbruikers (ECs, geaggregeerd vermogen).**

Iwell

[Iwell](#) levert slimme batterijen. Modulair batterijsysteem voor o.a. huishoudens, industrie, vastgoed, MKB en woningcorporaties. Vermogen van 15 kW tot >500 kW. Omdat het financieel nog niet aantrekkelijk om te investeren in een batterij voor particulieren (o.a. door de salderingsregeling), richt iwell zich op de **zakelijke markt**. Wel voor ECs en ESCos.

Friday Energy

[Friday Energy](#) is ontstaan vanuit een gedachte om een decentraal netwerk van digitaal verbonden batterijen te creëren waarmee gebruik efficiëntie van duurzaam opgewekte energie kan worden vergroot. Thuisaccu's zorgen voor optimaal gebruik van lokaal opgewekte energie. Voor **huishoudens en zakelijk**.

HIVE Power

[Hive power](#) is een toonaangevende leverancier van innovatieve oplossingen voor slimme netwerken. Het bedrijf bestaat uit een team van onderzoekers en wetenschappers met diepgaande expertise in smartgrids, data science, en optimalisatie. Veel ervaring in onderzoek en proefprojecten rond gedecentraliseerd energiebeheer. Beheer platform voor huis, gemeenschap op netwerk. Dienstverlening aan het net, flexibiliteit en DRS en slim inspelen op energiemarkt. Beschikbaar voor **ECs, ESCo, gemeente, DSB, verenigingen** etc. Slimme oplaadsystemen.

TIBO energy

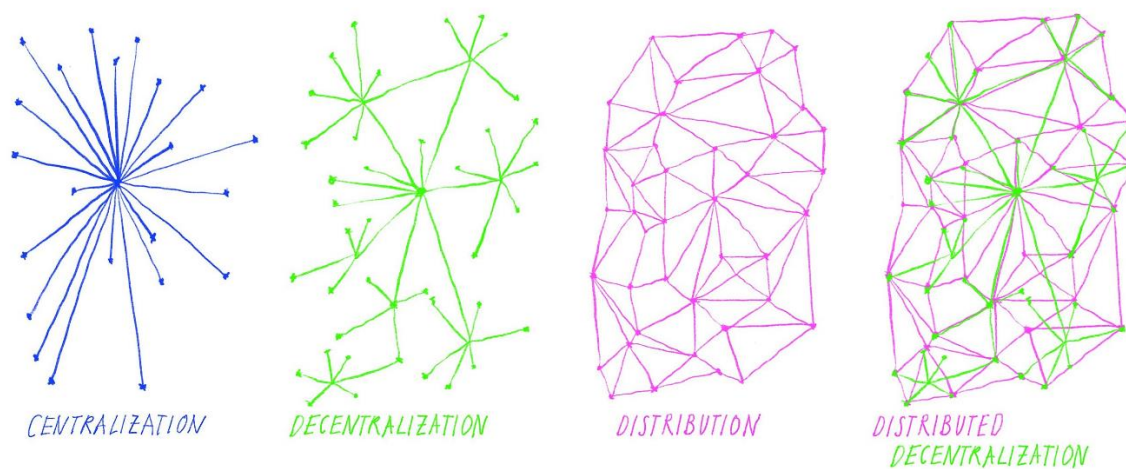
[TIBO energy](#) is opgericht in december 2022 en is gebaseerd op de TU van Eindhoven. Het biedt energiemanagementsystemen met aspecten als digital twinning, smartgrid technologie, energie voorspelling, slimme apparaten, VPP's. Er zijn geen duidelijke klanten gedefinieerd, **ECs en ESCos** lijken geschikt voor het type toepassing.

6 Vooruitblik naar de toepassing van SIDES

6.1 De komst van SIDES is reëel en een kwestie van tijd.

Energiespecialisten vanuit vele werkvelden zijn het eens over het feit dat het energiesysteem van nu nog grondig zal veranderen tot aan 2050. Vergaande elektrificatie, op basis van hernieuwbare energiebronnen, en digitalisatie van het net staan centraal. Belangrijke veranderingen zijn de toenemende mate van variabiliteit in energieopwekking en de flexibiliteit van afnemers. Energieopslag vormt de sleutel tot een robuust energiesysteem, of dit nu in de vorm van batterijen, waterstof, thermische energie of andere wijze zal plaatsvinden.

Op het vlak van hoe de transitie zal worden uitgevoerd en welke partijen daar een belangrijke rol in gaan vervullen verschillen experts nogal eens van inzicht. Waar sommige een transitie van bovenaf met sterk centraal energiesysteem en een grote rol voor grote multinationals als energieleveranciers zien, lijkt voor andere een transitie van onderaf met coöperatieve energieleveranciers en een veel meer gedecentraliseerd energiesysteem voor de hand te liggen. Met het oog op systeemefficiëntie, kosten en gebruik van lokaal opgewekte energie en de huidige problemen met het centrale energienet in zowel levering als afnamecapaciteit lijkt het de auteurs **dat een grotere mate van decentralisatie zal gaan plaatsvinden**. Neem hierbij: de steeds betere betaalbaarheid van hernieuwbare energiewinning en opslagcapaciteit, de hoge kosten die gepaard gaan met het uitbreiden en verzwaren van het huidige centrale elektriciteitsnet, de toenemende interesse in lokale buurtwarmte projecten op basis van grootschalige warmtepompsystemen (bijv. aquathermie en bodemthermie), ingezette trend in vergaande elektrificatie van vervoer en het (snel) toenemende aantal energiecoöperaties en men kan niet om decentralisatie heen. Door snelle ontwikkeling van digitalisatie, energiemeet en -managementsystemen, VPP-tools, en AI en een netwerk van slim bestuurd lokale netten, die autonoom kunnen opereren, maar gekoppeld aan centraal net. **Het centrale net zal veel meer gaan dienen om de onbalans tussen lokale systemen te vereffenen en steeds minder de rol van energielevering uit centrale punten**. Dit wil niet zeggen dat het centrale net op den duur overbodig gaat worden, in tegendeel het blijft uiterst belangrijk. Met name wanneer door koppeling van energiemanagementsystemen en slimme hardware er een systeem ontstaat dat een gedistribueerd en gecentraliseerd karakter heeft (Figuur 25).



Figuur 25. Van Centralisatie naar steeds verdergaande decentralisatie en distributie

5.2 Kansen voor SIDES

Binnen dit project zijn 36 elementen van business cases voor lokale energiesystemen geïdentificeerd, welke afhankelijk van de context, een rol zullen spelen in de ontwikkeling van lokale energiesystemen en lokale energiemarkten. Op de markt vinden al volop ontwikkelingen plaats en het aantal aanbieders van 'slimme systemen' en (thuis) energiemanagementsystemen neemt steeds verder toe, met name voor microgrids op bedrijvenparken zijn al veel gerealiseerde toepassingen. Technisch gezien zijn SIDES voor dorpen en wijken al mogelijk, technologie voor het slim maken van apparaten en bijbehorende energiemanagementsoftware is al voor handen. Ook platformen voor onderlinge handel in energie zijn al beschikbaar. Door verdere professionalisering van energiecoöperaties, vaak ondersteund door gemeenten en bedrijfsleven, neemt de drang naar lokale energiesystemen toe, er zijn hierdoor zeker kansen tot het ontwikkelen van SIDES. Ook netbeheerders experimenteren al met deze systemen, maar de distributienetbeheerders lijken, naast personele capaciteitsproblemen, zich nog in een spagaat te bevinden tussen de ingezette koers voor gecentraliseerde opwek en netverzwaring aan de ene kant en het ontplooiën van nieuwe mogelijkheden door ontwikkeling van lokale energiesystemen en uitbesteding van een deel van haar taken aan (coöperatieve) lokale beheerders aan de andere kant.

De wettelijke kaders omtrent autonome lokale energiesystemen en slimme energiesystemen zijn echter nog erg beperkt en op zijn best wordt op dit moment een nee, tenzij houding aangenomen als het gaat om het toestaan van slimme lokale autonome energiesystemen. Deze beperkingen komen voort uit onzekerheid en ook uit regels voor de bescherming van consumenten. Doordat steeds meer consumenten echter veranderen in prosumenten is verandering van regels nodig om lokale energieleveringen tussen bijvoorbeeld prosumenten onderling mogelijk te maken, zonder tussenkomst van een energiemaatschappij of aggregator waardoor extra kosten voor de afnemer en de producent ontstaan. Particulieren kunnen al wel deelnemen aan de flexibel energiemarkt en de rol van aggregatoren op de markt wordt steeds duidelijker merkbaar. Op de energiemarkt heeft de energietransitie al grote stappen gemaakt en de ruimte die er binnen de wettelijke kaders is wordt steeds meer benut. In Nederland vindt hervorming van de energiewet plaats, wanneer de nieuwe energiewet wordt aangenomen is nog onbekend. Omdat ook Europese regels nog onvoldoende passen bij de nieuwe realiteit, en zeker bij de toekomstige realiteit, mist de Nederlandse overheid ook duidelijke handvaten. Het ontbreken van passende wet en regelgeving lijkt verlamdend te werken op de uitvoeringsplannen van regionale en decentrale overheden maar ook op de stappen die bedrijfsleven en energiecoöperaties kunnen nemen.

Uit het haalbaarheidsonderzoek is naar voren gekomen dat technische oplossingen en hardware die nodig zijn voor realisatie van SIDES al voor handen zijn, ook zijn er al vele aanbieders van deze oplossingen actief op de Nederlandse markt. Uit de verkenning van business cases en de onderdelen die hierin een rol kunnen hebben cases blijkt er genoeg elementen zijn waardoor lokale systemen al haalbaar zijn en tot lagere lasten voor burgers kunnen leiden en tot een versterking van de lokale economie. De schaal waarop SIDES haalbaar zijn is afhankelijk van vele factoren. Door een gebalanceerde opwek, opslag en gebruik van eigen opgewekte energie (achter de meter) en slimme interactie met het centrale elektriciteitsnet en aanbieden van flexibilitiediensten lijkt het realistisch dat coöperatieve systemen op termijn al op beperkte schaal tot haalbaar business case kunnen komen. In de orde van tientallen woningequivalenten. Deze haalbaarheid zal zeker toenemen wanneer overheid en netbeheer de kansen van SIDES erkennen en wanneer regelgeving er op gericht wordt deze ontwikkelingen mogelijk te maken en zelfs te stimuleren. Met name in gebieden met een zwak elektriciteitsnet waar uitgebreide netverzwaring, met grote bijkomende kosten, nodig blijkt om een

relatief klein aantal burgers van energie te voorzien. Het zou op systeemniveau in deze gevallen slimmer zijn deze investering te doen in de ontwikkeling van lokale energiesystemen en dus in lokale ontwikkeling. Dit zou niet alleen een goede stimulans zijn voor ontwikkeling van SIDES maar ook tot netto lagere kosten voor het gehele energiesysteem, inclusief het centrale deel dat ook in de toekomst onmisbaar is. SIDES gaan er zeker komen, kijkend naar het aantal en de omvang van de experimentele projecten in Europa is het slechts een kwestie van jaren voordat de eerste echte economische succesverhalen over decentrale energiesystemen volledig gebaseerd op hernieuwbare energie worden geschreven. Dit zal een steeds verdere decentralisatie van het energiesysteem als gevolg hebben.

De tijd is rijp is voor de ontwikkeling en uitvoering van coöperatieve energiesystemen op dorpsniveau, de noodzaak vanuit de energiesector en vanuit energiegemeenschappen is hoog. De technologie voor SIDES is ver genoeg ontwikkeld en beschikbaar, de (coöperatieve) verdienmodellen zijn er, maar de wetgeving blijft achter. Door de vertraagde aanpassing van wet en regelgeving ontstaat onzekerheid bij burgers, projectgroepen, regionale en lokale overheden, en bij financiers. Deze onzekerheid is een van de grootste blokkades van de energietransitie op dit moment.



Figuur 26. Verzwaring en uitbreiding van transmissielijnen is een dure operatie, vraagt om ruimte en materialen.

7 Nederlandse smartgrid-initiatieven.

In Nederland zijn wel microgrids aanwezig in eigendom van een bedrijf en voor gebruik van energie binnen dit bedrijf. Het eerste microgrid in Nederland is het vakantiepark 'Vesting De Bronsbergen' bij Zutphen. Het bestaat uit meer dan 200 bungalows, die d.m.v. zonnepanelen en gedeelde batterijen zomers geheel zelfvoorzienend opereren.

Zonder uitzondering op de elektriciteitswet is het in Nederland niet mogelijk om als energiecoöperatie of als vereniging van eigenaren (VvE):

- Zelfstandig het elektriciteitsnet aan te mogen leggen en te beheren
- Zelf energie te produceren en
- Zelf energie te mogen gaan leveren aan haar leden.

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) had als uitvoerend orgaan van EZK de regeling 'Experimenten elektriciteitsnet' geopend waarmee VvE's en Coöperatieve Verenigingen ontheffing kunnen krijgen op de Elektriciteits- en Gaswet 1998. Omdat de raad van state bezwaar had tegen de mogelijkheid dat initiatiefnemers zelf kaders van het experiment stellen, en dat de regeling spanning heeft met bindende Europese regelgeving en omdat er een nieuwe Energiewet aankomt is deze regeling gesloten, zodat er na 2018 geen ontheffingen meer zijn verleend.

Er zijn in totaal aan 18 coöperaties en VvE's ontheffingen verleend aan experimenten elektriciteitswet 1998. Binnen deze [lijst van ontheffingen](#) moeten we praktische SIDES systemen in Nederland dus zoeken. De lijst (2015-2018) omvat:

1. VvE Park Reeuwijkse Plassen Fase 1 te Reeuwijk (decentrale duurzame opwekking)
2. VvE Collegepark Zwijsen (decentrale duurzame opwekking)
3. Energie Coöperatie Endona U.A. (lokale energiemarkt)
4. Black Jack (...)
5. **VvE Schoonschip (projectnet/ microgrid met een aansluiting)**
6. VvE Noordstraat 111 te Tilburg (tarievenstructuur)
7. **Energiecoöperatie Villa de Verademing U.A. (projectnet/ microgrid met een aansluiting)**
8. **VvE Aardehuizen Olst (onderlinge verrekening elektriciteit)**
9. Coöperatieve vereniging De Windvogel (grootschalige gezamenlijke opwek voor burgers)
10. **Coöperatie Republica Papaverweg U.A. (projectnet/ microgrid met een aansluiting)**
11. Energie Coöperatie Eemnes U.A. (peer to peer handel, deelnemer in [h2020-Renaissance](#))
12. **Energiecoöperatie Woonwijk Zeuven Heuvels Wezep U.A. (projectnet op wijkniveau)**
13. Energiecoöperatie gemeente Amersfoort U.A. (peer to peer handel)
14. **Kleine Duinvallei Katwijk (projectnet)**
15. **Coöperatie Zonnepark Bad Noordzee (projectnet)**
16. **Smart energy grid Bajes Kwartier (projectnet op wijkniveau, beheerd door liander)**
17. Duurzame Wijkenergiecentrale Trudo, eindhoven (productie, levering en facturatie)
18. **Smartgrid Groene Mient**

Van deze ontheffingen, betreft het bij de dikgedrukte aanvragen een ontheffing voor een projectnet met kenmerken van een SIDES. Deze zijn per stuk behandeld in volgende secties. Naast deze ontwikkelingen zijn er nog een aantal concepten in ontwikkeling zoals in in [Loenen](#), van Energiesamen, op Ameland (zie ook het Europese [IANOS](#) project) en in [Reahûs](#).

7.1 Schoonschip, Amsterdam

In Amsterdam is een smartgrid aanwezig bij de energie coöperatie [schoonschip](#). Hier bevindt zich een microgrid bestaande uit 46 aansluitingen met een aansluiting naar het centrale net. Schoonschip heeft eind 2016 de ontheffing toegekend gekregen op de elektriciteitswet 1998, in eerste instantie voor de periode van 10 jaar.

De uitgangspunten van de experimenten regeling passen perfect bij de missie van Schoonschip om een zo duurzaam en autocratisch mogelijk bestaan te organiseren. De bewoners hebben hiermee de regie in eigen hand genomen om zelf de energie infrastructuur te realiseren en te onderhouden, zoveel mogelijk duurzame energie zelf op te wekken en zo zoveel mogelijk daadwerkelijk lokaal (binnen de community) te gebruiken c.q. door te leveren. De slimme sturing en uitwisseling van de lokaal opgewekte energie gebeurt via het zeer geavanceerde smart-microgrid platform in combinatie met decentrale batterij opslagsystemen in de waterwoningen.

7.2 Villa de Verademing, Den Haag

Het project van [Villa de Verademing](#) omvat de transformatie van een voormalig buurthuis naar een kleinschalig groen, duurzaam en energieneutraal appartementencomplex met 18 compacte appartementen en 1 stadswoning. Het projectnet bevindt zich dus binnen een gebouw.

Energiecoöperatie Villa de Verademing is opgericht om op een innovatieve manier de door het gebouw opgewerkte energie (zon en wind) zo slim mogelijk over alle appartementen te verdelen. Op basis van de ontheffing op de elektriciteitswet kan de elektriciteit achter één netwerkaansluiting worden verdeeld. Leveringen van elektriciteit aan de appartementen binnen “Villa de Verademing” worden dan niet belast met de energieheffing en ook zijn er geen transportkosten van Stedin. Wel kan “Villa de Verademing” als collectief terug geleverde en afgenomen energie van het net met elkaar verrekenen (salderen).

7.3 Aardehuizen (Olst)

[Aardehuizen](#) is een ecologische wijk van zelfvoorzienende aardehuizen waarbij alle aspecten van duurzaamheid in onderlinge samenhang met elkaar in balans zijn. Het concept gaat o.a. uit van hergebruik van lokaal beschikbare materialen, grondstoffen en diensten. Onderlinge solidariteit, samen delen van spullen en voorzieningen, zelfvoorzienend zijn in energie en water waar mogelijk.

Aardehuizen is een pilot locatie geworden binnen het [Horizon 2020 – Serene](#) project. De doelstelling voor aardehuizen binnen dit project is: onderzoeken hoe de betrokkenheid van burgers in aardehuizen en [vriendenerf](#) (ook in Olst) kan worden verbeterd om 100% hernieuwbare energie te gebruiken op wijkniveau, onder meer door gebruik te maken van warmtepompen, zon-PV en smartgrid-technologie om problemen met netbalancing op te lossen en zelfconsumptie van lokale hernieuwbare energie te stimuleren. Het verbruik van aardgas als warmtebron in de bestaande wijken afbouwen en de afhankelijkheid van het nationale net en problemen met lokale laagspanningsnetten vermijden;

7.4 Republica Papaverweg, Amsterdam

[Republica](#) Papaverweg is een gebiedsontwikkeling van 20.000 m² gelegen in Buiksloterham, Amsterdam Noord, bestaande uit een groot hotel, drie woongebouwen, twee commerciële gebouwen en een grote parkeergelegenheid. De verwachte opleveringsdatum is medio 2023.

De hele gemeenschap (die bestaat uit 74 appartementen, kantoorruimte, een groot hotel, vrijetijdsvoorzieningen, een parkeergelegenheid en een restaurantruimte) zal één netaansluiting delen. Republica is haar eigen particuliere netbeheerder geworden, wat zorgt voor een uiterst lokaal energieverbruik, lagere tarieven en lagere energiekosten. Omdat de installaties efficiënter worden gebruikt, zullen ze dagelijks energie besparen en naar verwachting langer meegaan.

Republica heeft van de RVO toestemming gekregen voor een bijzondere proef in de experimenteerregeling om een eigen slim elektriciteitsnet (smartgrid) aan te leggen. Met de smartgrid kan zelf uit zon opgewekte energie, onderling worden geleverd, in eigen batterijen opslaan en verrekenen. De VVE's zullen als netbeheerder optreden en krijgen gedurende minimaal 10 jaar de vrijheid zelf tarieven vast te stellen. De smartgrids zullen met slechts een grootverbruikersaansluiting verbonden zijn met het openbare elektriciteitsnet. Zo dragen deze projecten bij aan het balanceren van het openbare net.

(info: [Spectral energy](#) en [Vink Bouw](#))

7.5 Energiecoöperatie Woonwijk Zeuven Heuvels Wezep U.A.

Woonwijk Zeuven Heuvels in Wezep wordt gekoppeld aan het landelijke elektriciteitsnetwerk, maar krijgt een eigen stroomnet en kan daarmee experimenteren met de onderlinge uitwisseling van energie, of gebruikmaken van andere opwekinstallaties. De energiecoöperatie krijgt één aansluiting voor grootverbruik, in plaats van 57 losse aansluitingen, en wordt gekoppeld aan een transformator die in de wijk is geplaatst. Via deze aansluiting komt de stroom uit het zonnedak de wijk in, maar kan ook stroom bijgeleverd worden op minder zonnige dagen. Na problemen met een failliet bouwbedrijf, is de wijk eind 2021 opgeleverd. Er is geen verdere informatie beschikbaar over het aangevraagde project in Woonwijk Zeuven Heuvels.

7.6 Kleine Duinvallei, Katwijk

Het hele project [Kleine Duinvallei](#) bestaat uit 83 zelfstandige woningen en een huiskamer. De woningen zijn opgedeeld in vier gebouwen met centraal de huiskamer, waar ook gemeenschappelijke faciliteiten zijn. Coöperatieve Vereniging Gave Buren U.A. heeft van de RVO ontheffing verkregen voor het beheren van een projectnet en het leveren van stroom uit decentrale opwekcapaciteit aan de huurders van de appartementen. Er is geen verder informatie over het project beschikbaar dat met name gericht lijkt te zijn op lagere lasten voor de energierekening van de huurders.

7.7 Coöperatie Zonnepark Bad Noordzee, Beekbergen

Geen verdere informatie over gevonden. Anders dan in vergunning verlening door RVO waarin beschreven staat dat het gaat om het leveren van elektriciteit aan leden en het beheren van een projectnet. Het project lijkt nog niet uitgevoerd/niet actief.

7.8 Smart energy grid Bajes Kwartier, Amsterdam

Waar eens de Bijmerbajes stond, in Amsterdam Amstel, verrijst de stadswijk van de toekomst: [Bajeskwartier](#). Het gehele gebied wordt getransformeerd tot een energie neutrale en groene stadswijk, die bestaat uit 11 gebouwen verdeeld over 4 clusters met elk een eigen karakter, programmering en uiterlijk. De wijk wordt energieneutraal door het gebruik van zonnepanelen en andere duurzame energiebronnen. Het 'thermische grid' wisselt warmte en koude uit in de wijk. Bajeskwartier wordt circulair gebouwd en maar liefst 98% van de materialen van de oude bajes wordt hergebruikt.

In Bajeskwartier wordt een Smart Energy Grid onderzocht. Met name het direct koppelen van hernieuwbare opgewekte energie (zon en wind) aan grote energievragers kan de druk op het elektriciteitsnetwerk verlagen. Energieopslag krijgt vorm door elektrische auto's en een buurtbatterij. Het elektriciteitsnet in Bajes Kwartier wordt ontworpen als smart energy grid waarbij vraag en aanbod sturing gebeurt met een smart-grid software platform. Sturen van warmtepompen, laden van elektrische auto's en inzetten van een buurtbatterij wordt geoptimaliseerd met de decentraal opgewekte duurzame energie. Voor deze innovatieve energievoorziening is een vereniging opgericht: Coöperatie smart energy bajeskwartier U.A. Deze coöperatie heeft voor het smart energy grid Bajes Kwartier een ontheffing aangevraagd om als 'groot experiment' productie, levering en beheer van het net zo efficiënt mogelijk te kunnen combineren. De regionale netbeheerder Liander blijft de wettelijke taken als netbeheerder vervullen. De ontheffing als 'groot experiment' biedt Liander de mogelijkheid om in samenwerking met de coöperatie te experimenteren met de nettarieven van de toekomst. Spectral Energy is gevraagd om een integraal plan te maken voor een smartgrid voor Bajes Kwartier.

Ook warmte en koude wordt uitgewisseld tussen alle verschillende gebouwen. Dit gebeurt via een warmte-koudenet, oftewel een Thermisch Grid. Het Thermisch Grid wordt aangesloten op een ondergrondse WKO (Warmte Koude Opslag) en wordt gevoed door verschillende omgevingsenergiebronnen (datacentrum).

Bouw van Bajeskwartier is eind 2021 begonnen. De wijk blijft verbonden aan het net. Het is daarmee meer een smartgrid dan een microgrid. INNAX gebouw & omgeving B.V heeft vergunning verkregen voor het leveren van elektriciteit aan leden en het beproeven van nieuwe tariefvormen.

7.9 Smartgrid Groene Mient, Den Haag

Bij de [Groene Mient](#) gaat het om een experimenteel energienet (een virtueel decentraal elektriciteitsnet) en onderzoek naar hoe energie binnen Groene Mient opgewekt, bewaard en gebruikt kan worden. De Groene Mient is een living lab voor SIDES met een microgrid structuur, dat gebruik maakt van het bestaande elektriciteitsnet en samenwerkt met Stedin. Energie coöperatie [Sterk op Stroom](#) is de projecttrekker van de smartgrid ontwikkeling.

De energiehuishouding van 32 Groene Mient woningen wordt op 10 seconde basis gemonitord. Hiertoe ontwierp Spectral Energy het Smart Community Platform (SCP) en werd in 2020 meetapparatuur in de woningen geïnstalleerd dat de energiestromen monitort en data verzameld. Deze data wordt met het huishouden gedeeld via het dashboard van het SCP en vormt de basis voor het aansturen van warmtepompen en boilers.

Uit het verslag (**Verslag en conclusies van het experiment Smartgrid in het living Lab Groene Mient, nov 2022**) van het living lab zijn de conclusies dat het ontwikkelen van een lokaal smartgrid op dit moment financieel en organisatorisch niet haalbaar is.

7.10 Community-based Virtual Power Plant (cVVP), Loenen

Het project in [Loenen](#) richt zich op:

1. het maximaliseren van de eigen opwekconsumptie;
2. het elektriciteitsnet ontlasten;
3. het gebruik maken van dynamische elektriciteitstarieven;
4. overtollige opwek verkopen en;
5. het voorbereiden op toekomstige flexhandel.

Dit wordt gedaan door slimme energiemeters, warmtepompen en zonnepanelen te koppelen binnen een EMS. Vanuit de cVPP kunnen warmtepompen automatisch worden aangestuurd op momenten dat de community terug levert aan het energienet. Het smartgrid in Loenen is continu in verbinding met het centrale net en het lijkt in die zin meer op aggregatie en flexibilitetaanbieder dan een microgrid, beheer van het net valt volledig onder de regionale DSB. Activiteiten passen binnen de huidige wetgeving. Loenen was deelnemer in het [Interreg North-West Europe cVPP](#) project.

7.11 Energiesamen

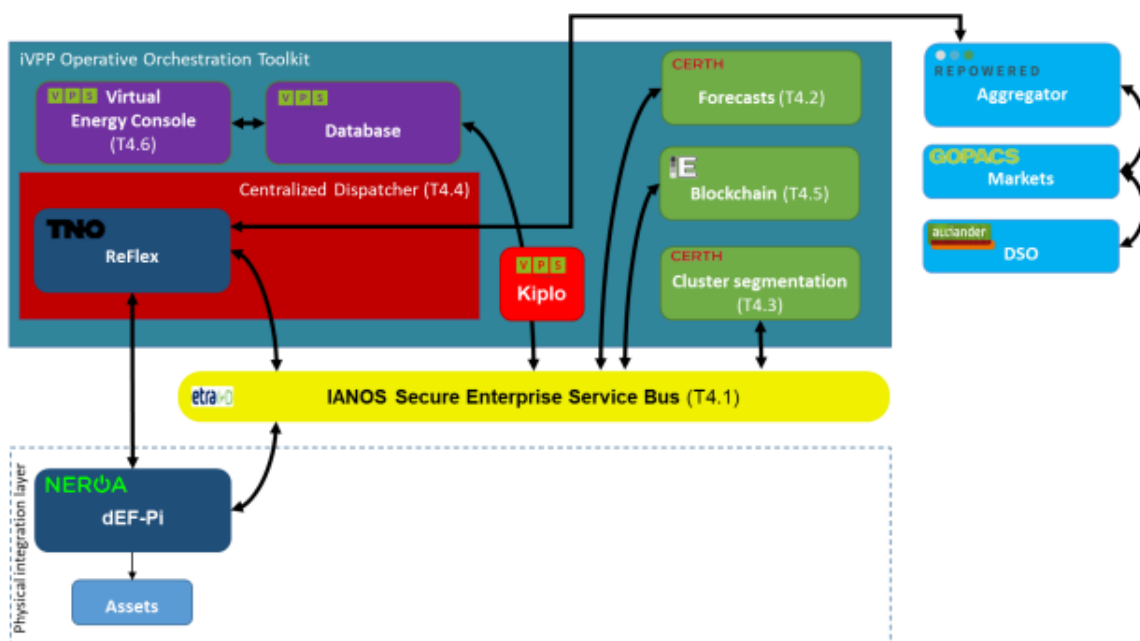
Energiesamen werkt binnen het project [Wattflex](#) naar een coöperatieve aggregator. Dit is een partij die decentrale energieopwekking en opslag van coöperaties aan elkaar koppelt om zo mee te kunnen en mogen doen op de energiemarkt, waardoor diensten door kleine lokale aanbieders beter verwaard kunnen worden. Dit kan een interessante optie zijn voor kleinschalige dorpen en wijken.

7.12 Ameland

Het midden en laagspanningsnet op Ameland heeft door de geografische isolatie van het vaste land al veel kenmerken van een microgrid, als is het permanent via kabels onder de Waddenzee verbonden aan het centrale net op het vaste land. In het IANOS (IntegrAted SolutioNs for the DecarbOnization and Smartification of Islands) project worden integrale energieoplossingen ontwikkeld. Ameland is een van de proeftuinen van dit Europese project dat loopt van 2020-2024.

Centraal in de ontwikkeling staat een intelligent Virtual Power Plant (iVPP) dat alle energie assets die op het eiland aanwezig zijn met elkaar verbindt. Middels de routes: i) Energie efficiëntie en netondersteuning voor hoge hernieuwbare energie inpassing in het energiesysteem, ii) elektrificatie en gebruik van brandstoffen zonder emissies, en iii) het faciliteren van en kracht geven aan lokale energiegemeenschappen.

Omdat Ameland een EU-pilot project is kan de DSB congestie management uitvoeren als zijnde een TSB. Herhaalbaarheid van de VPP in andere regio's in Nederland zal hierdoor moeilijk zijn, tenzij de nieuwe energiewet daartoe de mogelijkheden verschaft.



Figuur 27. Functionele ontwerp van de Virtual Power Plant Ameland (bron: IANOS project D5.4)

Het systeem op Ameland meet de stroom afkomstig van residentiële zonnepanelen, zonneparken, en de onderwatervlieger (wanneer geïnstalleerd) en meet en controleert o.a. batterijopslagcapaciteit, een elektrolyser, brandstof cellen, micro-CHP's en private methaan brandstofcellen.

De iVPP op Ameland zal worden geïmplementeerd met behulp van de ReFlex-technologie. Het ReFlex-platform faciliteert de aggregator (die op Ameland Repowered is) bij het optimaliseren van de waarde van de flexibiliteitsmiddelen in zijn portefeuille. Technische details zijn opgenomen in het IANOS-project Deliverable 5.3.

7.13 Hooghkamer, voorhout

De energiegemeenschap in Voorhout is deelnemer aan het Europese [Hestia](#) project (2020-2023). De energiegemeenschap Voorhout bestaat uit 46 nieuwe netto-energie producerende woningen, die volledig geëlektrificeerd zijn voor hun thermische, elektrische en mobiliteitsbehoeften. Binnen het Hestia project wordt gewerkt aan:

- het zelfverbruik van individuele huishoudens en de gemeenschap te verhogen
- een gemeenschappelijk energiehandelsplatform te ontwikkelen, waar mee energie binnen en buiten de woonwijk kan worden verhandeld,
- het aanbieden van flexibiliteit door het gebruik van individuele en gebruikte batterijen en andere vormen van flexibele inzet van apparatuur zoals warmtepompen, wasmachines, drogers, opladen van EVs.

De verwachting is dat er minder energie van het net zal worden gebruikt en er een beter verdienmodel ontstaat voor gemeenschapsenergie. Er is dus binnen het Hestia project geen sprake van een microgrid, maar wel van een hoge mate van decentralisatie van opwek en gebruik.

De Universiteit van Aalborg (Denemarken) voert een analyse van het energiesysteem en de gebruikersbetrokkenheid uit. 3 partners uit Nederland. [4YEF](#) fungeert als een aangewezen Energy Service Company (ESCO). Dune Works is verantwoordelijk voor de interacties met de gebruikers en zal

de algemene strategie van HESTIA voor consumentenbetrokkenheid ondersteunen. ILECO treed op als integrator van de proefsites en neemt de technologie en diensten van HESTIA in overweging en zal de digitale oplossingen samenbrengen, zoals het op blockchain gebaseerde platform dat de basis zal vormen voor de open marktplaats van HESTIA, "community trading" en het delen van flexibiliteit binnen de gemeenschap, visualisatie voor de gebruiker en communicatie-interfaces ter ondersteuning van de betrokkenheid van de consument, en bijdrage aan de digitale tweeling van HESTIA door de ontwikkeling van de voorspellers van de energievraag te leiden.

In de wijk Hooghkamer in Voorhout is in 2021 het project EnergieRijk Wonen gelanceerd. Daarbij wordt de zonne-energie die over van 17 woningen in de wijk opgeslagen in een buurtaccu. Deze woningen vormen samen een soort microgrid.

7.14 The Green Village, Technische Universiteit Delft

Op [The green village](#) is een regelluw "openlucht-laboratorium" op TU Delft Campus met een focus op de gebouwde omgeving waar getest kan worden op wijk-, straat- en gebouwniveau. Er wordt gewoond, gewerkt en geleerd. Binnen het thema toekomstig energiesysteem wordt gewerkt aan robuuste lokale energiesystemen. Smart- en microgrid technologie staat in dit onderzoek ook centraal. Ook wordt er geëxperimenteerd met direct stroom technologie, waardoor efficiëntie van energiesystemen kunnen worden verhoogd en de hoeveelheid benodigde materialen kunnen worden verlaagd.

7.15 EnTranCe proeftuin, Groningen

[EnTranCe](#) is het expertisecentrum voor energy en is onderdeel van de Hanzehogeschool Groningen en de New Energy Coalition. EnTranCe draagt als lerende, praktijkgerichte kennissamenleving bij aan een robuuste, veerkrachtige en duurzame energievoorziening. De energieproeftuin wordt gebruikt voor uiteenlopende experimenten op het gebied van nieuwe energie en het nieuwe energiesysteem, waaronder de mogelijkheid om in een gesloten netwerk de vraag naar en aanbod van duurzame energie te balanceren of om te onderzoeken hoe honderden slimme energiemanagementsystemen met elkaar samen laten werken.

7.16 Energiek Reahûs

Het project [in Reahûs](#) betreft een verkenning voor een SIDES op de schaal van een klein dorp. OP dit moment wordt gewerkt aan het realiseren van een nieuwe coöperatieve windmolen dat de centrale energievoorziening binnen een toekomstig coöperatief slim lokaal energienetwerk kan worden. Er wordt rekening gehouden met warmte, mobiliteit en elektriciteit. Verdere modelering (virtual power plant) en uitwerking van plannen zal plaatsvinden in samenwerking met TU Delft, en TU Twente, mits een onderzoek financieringsaanvraag bij NWO hiervoor goedgekeurd wordt. Energiek Reahûs heeft als doelstelling een voorbeeld te ontwikkelen van een lokaal onafhankelijk energiesysteem, gebaseerd op lokaal opgewekte duurzame energie, waarbij baten ten goede komen aan het dorp en haar inwoners. Dit moet een concept opleveren om vergelijkbare dorpen te helpen in de energietransitie. Voor het project is een samenwerking aangegaan met gemeente Súdwest-Fryslân en netbeheerder Liander.

7.17 Traais Energie Collectief

Het [Traais energie collectief](#) heeft geen microgrid, maar is toch heel interessant als voorbeeld voor SIDE systemen omdat het vele manieren van duurzame opwek en lage temperatuurwarmte (warmtepompen) combineert in een energie collectief.

8 Afkortingen en definities

8.1 Afkortingen:

AI = Artificial intelligence

BESS = Battery Energy Storage System

BRP = Balancing Responsible Party

DR = Demand response (energievraag reguleren naar aanbod)

DSO/DSB = Distribution System Operator, distributiesysteembeheerder

DSR = Demand Side Response

DH = District Heating

EC = energie cooperatie

EG = Energiegemeenschap

EMS = Energy Management system

ESCo = Energy service company

ETS = Emissions Trading System

FRR = Frequency Restoration Reserve, toevoeging van kleine *a/m* staat voor automatisch of manueel.

FSP = Flexibility Service Provider

HEMS = Home Energy Management System

IMO = Independent Market Operator

MO = market operator

MGCC = microgrid central controller

P2H = Power to heat, omzetting van elektriciteit naar warmte

P2V = Power-to-vehicle, opslag van energie naar mobiliteit (auto batterijen)

P2G = Power-to-gas, omzetting van elektriciteit naar gas.

RES = Renewable Energy Source(s)

TSO/TSB = Transmission System Operator, Transmissiesysteembeheerder

V2G = Vehicle-to-grid, elektrische voertuigen gebruiken als buffer voor netcapaciteit.

VESS = Virtual energy storage system

VPP = virtual power plant

VIU = Vertically integrated undertaking / utility (as defined by 2019 E-directive, Art 32.53)

8.2 Definities:

Aggregatie [13]: een functie van een natuurlijke of rechtspersoon die de belasting of de opgewekte elektriciteit van verschillende afnemers voor de verkoop, koop of veiling op een elektriciteitsmarkt combineert

Curtailement: het doelbewust reduceren van (hernieuwbare) energieopwekking. Hierdoor is de hoeveelheid geproduceerde elektriciteit lager dan de mogelijke productie. Curtailement wordt uitgevoerd om overbelasting op het net te voorkomen. Er kan gedwongen curtailement zijn, wanneer het net overbelast raakt, en vrijwillig op basis van negatieve economische feedback (negatieve feed-in tarieven, d.w.z. de terugleververgoeding, ten tijde van overschot op het net).

Demand response (DR): expliciete DR refereert aan het aanbieden van flexibiliteit op de markt door direct door consumenten of via een aggregator. Deze flexibiliteit wordt door de DSB ingekocht
Impliciete DR refereert aan consumenten die hun energieconsumptie aanpassen naar gelang de energieprijs. Er is in dit geval geen compensatie van een DSB van flexibiliteit maar de drijfveer is financieel door het profiteren van verschil in energieprijzen. Beide vormen van DR kunnen zowel manueel als automatisch verlopen.

Energiegemeenschap van burgers [13]: een juridische entiteit die:

- a) gebaseerd is op vrijwillige en open deelname en waarover leden of aandeelhouders, die natuurlijke personen, lokale autoriteiten, waaronder gemeenten, of kleine ondernemingen zijn, feitelijke zeggenschap hebben;
- b) waarvan het hoofddoel veeleer bestaat uit het bieden van milieu-, economische of sociale gemeenschapsvoordelen aan haar leden of aandeelhouders of aan de plaatselijke gebieden waar ze werkzaam is dan uit winst maken, en
- c) zich bezig kan houden met de productie, waaronder uit hernieuwbare bronnen, distributie, levering, verbruik, aggregatie, energieopslag, energie-efficiëntiediensten, oplaaddiensten voor elektrische voertuigen of andere energiediensten aan haar leden of aandeelhouders kan aanbieden

Hernieuwbare-energiegemeenschap [14]: een juridische entiteit

- a) die, in overeenstemming met het toepasselijke nationale recht, gebaseerd is op open en vrijwillige deelname, autonoom is en daadwerkelijk wordt gecontroleerd door aandeelhouders of leden die zijn gevestigd in de nabijheid van de hernieuwbare-energieprojecten die in eigendom zijn van en ontwikkeld zijn door die juridische entiteit;
- b) waarvan de aandeelhouders of leden natuurlijke personen, kmo's of lokale overheden, met inbegrip van gemeenten, zijn;
- c) waarvan het hoofddoel is het verschaffen van voordelen op milieugebied of op economisch of sociaal gebied aan haar aandeelhouders of leden of aan de lokale gebieden waar zij actief is, en niet het realiseren van winst

Energiegemeenschap [15]: juridische entiteit die ten behoeve van haar leden, vennoten of aandeelhouders activiteiten op de energiemarkt verricht en als hoofddoel heeft het bieden van milieuvoordelen of economische of sociale voordelen aan haar leden, vennoten of aandeelhouders of aan de plaatselijke gebieden waar ze werkzaam is, en niet is gericht op het maken van winst;

Peer-to-peerhandel (P2P) in hernieuwbare energie [14]: de verkoop van hernieuwbare energie tussen marktdeelnemers door middel van een overeenkomst met vooraf bepaalde voorwaarden voor de automatische uitvoering en afwikkeling van de transactie, rechtstreeks tussen deelnemers of indirect via een gecertificeerde derde marktdeelnemer, zoals een aankoopgroepering. Het recht peer-to-peerhandel te drijven laat de rechten en plichten van de betrokken partijen als eindafnemers, producenten, leveranciers of aankoopgroeperingen onverlet. Specifiek voor bedrijven gebruikt men de term business-to-business (**B2B**), ook de combinaties **B2P** en **P2B** kunnen voorkomen.

Elektriciteitsbedrijf [13]: *“een natuurlijke persoon of rechtspersoon die ten minste een van de volgende functies vervult: productie, transmissie, distributie, aggregatie, vraagrespon, energieopslag, levering of aankoop van elektriciteit, en die verantwoordelijk is voor de met deze functies verband houdende commerciële, technische of onderhoudswerkzaamheden, maar die geen eindafnemer is”*

Verticaal geïntegreerd bedrijf [13]: *“elektriciteitsbedrijf of groep van elektriciteitsbedrijven waarin dezelfde persoon of dezelfde personen, direct of indirect, het recht hebben zeggenschap uit te oefenen en waarbij het bedrijf of de groep van bedrijven ten minste een van de functies van transmissie of distributie en ten minste een van de functies van productie of levering verricht”*

Horizontaal geïntegreerd bedrijf [13]: *“elektriciteitsbedrijf dat ten minste een van de functies van productie voor de verkoop, transmissie, distributie of levering, en daarnaast een niet op het gebied van elektriciteit liggende activiteit verricht”*

Slim elektriciteitsnet (smart electricity grid) [16] : *“enerzijds een elektriciteitsnet, ook op eilanden die niet of niet voldoende onderling verbonden zijn met de trans-Europese energienetwerken, dat kostenefficiënte integratie mogelijk maakt, evenals actieve controle van het gedrag en de acties van alle met het net verbonden gebruikers, waaronder producenten, consumenten en prosumenten, met het oog op een economisch efficiënt en duurzaam elektriciteitssysteem met weinig verlies en een hoge mate van integratie van hernieuwbare energiebronnen, leveringszekerheid en beveiliging, en waarbij de netbeheerder de acties van de met het net verbonden gebruikers digitaal kan monitoren, en anderzijds informatie- en communicatietechnologie voor de communicatie met gerelateerde netbeheerders, producenten, energieopslagfaciliteiten, en consumenten of prosumenten, met het oog op de duurzame, kostenefficiënte en veilige transmissie en distributie van elektriciteit”*

9 Bronnenlijst

- [1] C. Burger, A. Froggatt, C. Mitchell, and J. Weinmann, *Decentralised Energy - a Global Game Changer*. London (UK): Ubiquity Press Ltd, 2020. doi: 10.5334/bcf.
- [2] V. Smil, *Power Density: A Key to Understanding Energy Sources and Uses*, 1st ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2015.
- [3] Netbeheer Nederland, “Het energiesysteem van de toekomst - Integrale Infrastructuurverkenning 2030-2050,” 2021.
- [4] T. Kuijers *et al.*, *Klimaat Energie Ruimte*. Posad Spatial Strategies, 2018. [Online]. Available: https://ruimtevolk.nl/wp-content/uploads/sites/115/2018/02/180221_Ruimtelijke_verkenning_Energie_en_Klimaat_LQ.pdf
- [5] S. D’Silva, M. Shadmand, S. Bayhan, and H. Abu-Rub, “Towards grid of microgrids: Seamless transition between grid-connected and islanded modes of operation,” *IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society*, vol. 1, no. 1, pp. 66–81, 2020, doi: 10.1109/OJIES.2020.2988618.
- [6] J. Svarc, “Solar Panel Construction,” 2020. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction> (accessed May 18, 2023).
- [7] O. Galama, J. Kuipers, D. Kuiken, J. Kee, and P. Tamis, “Schets Energievoorziening Fryslân in 2050.” Leeuwarden, p. 71, 2021.
- [8] C. Zheng, “Hydrogen Round Trip Efficiency,” *Frontiers of Mechatronical Engineering*, vol. 2, no. 3, p. 79, 2020, doi: 10.18282/fme.v2i3.1272.
- [9] R. Mauger and M. Roggenkamp, “SMILE Smart Island Energy Systems Deliverable D7.3 Developing Microgrids in the EU,” 2021.
- [10] Royal Haskoning DHV, “Rapport Knelpunten Smart Energy,” 2021.
- [11] Ministry of Economic Affairs and Climate, “Conceptvoorstel van wet houdende regels over energiemarkten en energiesystemen (Energiewet).” pp. 1–102, 2022.
- [12] S. Breukers *et al.*, “A Business Model Fast Track on Energy Communities—Key Lessons Learned from H2020 EU Projects,” in *Environmental Science Proceedings*, Z. Lennard, Ed., MDPI, 2021, p. 4. doi: 10.3390/environsciproc2021011019.
- [13] “Richtlijn (EU) 2019/944 van het Europees Parlement en de Raad van 5 juni 2019 betreffende gemeenschappelijke regels voor de interne markt voor elektriciteit,” *Publicatieblad van de Europese Unie*, vol. L 158, no. 14 juni 2019, pp. 125–199, 2019.
- [14] “RICHTLIJN (EU) 2018/2001 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 11 december 2018 ter bevordering van het gebruik van energie uit hernieuwbare bronnen,” *Publicatieblad van de Europese Unie*, vol. L 328, no. 21 december 2018, pp. 82–209, 2018.
- [15] “VERORDENING (EU) 2019/943 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 5 juni 2019 betreffende de interne markt voor elektriciteit,” *Publicatieblad van de Europese Unie*, vol. L 158, no. 14 juni 2019, pp. 54–124, 2019.
- [16] “VERORDENING (EU) 2022/869 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 30 mei 2022 betreffende richtsnoeren voor de trans-Europese energie-infrastructuur,” *Publicatieblad van de Europese Unie*, vol. L 152, no. 3 juni 2022, pp. 45–102, 2022.

10 Bijlage 1: Lijst EU-projecten met een connectie tot SIDES

Titel	Naam	Periode
<i>Demonstration of a digitized energy system integration across sectors enhancing flexibility and resilience towards efficient, sustainable, cost-optimised, affordable, secure and stable energy supply</i>	ELEXIA	2022-2026
<i>greEN Energy hUbs for local integRated energy cOmmunities optimization</i>	eNeuron	2020-2024
<i>Geographical Islands FlexibiliTy</i>	GIFT	2019-2023
<i>Holistic dEmand response Services for European residenTIAI communities</i>	HESTIA	2020-2023
<i>Hybrid coupled networks for thermal-electric integrated smart energy Districts</i>	HYPERGRYD	2021-2025
<i>IntegrAted SolutioNs for the DecarbOnization and Smartification of Islands</i>	IANOS	2020-2024
<i>Accelerating the decarbonisation of islands' energy systems</i>	ISLANDER	2020-2025
<i>Engaging communities in the future of energy</i>	LIGHTNESS	2020-2023
<i>Empowering local renewable energy communities for the decarbonisation of the energy systems</i>	LocalRES	2021-2025
<i>deMonstration of smArt and flExible solutions for a decarboniSed energy future in Mayotte and other European islAnds</i>	MAESHA	2020-2024
<i>Next-Generation Integrated Energy Services fOr Citizen Energy CommuNities</i>	NEON	2021-2024
<i>Power and Information Integration Technologies in Microgrids</i>	PAINTING	2021-2023
<i>Renewable Energy for self-sustAinable island CommuniTies</i>	REACT	2019-2023
<i>Community-empowered Sustainable Multi-Vector Energy Islands</i>	RENERgetic	2020-2024
<i>Smart integRation Of local energy sources and innovative storage for flexiBle, secure and cost-efficient eNergy Supply ON industrialized islands</i>	ROBINSON	2020-2024
<i>Increase the Synergy among different ENERGY NETworkS</i>	SENERGY NETS	2022-2026
<i>Sustainable and Integrated Energy Systems in Local Communities</i>	SERENE	2021-2025
<i>Virtual Power Plant for Interoperable and Smart isLANDS</i>	VPP4ISLANDS	2020-2024
<i>Integrated energy solutions and new market mechanisms for an eXtended FLEXibility of the European grid</i>	X-FLEX	2019-2023
<i>Integrating community power in energy islands</i>	COMPILE	2018-2022
<i>Future tamper-proof Demand rEsponse framework through seLf-configured, self-opTimized and collAborative virtual distributed energy nodes</i>	DELTA	2018-2021
<i>Smart Distribution Grid: a Market Driven Approach for the Next Generation of Advanced Operation Models and Services</i>	DOMINOES	2017-2021
<i>eDREAM - enabling new Demand REsponse Advanced, Market oriented and Secure technologies, solutions and business models</i>	eDREAM	2018-2021
<i>Integrated multi-vector management system for Energy isLANDs</i>	E-LAND	2018-2022
<i>Keep the Energy at the right place!</i>	EnergyKeeper	2017-2019
<i>Democratizing energy markets through the introduction of innovative flexibility-based demand response tools and novel business and market models for energy cooperatives</i>	FLEXCoop	2017-2021
<i>Integrating Real-Intelligence in Energy Management Systems enabling Holistic Demand Response Optimization in Buildings and Districts</i>	HOLISDER	2017-2021
<i>Interactions between automated energy systems and Flexibilities brought by energy market players</i>	InterFlex	2017-2019
<i>Integrated Modular Energy Systems and Local Flexibility Trading for Neural Energy Islands</i>	MERLON	2019-2022

<i>Multi Utilities Smart Energy GRIDS</i>	MUSE GRIDS	2018-2022
<i>New Clean Energy Communities in a Changing European Energy System</i>	NEWCOMERS	2019-2022
<i>Unlocking European grid local flexibility through augmented energy conversion capabilities at district-level</i>	PENTAGON	2016-2019
<i>RENewAble Integration and SuStainAbility iN energy CommunitiEs</i>	RENAISSANCE	2019-2022
<i>SMart IsLand Energy systems</i>	SMILE	2017-2021
<i>LV DC microgrids for evolved energy communities</i>	DCNextEve	2016-2018
<i>ENERGY TO SMARTGRID</i>	E2SG	2012-2015
<i>Balancing energy production and consumption in energy efficient smart neighbourhoods</i>	E-BALANCE	2013-2017
<i>Local Electricity retail Markets for Prosumer smartgrid pOWER services</i>	EMPOWER	2015-2018
<i>Energy for a green society from sustainable harvesting to smart distribution. Equipments, materials, design solutions and their applications.</i>	ERG	2011-2014
<i>Efficient Smart systems with enhanced energy Storage</i>	E-STARS	2008-2011
<i>"MyGrid; Energy Efficient and Interoperable</i>	GREENCOM	2012-2016
<i>Smart Energy Systems for Local Communities"</i>	MICROGRIDS	2003-2005
<i>Large Scale Integration of MICRO-Generation to Low Voltage GRIDS (MICROGRIDS)</i>	MORE MICROGRIDS	2006-2009
<i>Advanced Architectures and Control Concepts for More Microgrids - MORE MICROGRIDS</i>	P2P-SmarTest	2015-2017
<i>Peer to Peer Smart Energy Distribution Networks (P2P-SmartTest)</i>	PIME'S	2009-2014
<i>CONCERTO communities towards optimal thermal and electrical efficiency of buildings and districts, based on MICROGRIDS</i>	SENSIBLE	2015-2018
<i>Storage-Enabled Sustainable Energy for Buildings and Communities</i>	VIMSEN	2014-2017

11 Bijlage 2: Korte analyse van EU-projecten en uitkomsten

11.1 Lopende projecten

11.1.1 ELEXIA (2022-26)

NL-partners: Nee

The project's primary goal is to develop or improve validated tools for planning and managing integrated energy systems in a variety of conditions, as well as to link them across vectors and sectors towards creating a cost-optimised, flexible, and resilient energy system.

Thus, the project will create a concrete pathway to achieving independence from fossil fuels by harnessing the latent flexibility of the energy system through integration, data intelligence, and planning, towards the 2050 EU goals.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Høje-Taastrup Municipality (DK)

Interessante uitkomsten: N/A

11.1.2 Eneuron (2020-2024)

NL-partners: TU Eindhoven

The EU-funded eNeuron project will set out a practical framework for optimising the design and operation of local energy communities acting as energy hubs. We will develop and apply pioneering software and hardware solutions, putting them to the test in real energy communities and introducing new governance models.

Interessante pilot met energiegemeenschap: ja maar geen dorpen of wijken

Interessante uitkomsten:

Onderscheid wordt gemaakt tussen Micro-energy hubs (gebouw, appartementencomplex, kantoor, industrie, campus) en Energy hubs (wijk, stad, energie-eiland). Voor beide niveaus en de koppeling hiertussen zijn technische oplossingen aangedragen (deliverable D2.1).

11.1.3 GIFT (2019-23)

NL-partners: Elestor (HBr flowbattery)

Through the development of multiple innovative solutions, such as a virtual power system, energy management systems for harbours, factories, homes, better prediction of supply and demand and visualisation of those data through a GIS platform, and innovative storage systems allowing synergy between electrical, heating and transportation networks.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Hinnoya (N), Procida (I)

Interessante uitkomsten:

In D3.8: A life-cycle assessment (LCA) and life-cycle cost (LCC) analysis were applied. Trough electrification, tremendous savings can be made in the field of carbon emissions for all tested purposes (ferry, fish farm, and smart community Harstad, city hall, school). In all cases, except the very the LCC

of the renewables-based solutions is significantly lower than the business as usual scenario. In all cases are the relative gains in profitability a lot smaller than the relative gains in global warming potential.

11.1.4 Hestia (2020-23)

NL-partners: DuneWorks (consumer engagement), 4YEF (ESCo, Voorhout)

HESTIA is an EU funded project developing a mix of Technological, Innovative and Social Sciences & Humanities models approaches to improve the management and use of energy by and for residential consumers. HESTIA aims to develop a cost-effective solution for the next-generation demand-side response services by encouraging residential consumers to engage in flexibility sharing and grid balancing. User-personalised services will help lay the foundation for an open marketplace and new grid reality.

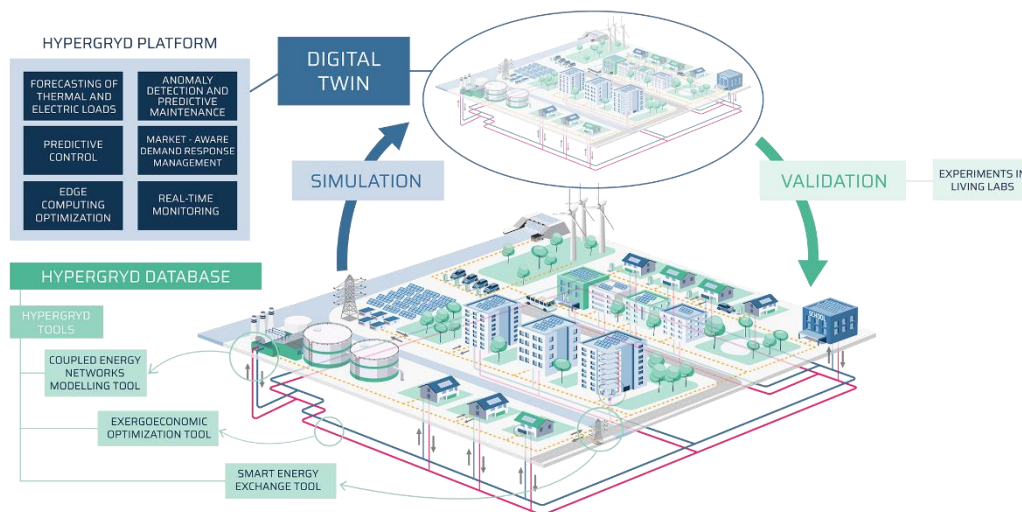
Interessante pilot met energiegemeenschap: Voorhout (NL)

Interessante uitkomsten: Niet echt m.b.t. tot SIDES.

11.1.5 HYPERGRYD (2021-25)

NL-partners: NEE

Smart Hybrid Grids: the combination of smart thermal and electric networks where all stakeholders drive their actions based on smart trading in Local Energy Communities and exergoeconomic models.



Interessante pilot met energiegemeenschap: Großschönau (AU)

Interessante uitkomsten: nog niet (maart 2023)

11.1.6 IANOS (2020-24)

NL-partners: Amelander Energie Cooperatie UA, Gemeente Ameland, NWO, Alliander NV, Suwotec BV, New Energy Coalition, Gasterra BV, Repowered BV (software voor flex en e-management), Neroa BV (intermediar), Bareau BV (groen gas), Seaqurrent Holding BV (onderwatervlieger),

IANOS adapts Artificial Intelligence solutions and innovative tools to support greener investments based on the conviction that people are active players in the energy system. IANOS focuses on

maximum provision and utilisation of flexibility and self-sufficiency through the use of distributed renewable energy and storage technologies. IANOS streamlines the decision-making process towards tailor-made solutions taking into account the specific conditions of islands through the Island Energy Planning and Transition Suite and artificial intelligence based virtual power plant.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Ameland (NL)

Interessante uitkomsten: VPP, digital twin software.

Repowered doet flexibel systeembeheer oplossingen en energiemangement.

11.1.7 ISLANDER (2020-25)

NL-partners: NEE

The ISLANDER project focuses on the implementation of a smart energy management solution aggregating distributed energy resources and the development of a roadmap for a complete decarbonisation of the island. The main objectives of ISLANDER are as follows:

- The development of an advanced smart IT platform which will flexibly manage Distributed Energy Resources (DER) coupled with Hybrid Energy Storage (HES) while also incorporating Demand Response (DR) and Local Power Balancing (LPB).
- The development of an improved multi-scale forecasting methodology relying on comprehensive modelling of demand and supply and on the recent advances of machine learning.
- The development of a methodology for the large-scale design of optimal distributed DER+HES systems which, in combination with the planned smart IT platform
- The creation of an energy community on Borkum.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Borkum (D)

Interessante uitkomsten: Integraal systeemontwerp. Model voor optimalisatie.

11.1.8 LIGHTNESS (2020-23)

NL-partners: Energiegemeenschappen in Woerden, Duneworks (social engagement ECs)

The Lightness project aims to empower citizens to generate, share and sell renewable energy and thereby contribute to making the European energy sector more sustainable and democratic.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Schilderkwartier, Woerden (NL). Quatrebras park, Badhoevedorp (NL)

Interessante uitkomsten: niet online.

11.1.9 LOCALRES (2021-2025)

NL-partners: NEE

The focus of LocalRES is on Renewable Energy Communities (RECs) as main actors to lead the structural change towards the decarbonisation of the local energy systems through the involvement and awareness-raising of citizens and communities.



All four demonstration sites have in common being remote communities with a weak connection to the national electricity grid. Two of these pilot sites are isolated communities, and two are located in geographical islands.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Kökar (Fin), Berchidda (I), Bizkaia (Esp), Ollersdorf (Au)

Interessante uitkomsten: Smart ICT infrastructure, control algorithms, virtual P2P flow management, business model innovations, multi-energy virtual power plants (MEVPP). Nog geen concrete resultaten online.

11.1.10 MAESHA (2020-24)

NL-partners: Nee

The main objective of MAESHA is to decarbonise the energy systems of geographical islands by fostering the large deployment of RES through the installation of tailored innovative flexibility services based on a close study and modelling of local energy systems and community structures. MAESHA will demonstrate the solutions on the French overseas island of Mayotte and study replicability potential on 5 follower islands representing more than 1.2 million inhabitants spread in geographical Europe and overseas territories.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Mayotte (Esp)

Interessante uitkomsten: Interessante tools maar nog niet online

11.1.11 NEON (2021-24)

NL-partners: NEE

The NEON project will exploit building energy efficiency, renewable energy generation and storage, and demand flexibility to increase energy savings, reduce CO2 emissions, and provide cost savings across sectors. NEON will draw up cross-sector agreements and underlying service concepts.

NEON will deliver cross-sectoral business models to exploit the underlying technology, smartgrid concepts, and cross-service integration by combining:

- grid-centric approach positioned around the grid stakeholders, such as grid operators and utilities, and
- community-centric approach by engaging the consumers/communities.

Service providers, ESCOs, and aggregators will have an active role and serve as a bridge between the grid and consumption.

Interessante pilot met energiegemeenschap: N/A

Interessante uitkomsten: demand side management model, demand response model, smartgrid integration (ICT platform), ... deliverables nog niet online

11.1.12 PAINTING (2021-23)

NL-partners: TU Delft

Marie-Sklodowska-Curie action, project Dr Ruichi Wang an international research program which is focused on developing advanced power and information integration technologies (PAINT).

Interessante pilot met energiegemeenschap: nee

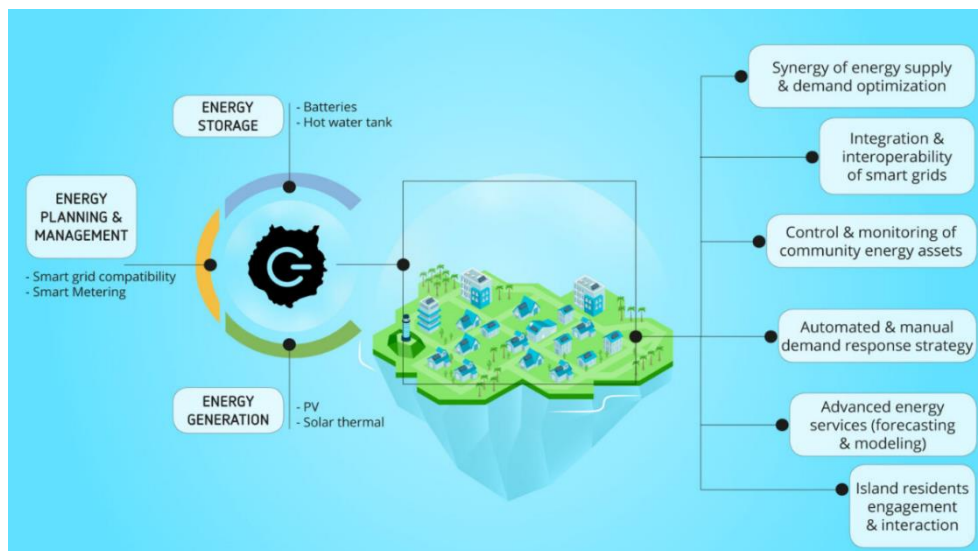
Interessante uitkomsten: Nee

11.1.13 REACT (2019-23)

NL-partners:

objective is to achieve island energy independence through renewable energy generation and storage, a demand response platform, and promoting user engagement in a local energy community.

REACT is developing a technical and business models to demonstrate that these technologies can bring economic benefits, contribute to the decarbonisation of local energy systems, reduce GHG emissions, and improve environmental air quality.



Interessante pilot met energiegemeenschap: 3 pilot islanden, ca 20-35 gebouwen.

Interessante uitkomsten: REACT's cloud-based platform will enable easy integration with RES/storage-based infrastructures using holistic planning, controlling, and monitoring strategy that maximises RES exploitation. *The business models are yet to be published in D8.5.*

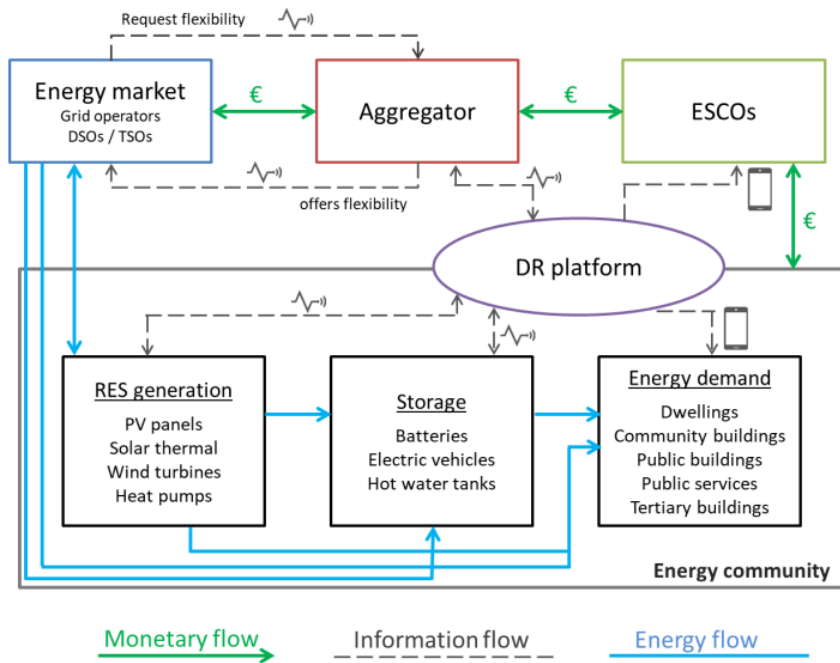


Figure 83: REACT general business model proposal

Figuur 28. React general business model proposal (React - D1.3)

11.1.14 RENergetic (2020-24)

NL-partners: NEE

The main reason why this Project has been conceived is to demonstrate the viability of the so-called urban energy islands.

The goal of the RENergetic project is to demonstrate the improvement of efficiency and energy autarky, the community involvement in and the socio-economic viability of three urban energy islands: The New Docks in Ghent (BE), the Warta Campus in Poznan (PL) and the Hospital and Research campus in Segrate-Milan (Italy).

RENergetic empowers Renewable Energy Communities to inhabit Energy Islands based on an Economy of Quality (quality attributed to the value of living and working in a clean energy society), fueling their involvement in processes traditionally hidden for local communities such as heat supply.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Nieuwe Dokken, Gent (BE)

Interessante uitkomsten: Digital twins. AI & smart control strategies. Goed replicatiepakket. *Heel goed en nuttig voorbeeldproject!*

11.1.15 ROBINSON (2020-24)

NL-partners: Nee.



The project will develop and deploy an integrated, smart and cost-efficient energy system that couples thermal, electrical and gas networks, which will optimise the utilisation of local renewable energy sources.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Eigeroy (Nor)

Interessante uitkomsten: TRL 7, EMS. Meeste deliverables nog niet beschikbaar.

11.1.16 SENERGY NETS (2022-26)

NL-partners: Nee

SENERGY NETS demonstrates the technical and economic capability of existing multi-energy systems to decarbonise the heating and cooling, electricity and gasectors. These multi-energy systems will integrate as much as possible renewable energy sources produced locally and will be structured according to a sector integration approach, focusing also on promising infrastructure and businessmodels.

SENERGY-NETS will develop a set of tools and platforms (up to TRL7/8) aimed to optimise the planning of District Heating and Cooling as well as distribution grids with sector coupling consideration and allow the provision of flexibility services to Distribution and Transmission System Operators

Interessante pilot met energiegemeenschap: N/A

Interessante uitkomsten: nog niet

11.1.17 SERENE (2021-25)

NL-partners: Aardehuizen en Vriendenerf, Universiteit Twente. Saxion hogeschool, Loqio (energiemanagement).

Serene will demonstrate cost-effective and customer-centric solutions for effectively integrating different energy system carriers for the sustainable development of regional communities to meet their energy needs from local sources of renewable energy. ***To establish locally integrated “energy islands”***

Interessante pilot met energiegemeenschap: Aardehuizen en Vriendenerf, Olst (NL) & Låsby and Hylke in Skanderborg (DK)

Interessante uitkomsten: nog niet beschikbaar online

11.1.18 VPP4ISLANDS (2020-24)

NL-partners: Blockchain 2050

The ambition of VPP4Islands is to become the leader of Island decarbonisation and VPP development that promotes decentralized and sustainable energy systems through open innovative tools and concepts while considering the island challenges, infrastructures and implementation costs. In order to mitigate uncertainties that are inherent in renewable energy sources, VPP4Islands will be able to create flexible and interoperable VPPs that can be integrated more easily with existing grid systems without negatively impacting stability.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Formentera (Esp)

Interessante uitkomsten: Digital Twin, Distributed Ledger Technology (DLT) and Virtual Energy Storage System (VESS). VPP4I platform.

11.1.19 X-FLEX (2019-2023)

NL-partners: NEE

X-FLEX project proposes, a set of efficient, cost-effective, integrated solutions, that will facilitate the optimum combination of decentralised flexibility assets, both on the generation (DER) side and on the demand side (V2G, power-to-heat/cold/gas, batteries, demand response), enabling all parties, including final prosumers, to offer their flexibility in the market creating benefits to all the actors in the smartgrid value chain. X-FLEX is unique in its multi-technology, multi-actor approach which, in an increasingly RES-powered grid, will ensure security, resilience and stability for all, even under grid-stressing scenarios such as extreme climate events.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Luce (Slov)

Interessante uitkomsten: Gridflextool, serviflex tool, arlet flex tool, x-flex platform.



Figuur 29. X-flex project producten.

11.2 Afgeronde projecten

11.2.1 COMPILE (2018-22)

NL-partners: NEE

Het belangrijkste doel van COMPILE is om de mogelijkheden van energie-eilanden te laten zien voor het koolstofarm maken van de energievoorziening, gemeenschapsopbouw en het creëren van milieu-



en sociaaleconomische voordelen. Er zijn 4 coöperatieve partners ([REScoop.EU](#), [ZEZ](#), [Coopernico](#) and [GrupoEnercoop](#)).

Interessante pilot met energiegemeenschap: o.a. Luce (Slov) (zie ook het X-FLEX project!)

Interessante uitkomsten: Gridrule, Homerule, EVrule, ComPilot, ValueTool wel in handen van commerciële/lokale partijen. Tools voor opzetten en begeleiden van Energiegemeenschappen.












Uit een projectpublicatie over businessmodellen: *What all projects point out is that energy communities lack (financial, knowledge, relational) resources, and that the current local, regional and national market and policy frameworks are not conducive for energy community business models (BM's).*[12]

On BM's [12]: at one extreme, bottom-up energy communities aiming at self-sufficiency and taking control to the fullest or, at the other extreme end, an externally provided energy community that consists of a physical and ICT architecture enabling participation in new and emerging markets. Both extremes miss out on important elements for a successful BM. In the former case, alliances and partnerships will be needed to obtain necessary resources and access to markets. In the latter, a community development process is needed so that community values and goals become a central element in the BM design and implementation

Uit COMPILE D7.1,

Technologies that could improve self-sufficiency such as batteries or seasonal storage solutions are not yet economically viable or technically mature enough. Integrating renewable generation with measures to reduce demand are only in their beginnings. Only the integration of different technologies and services will enable energy communities to achieve their full potential.

Table 1 – Business models for energy communities in the COMPILE demos

BM category	Description	Profit model	COMPILE DEMO
Short term demo use cases	Collective self-consumption (residential)	Energy cost savings	 Spain
	Collective self-consumption (public and commercial)		 Portugal
			 Slovenia  Greece  Croatia
Reduction of curtailment	In weak areas of the grid electricity may be curtailed leading to economic losses for the generating entity	Energy cost savings Grid investment deferral	 Slovenia
Collective investment	Crowdfunding, collective purchase of the technology to be used in the community ESCO models for PV financing	More attractive financing conditions than with traditional financial institutions	 Portugal  Croatia
Longer term use cases	Collective service provision to the grid and to markets	a) Provision of balancing services	 Slovenia
		b) Provision of network management services (e.g. congestion management)	 Slovenia
		c) Demand side management (Peak shaving or load shifting)	 Slovenia

The main use case was to increase self-consumption and self-sufficiency; revenues from flexibility provisions are hardly yet considered, as the market frameworks are not yet available in most Member States.

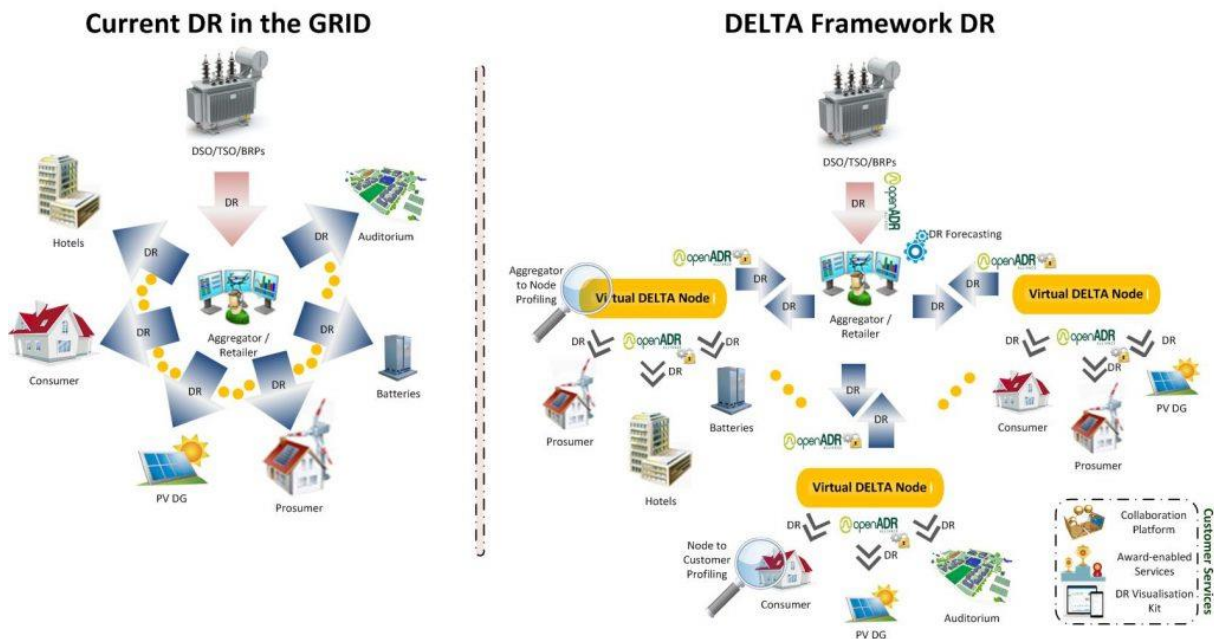
The **economic feasibility of an energy community highly depends on the technical composition**, meaning the difference in load profiles and the availability of individual or collective PV installations. In general, an **energy community is of most use from an economic perspective if the energy exchanged within the community is maximised.**

11.2.2 DELTA (2018-21)

NL-partners: NEE

DELTA proposes a Demand-Response (DR) management platform that distributes parts of the Aggregator's intelligence into a novel architecture based on Virtual Power Plant (VPP) principles. It will establish a more easily manageable and computationally efficient DR solution and will deliver scalability and adaptiveness into the Aggregator's DR toolkits.

The DELTA project aims to unleash the demand response (DR) potential of small and medium-sized electricity prosumers (those who both produce and consume) in Europe. Geen echt SIDES project, wel interessant.



Figuur 30. De Delta virtual node zorgt voor meer intelligentie van het elektriciteitsstelsel dichtbij de consument en hierdoor meer effectieve en efficiënte DR-schemas.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Appartementencomplexen in Greenwich (UK), niet echt SIDE

Interessante uitkomsten: Interessante DR beheerstrategie, modellen vrij beschikbaar.

On BM:

For all business models the importance of so-called transaction cost – i.e. cost for information, coordination and decision-taking – increases with the involvement of small and medium-sized prosumers into DR schemes. As the financial incentives for the prosumers are small and profit margins for DR service providers are expected to be small as well all cost related to distribution to and communication with the potential customer need to be kept very low. Only those DR business models that actively manage and reduce transaction cost will be successful in the long run.

There are different markets for flexibility serving different purposes, including wholesale market, balance group trading and control energy market. Generally, those business models where the DR service is embedded in a larger service package – such as Energy Efficiency Service, facility management, supply of electricity, equipment provision – are more promising than DR services offered as stand-alone service. This observation is mostly related to the impact of transaction cost on profitability

11.2.3 DOMINOES (2017-21)

NL-partners: NEE

Enable the discovery and development of new **demand response, aggregation, grid management and peer-to-peer trading services** by designing, developing and validating a transparent and scalable local energy market solution.

Geen echt SIDES project, geen website meer.

Interessante pilot met energiegemeenschap: N/A

Interessante uitkomsten:

The project has defined five use cases of the local market action.

1. *Local market flexibility and energy asset management for grid value*
2. *Local Market Data Hub Manager and technical validation and flexibility tool*
3. *Local community market with flexibility and energy asset management for energy community value*
4. *Local community flexibility and energy asset management for retailer value*
5. *Local community flexibility and energy asset management for wholesale and energy system market value.*

Based on the validation and evaluation of the business models, the proposed local market concept is relevant for the future but there are many uncertainties. Regulation, end-customer-acceptance and capabilities in large scale, and future market prices are some uncertainty issues regarding the pace of the change.

Key aspects of the local market concept:

1. *Market Model. DOMINOES developed a local market model which is compatible, enables **sharing of bottom-up flexibility**, incentivises the **end-customer engagement** and promotes active **prosumer role**, considers accountability for flexibility (local balance settlement) and supports emerging energy market roles*
2. *Services. DOMINOES developed models and services for forecasting, aggregation, clustering and consumer segmentation*
3. *IT architecture. DOMINOES developed a modular IT reference architecture with modules for wholesale market, local market, simulation & optimization and analysis & forecasting. Cyber security challenges in the local market framework were identified and new solutions developed for assessing threats and detecting anomalies*
4. *Information exchange. DOMINOES developed information exchange content used in local markets and for connecting towards overarching markets, defined stakeholder information needs and interfaces to DSOs & retailers*
5. *End-customer tools. DOMINOES developed **a mobile app which enables end-customers to interact with the local market.***
6. *Regulation. DOMINOES has evaluated the regulatory framework around local markets, including aggregation, role of energy communities, DSO regulation and the role in the procurement of flexibility and impacts of Clean Energy Package.*

11.2.4 eDREAM (2018-21)

NL-partners: NEE

eDREAM aims to change traditional market approaches and smartgrid operations into novel decentralized and community-driven energy systems fully exploring local capacities, constraints, and Virtual Power Plants-oriented optimization in terms of local and secure grid nodes stabilization.

The eDREAM context, is for a new decentralized and community-driven energy ecosystem, characterized by Micro-Grids (MGs) and Virtual Power Plants (VPPs) fully integrated in the local power distribution network.

Interessante pilot met energiegemeenschap: geen pilots, verschillende use cases gedefinieerd

Interessante uitkomsten:

Blockchain application for privacy of energy transactions (energy ledger solution based on zero knowledge, project D5.1, 5.4).

11.2.5 E-LAND (2018-22)

NL-partners: NEE

Mainland regions such as isolated villages, small cities, urban districts or rural areas oftentimes have issues with weak or non-existing grid connections. These areas are known as energy islands. The goal of the European-funded H2020 project E-LAND is to provide a synergistic solution between technological, societal and business challenges that the energy sector faces.



Interessante pilot met energiegemeenschap: Ja in India. Verder kleine pilots in vorm van haven, technologie park en universiteitscampus.

Interessante uitkomsten:

E-LAND toolbox – a modular set of methodologies and ICT tools to optimize and control multi energy islands and isolated communities. The modular toolbox can be customized to meet local requirements and expandable to incorporate new tools as new challenges arise.



Figuur 31. Toolbox overzicht van het E-land project.

Valide businessmodellen zijn een vereist voor grootschalige acceptatie van nieuwe technologie en managementsystemen. Hoe wordt waarde gecreëerd, vindt uitwisseling van bronnen en energie plaats en wordt inkomen gegeneerd? Dit binnen de lokale wet- en regelgeving mogelijkheden. E-land heeft 25 businessmodel patronen ontwikkeld gericht op EC's die verschillende energievectoren omvatten (Stroom, warmte, mobiliteit, ...), geïnspireerd op werkende businessmodellen, omvat vele combinaties die tot lokale optimalisatie leiden.

Energy communities strive to become financially self-sustainable or at least try to find avenues which can support them financially.

- Inkomsten uit energiediensten
 - Mobiliteit, verwarming, elektriciteit en energiemangementdiensten verkoop aan EC
 - Via p2p marktplaats
- Besparen op energiekosten
 - Slimme energiemangement, energie efficiënter gebruiken, zelf-gebruik verhogen, pieken afvlakken, profiteren van lage stroomprijzen, vermijden (energie)belastingen
 - Via energiemangementstelsel. Voorkomen curtailment.
- Inkomsten uit externe services (buiten de EC)
 - Verkopen balancering (aan DSO), deelname energiemarkt (spot), prijsvoorspellingen, lokaal netbeheer aannemen, groene stroom verkoop

- Via aggregatie van lokale diensten
- Investeren met de gemeenschap voor lagere individuele kosten
 - Gezamenlijke opslagcapaciteit, schuiven in gemeenschappelijk gebruik, seizoensopslag, platform diensten (Vandebron)
- Data valorisatie
 - Monitoring energiegebruik, opwek, technologie en gedrag om systeem verder te optimaliseren en kosten te verlagen.

EC: burgers/prosumers; bedrijven/prosumers; lokale energieleverancier; ESCo, lokale platformbeheerder.

11.2.6 ENERGYKEEPER (2017-19)

NL-partners: WUR-Business unit Application Centre for Renewable Resources (ACRRES); ECN - TNO

Testen van groot batterijsysteem (metaalvrije redox-flow batterij), 100 kW, 350 kWh. Toe te passen in een SIDE, geen SIDES project.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Geïnstalleerde batterij bij ACRRES in Wageningen

Interessante uitkomsten: geplaatst energieopslagesysteem en integratie en beheerssysteem.

11.2.7 FLEXCOOP (2017-21)

NL-partners: ESCOZON Cooperatie UA (Zonneweiden), ENDONA energie, Energie Samen BV (Utrecht)

Democratizing energy markets through the introduction of innovative flexibility-based demand response tools and novel business and market models for energy cooperatives

Interessante pilot met energiegemeenschap: N/A

Interessante uitkomsten:

Flexcoop- Open and transparent Marketplace

over Businessmodel:

the ability of consumers to shift consumption is an essential feature of a renewable resources based electricity system. This flexibility capability can be valorised through a set of key services:

- Net balancering
- Congestie voorkomen door peek clipping
- (Collectieve) Zelf-consumptie verhogen, meer achter de meter werken.

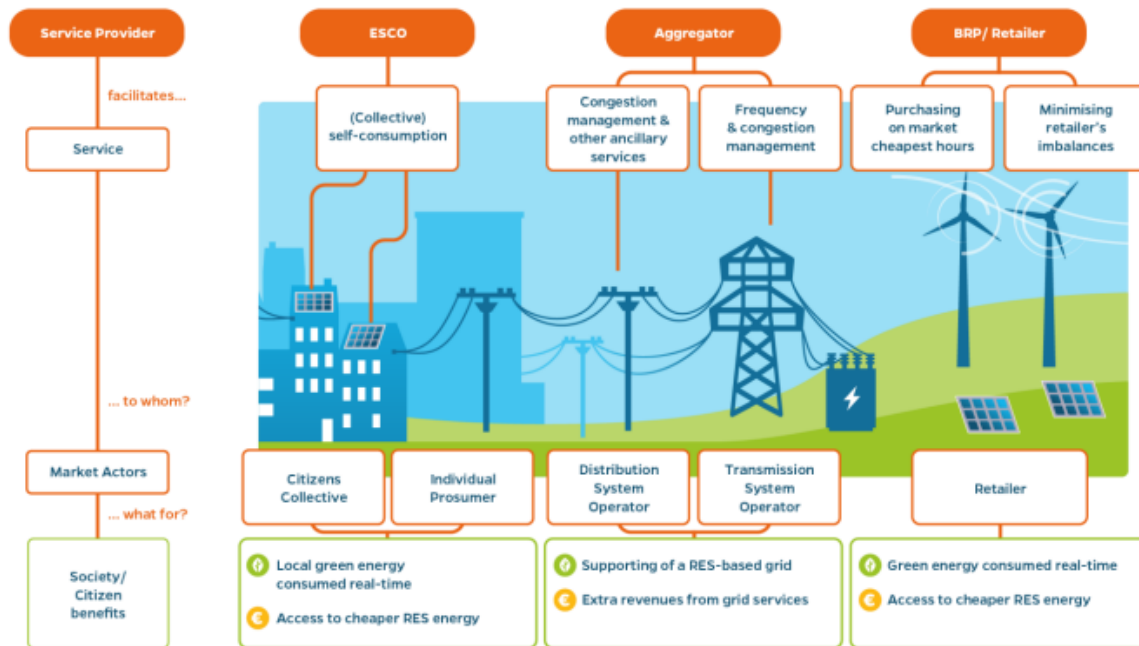


Figure 1: Overview of Demand-side flexibility services

These different services can be related to business models described in the first iteration of this report: BM1: Energy efficiency, comfort and self-consumption monitoring; BM2: Consumption optimisation of co-op resources; BM3: Participation into balancing and ancillary services; BM4: Micro-grid-as-service; BM5: Neutral platform for aggregator-prosumer matching

5 BMs:

1. Energy efficiency, comfort and self-consumption monitoring (common in all BM)
2. Self-consumption optimization + cheaper electricity on wholesalesmarket consumption and minimizing imbalances (dienstverlening).
3. Deelname aan balancering en verdere diensten aan netbeheerder
4. Microgrid-as-service
 - a. can be related to aggregation taking over local grid management activities.
 - b. at building level, in that case it relates to collective selfconsumption
 - c. can refer to the operation of a whole area e.g. campus, military base or industrial site
5. Neutral platform for aggregator-prosumer matching

11.2.8 HOLISDER (2017-21)

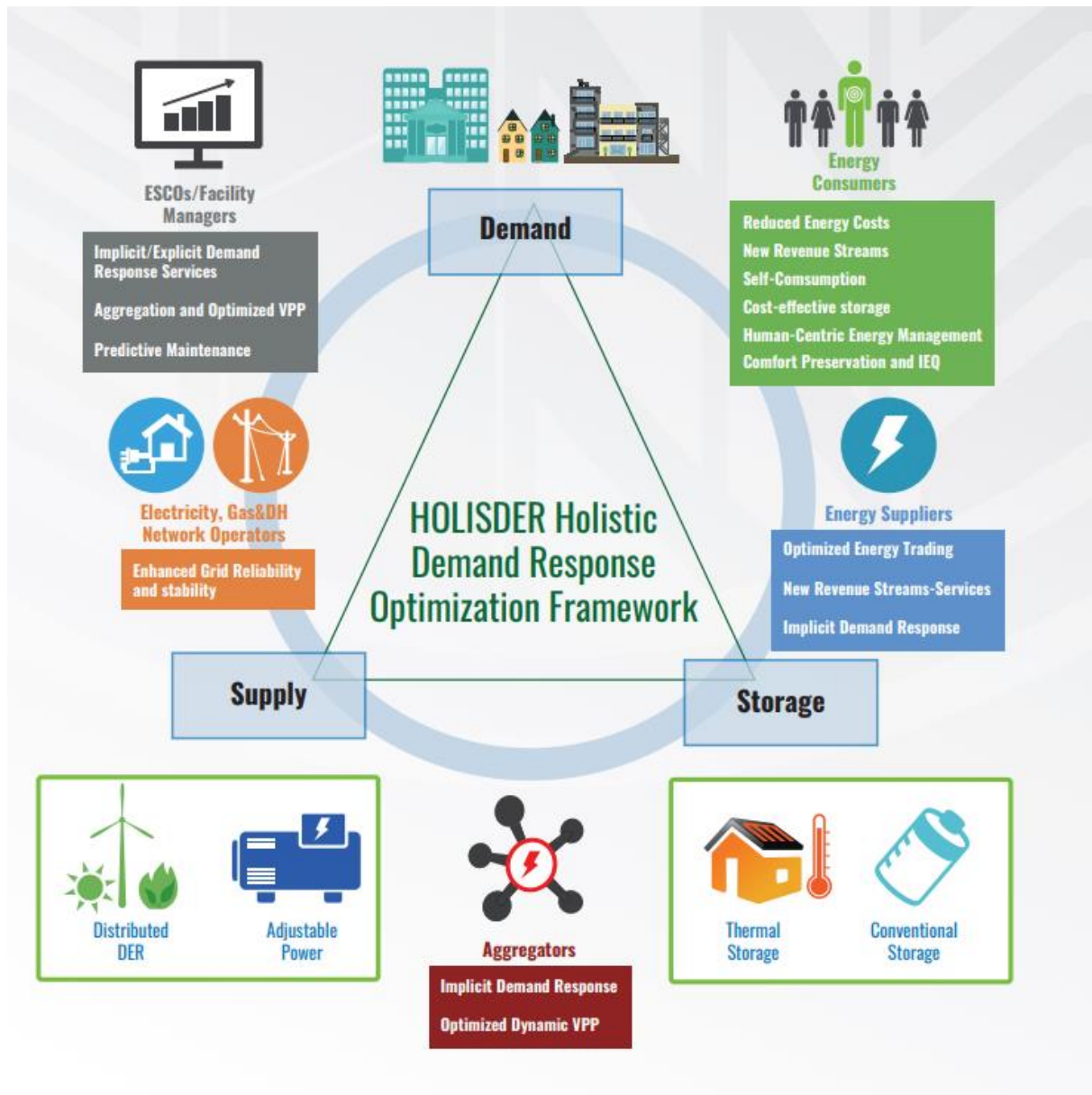
NL-partners: NEE

Integrating Real-Intelligence in Energy Management Systems enabling Holistic Demand Response Optimization in Buildings and Districts

HOLISDER brings together a wide range of mature technologies and integrates them in an open and interoperable framework, comprising in a fully-fledged suite of tools addressing the needs of the whole demand response value chain. In this way it will ensure consumer empowerment and transformation into active market players, through the deployment of a variety of implicit and hybrid demand response schemes, supported by a variety of end-user applications for Personalized Informative Billing,

Human-Centric Energy Management, Load Scheduling and Intelligent Controls, Self-consumption promotion and cost-effective storage, Predictive Maintenance, along with Context-Aware Automation.

Cooperates with FLEXCOOP project (zie [leaflet](#))



Interessante pilot met energiegemeenschap: Nee

Interessante uitkomsten: framework, niet heel anders dan andere projecten.

11.2.9 INTERFLEX (2017-19)

NL-partners: Enexis, TNO, Elaad (smart mobility)

InterFlex investigated the use of local flexibilities to relieve distribution grid constraints. The project explored new solutions to foster the development of distributed energy resources and to prepare the electric system for new uses, including e-mobility.

Interessante pilot met energiegemeenschap: [Simris microgrid](#) (Sv): Tijdelijk eiland bedrijf van een heel dorp op middenspanning (MV) microgrid. Frequentiegestuurd bedrijf van een redox-flow batterij. DR via DSO. Automatisch aansturen van warmtepompen, boilers, batterijen (huishoudelijk), smart meter communication, simulatie van een p2p markt, visualisatie tool.

Interessante uitkomsten: Enexis heeft een platform ontwikkeld voor DR. IT-tools zijn ontwikkeld voor voorspelling, markten en aggregatie.

Challenges & recommendaties:

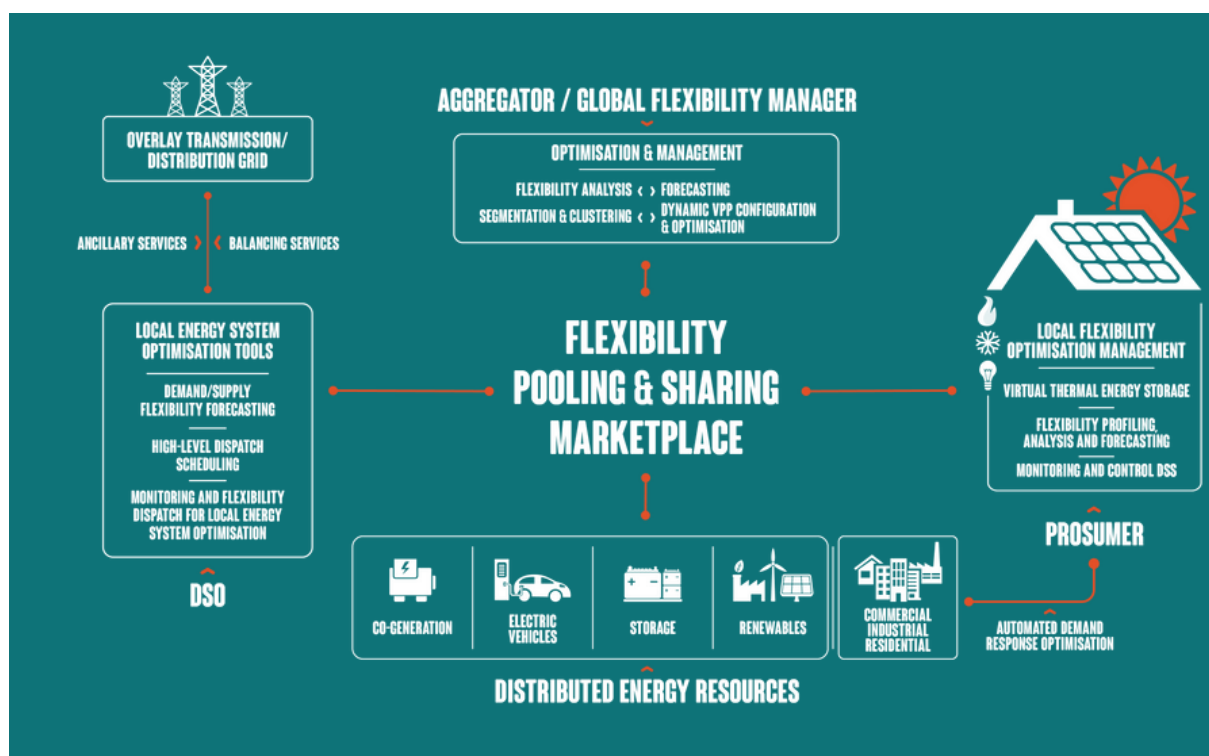
- most stationary battery storage BMs are not yet economically viable
 - prices drop and potential cost savings bound to adapted grid connection fees and reduced tax schemes.
 - price volatility on global markets is expected to increase (positief voor batterij BM).
- Limited off-the-shelf battery system solutions, lack of economy of scale
- Technology difficulties when dealing with different energy vectors (sector coupling)
- Important national and local administrative hurdles have been experienced during field implementation (risks, authorizations, environmental & fire protection) and should be lowered considering the interest of the batteries for the energy transition.
- similar conclusions apply to the administrative authorizations needed for photovoltaic installations, hindering the further development of local renewable generation and associated business models.

11.2.10 MERLON (2019-22)

NL-partners: NEE

MERLON introduces an integrated modular local energy management framework for the holistic operational optimisation of local energy systems in presence of high shares of volatile distributed renewable energy sources. Optimisation in MERLON applies to multiple levels spanning **optimal coordination of local generation** as well as **flexibility provision** to facilitate **maximum integration of renewable energy**, avoidance of **curtailment** and satisfaction of **balancing/ancillary grid** needs.

In this sense MERLON will also enable the realisation of **novel business models**, allowing local energy communities to introduce themselves in local flexibility markets, while assigning to local Distribution System Operators the tools for the provision of added value services to the overlay distribution grid.



Interessante pilot met energiegemeenschap: Strem (AU): 10 households , Crevillent (ESP): 11 active users, local school and local offices (EVs, storage, renewables).

Interessante uitkomsten: EV-flexibility Profiling module; VPP module & configurator; Flexibility forecasting, segmentation and aggregation; control strategies on household-level; aggregator web interface; Blockchain-enabled Marketplace; Data management; Integrated BESS module; DSO web interface; forecasting module

open standards-based interoperable solutions that ensure a high replication potential around the EU and can be widely accepted by local consumers/citizens

11.2.11 MUSE GRIDS (2018-22)

NL-partners: NEE

MUSE GRIDS is aiming to demonstrate, system-wide and in real-life operational conditions, a set of both technological and non-technological solutions adapted to local circumstances targeting local urban energy grids (electricity, heating&cooling, water, gas, e-mobility) to enable maximization of affordable local energy independency.

demonstrate:

- How to interconnect local energy grids.
- How to utilize synergies in the energy system to maximise efficiency, reduce cost, CO2 emissions and energy losses.
- How to reach an affordable energy independency mainly maximising local self-consumption based on RES



Interessante pilot met energiegemeenschap: Oud-Heverlee (BE)

Interessante uitkomsten: geen bijzondere dingen beschikbaar op website, resultaten gedeeld via Bridge project.

11.2.12 NEWCOMERS (2019-22)

NL-partners: VU, Amsterdam.

The NEWCOMERS project (New clean energy communities in a changing European energy system) will deliver practical recommendations about how the European Union as well as national and local governments can support new clean energy communities to help them flourish and unfold their potential benefits for citizens and the Energy Union.

Geen echt SIDES project, met name over ECs.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Nee

Interessante uitkomsten: Nee

EC create value for: users, companies, systems and society.

5 dimension of value creation:

1. Economical
 - a. Monetary benefits for customers and shareholders
 - b. Lower production, storage costs
 - c. Creating local jobs and contracts (community and shareholder income).
2. Environmental
3. Social
4. Technological
5. Political

11.2.13 PENTAGON (2016-19)

NL-partners: NEE

Pentagon is a 3-years research and innovation project that will investigate the potential of wider deployment of energy conversion technologies and strategies at district-level, with the aim to foster flexibility in the low-voltage and medium-voltage grid.

Interessante pilot met energiegemeenschap: XX (DK)

Interessante uitkomsten:

BM gebaseerd op extra waarde creatie door omzetting van elektriciteit naar gas (P2G) of warmte (P2H). Energy management different energy vectors. P2G is realized by producing hydrogen that is subsequently transformed in methane. This process is only found economically interesting at high gas prices, while experiencing low electricity prices.

11.2.14 RENAISSANCE (2019-2022)

NL-partners: Gemeente Eemnes



The RENAISSANCE aim is to deliver a community-driven scalable and replicable approach, to implement new business models and technologies supporting clean production and shared distribution of energy in local communities.

Interessante pilot met energiegemeenschap: Eemnes (NL): validate a local p2p market enabled by blockchain technology. During the pilot: 100-200 users (farms, business and households).

Interessante uitkomsten:

The BM rediness level by the end of this project is still, below market maturity. Business Model assessment result

- Eemnes EC has adapted the business model based on outsourcing data aggregators, but it is not profitable. At least 100 to 500 people are needed to make a profit.
- There is always real tension between volunteers and technical experts, who think they make a lot of money.

11.2.15 SMILE (2017-21)

NL-partners: RUG, New Energy Coalition

The Smart Islands Energy System (SMILE) project is a collaboration of nineteen partners from various European countries and is funded by the European Union's 'Horizon 2020 research and innovation programme'. The project will demonstrate nine different smartgrid technologies on three different islands. The end goal of the project is to foster the market introduction of these nine technologies.

Interessante pilot met energiegemeenschap: [Pilot Samsø \(DK\): verbinden PV, wind, batterijen, warmteopslag, elektrische auto's/ fietsen / boten, gebouwen met een 'building management system'](#).

Pilot Orkney Islands (UK): integreren DSM (demand side management system) met een bestaand smart generation grid. Aggregatie van elektrische verwarming voor gebouwen, laadpalen, en waterstof electrolyzers. Ook een pilot qua governance: *The system specification and operating parameters will be approved by the DSB, which will also retain final oversight of the system, but day to day management will be undertaken by the local company and its contractors.*

Pilot Madeira (PT): huidige net slim maken. Slimme meters installeren en verbinden met monitoringsysteem. Hoe kan batterijopslag worden geïntegreerd op het eiland? En slimme laadsoftware voor EVs.

Interessante uitkomsten: regelgeving documenten.

- Energy Management System
- Thermal Energy Storage
- Predictive Algorithms
- Battery Energy Storage System
- Energy Flexibility Platform



Goede internetverbinding (4G) bleek belangrijk voor project succes. Systemen zijn in 2021 noch niet concurrerend aan bestaand systeem.

a comprehensive Cost Benefit Analysis (CBA) for the implemented solutions of the SMILE project regarding the operation of smartgrids was performed

The results of the CBA analysis show that the implementation of SMILE proposed solutions leads to benefits that outweigh the costs for a lifetime of 15 years, since the BenefitCost Ratio of every demonstrator exceeds the value of 1. Regarding Samsø and Madeira demonstrator, the most profitable benefit category is the reduction of electricity costs leading to a significant amount of profit. In Orkney case the main profit is made from installing heat pump systems, this also resulted in cost savings for Samsø. In Madeira no heat solutions were installed. Cost of electricity and heat are very much determining the BC for application of SMILE solutions.



Galama Sustainable Solutions