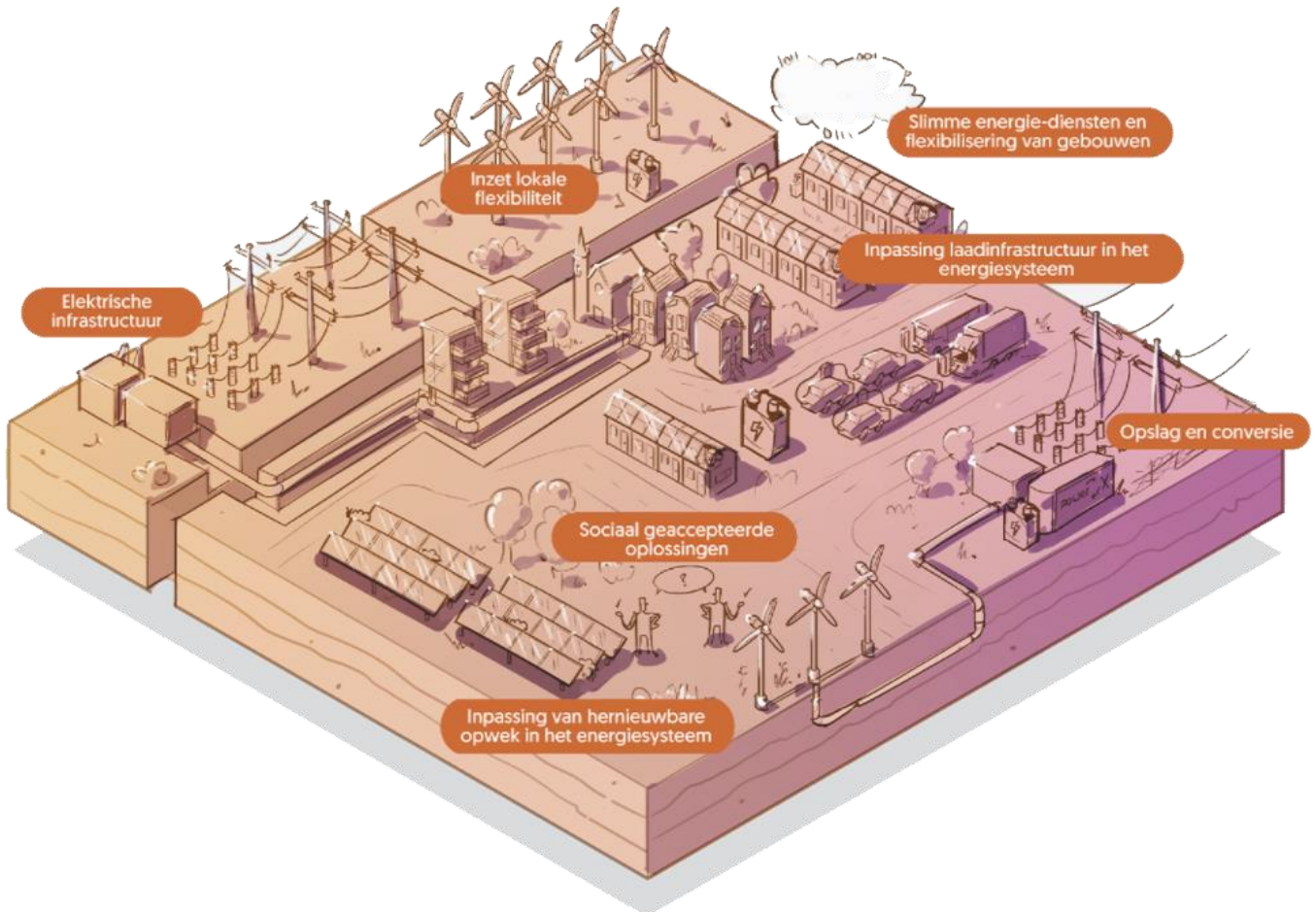




TKI URBAN ENERGY
Topsector Energie



Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving (MMIP 5)

Meerjarig Missiegedreven Innovatieprogramma

Versie 2.2 – 31 mei 2023



Inhoudsopgave

1 Samenvatting	4
2 Inleiding	9
Totstandkoming MMIP 5	9
Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving	9
3 Innovatieopgave	12
Innovatiebehoefte vanuit Klimaat- & Coalitieakkoord	12
Innovatiethema's & marktsegmenten	12
Missie vraagt om systeeminnovatie	13
Huidige stand van zaken (nationaal)	14
Huidige stand van zaken (internationaal)	15
Deelprogramma's	16
4 Nederlandse innovatie-inzet	18
Overwegingen bij bepalen van prioritaire innovatiethema's	19
Deelprogramma 1 – Elektrificatie op gebouwniveau	21
Deelprogramma 2 – Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)	25
Deelprogramma 3 – Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen	29
Deelprogramma 4 – Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving	33
Deelprogramma 5 – Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving	38
5 Nederlandse innovatieactiviteiten	43
Missiegedreven, meerjarige aanpak	43
Instrumenten en activiteiten	43
Benodigde inzet van publieke middelen	44
Voortgang op de deelprogramma's	48
MMIP-specifieke acties voor 2023	49
6 Samenhang op hoofdlijnen	50
Samenhang met innovatieprogramma's gebouwde omgeving	50
Samenhang met doorsnijdende thema's	53
Samenhang met andere kennisagenda's	57
Samenhang andere lopende trajecten	57
7 Stakeholders/actoren	59
8 Omgevingsanalyse en omgevingsfactoren op hoofdlijnen	60
9 Communicatie, leren en disseminatie	63
Monitoring & Evaluatie	63
Communicatie, leren en disseminatie	63
Standaardisatie, normering, en certificering	64
Valorisatie, marktcreatie en wettelijke kaders	65



Bijlage 1. Financiering	66
Bijlage 2. Randvoorwaarden/beleid	67
Bijlage 3. Achtergrondinformatie	69
1. Het elektriciteitssysteem onder druk	69
2. Grenzen aan het huidige elektriciteitssysteem	70
3. Energieflexibiliteit en slimme energiediensten	71
4. Sociale aspecten en dilemma's	71
5. Publieke waarden binnen het energiesysteem	72
Bijlage 4. (Inter)nationale stand van zaken	74
1. Innovatiebehoefte vanuit Klimaat- & Coalitieakkoord	74
2. Nationaal	75
3. Internationaal	77



1 Samenvatting

Aanleiding

Het kabinet heeft met het nationale Klimaatakkoord een centraal doel: het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland. Voor deze opgave is kennis en innovatie nodig, welke wordt beschreven in dertien *Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's* (MMIP's). Voor u ligt het vijfde MMIP, getiteld 'elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving'. Dit MMIP draagt bij aan missie B van het Klimaatakkoord (een CO₂-vrije gebouwde omgeving in 2050) en de tussendoelen die voor 2030 geformuleerd zijn.

In MMIP 5 ligt de nadruk op de elektriciteitsvoorziening in de gebouwde omgeving. Het elektriciteitssysteem komt door de energietransitie langzaam maar zeker onder druk te staan. Er zijn systeeminnovaties nodig om de gedistribueerde opwekking van elektriciteit te faciliteren, om pieken en dalen af te vlakken, om vraag en aanbod beter met elkaar in evenwicht te brengen en om slimmer om te gaan met elektriciteit en via conversie met andere energiedragers en -infrastructuren te verbinden. Zonder systeeminnovaties loopt de energietransitie tegen grenzen aan, zoals de fysieke en financiële grenzen van netuitbreiding, grenzen aan de leveringszekerheid en aan de betaalbaarheid van het elektriciteitssysteem.

Er zit een enorme potentie in het ontsluiten energieflexibiliteit in de gebouwde omgeving. In de studie 2030, *Demand side flexibility; Quantification of benefits in the EU* (DNV & SmartEn) zijn de voordelen van vraagsturing opgesomd: als we in de Europa de volledige potentie van 60 GW aan vraagsturing weten te realiseren, realiseert dit €2,7 miljard zou besparen ten opzichte van het installeren van 60GW aan extra piekvermogen. Ook kan dit daarmee 37,5 miljoen ton aan CO₂ besparen in de energiesector.

Verschillende systeeminnovaties tekenen zich af bij en in gebouwen, bij elektrische laadinfrastructuur, bij de opwek, opslag en conversie van duurzame elektriciteit, bij het combineren van vraag en aanbod van elektriciteit op gebiedsniveau en bij het aanbieden van flexibiliteit aan het grotere elektriciteitssysteem. De gebouwde omgeving is onderdeel van het (inter)nationale elektriciteitssysteem en moet daarmee flexibel elektriciteit kunnen uitwisselen. Een virtuele infrastructuur verbindt de fysieke infrastructuur met intelligente producten en diensten en maakt (lokale) systeemintegratie en flexibiliteitsopties mogelijk die nodig zijn voor een betrouwbare, efficiënte, betaalbare, slimme en maatschappelijk gedragen elektriciteitsvoorziening.

De energietransitie brengt een verandering teweeg in de wijze waarop het energiesysteem is georganiseerd en de baten en lasten van de energietransitie in de gebouwde omgeving vorm krijgen. Brede aandacht voor de soms (ogensijnlijk) tegengestelde belangen en rollen van stakeholders is nodig, waarbij verder wordt gekeken dan de huidige wet- en regelgeving. Het nieuwe energiesysteem zal organisatorisch en institutioneel een meer bottom-up karakter krijgen. Het is belangrijk dat het nieuwe energiesysteem niet alleen technisch en economisch haalbaar is, maar dat ze ook breed geaccepteerd wordt in de maatschappij. Het is daarom ook van



belang dat het nieuwe energiesysteem wordt vormgegeven vanuit relevante publieke waarden, zodat een werkelijk eerlijke, inclusieve en democratisch bestuurbare energiemarkt ontstaat.

Doelstellingen

Het MMIP is geen subsidieregeling met een eigen budget. Verschillende subsidieregelingen zullen gezamenlijk een bijdrage leveren aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stap verder te helpen. Dit MMIP biedt handvatten om met focus te werken aan die innovatiethema's die nodig zijn om de tussendoelen uit het Klimaatakkoord mogelijk te maken.

Dit MMIP werkt aan drie doelstellingen:

- 1 Opschaalbare oplossingen voor het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving, met aandacht voor de lokale context, andere energiedragers in de gebouwde omgeving en de verbinding met het (inter)nationale energiesysteem.
- 2 Oplossingen die eindgebruikers (individueel en collectief) in staat stellen zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte, rekening houdend met de context van het (lokale) energiesysteem.
- 3 Het realiseren van de flexibele elektriciteitscapaciteit van en voor de gebouwde omgeving die in 2030 nodig zal zijn (inclusief elektriciteitsvraag voor transport in de gebouwde omgeving).

Deelprogramma's

Er wordt vanuit verschillende routes aan deze doelstellingen gewerkt. Daarvoor zijn vijf deelprogramma's geformuleerd die elk aan deze drie doelstellingen bijdragen. De deelprogramma's zijn:

1. Elektrificatie op gebouwniveau
2. Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)
3. Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen
4. Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving
5. Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

In de tabel op de volgende pagina zijn de kennis- en innovatievraagstukken per deelprogramma weergegeven.



Kenniss- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 1.1 - Slimme energie-diensten en flexibilisering van gebouwen								
Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen	Ontwikkelen en demonstreren van slimme energiediensten met oog voor wensen van diverse gebruikers, publieke waarden en gestandaardiseerde toegang tot data. Doel: 2-4 grootschalige demonstraties voor bedrijfsgebouwen in 2025 en voor woningen in 2027.		X	X	X	↔	↔	
Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten	Sociaal-maatschappelijk onderzoek ten behoeve van kennisopbouw voor de effectieve ontwikkeling van slimme energiediensten, met aandacht voor publieke perceptie en acceptatie, gedragsinterventies, multi-actor omgevingen, toegang tot data en behoud van autonomie.	X	X	X		↔		
Prioritair innovatiethema 1.2 - Technische bouwblokken voor energie-flexibiliteit in gebouwen								
Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten	(Door)ontwikkeling van protocollen om apparaten uit te lezen en aan te sturen (interoperabiliteit). Doel: grootschalige implementatie in 2025 van één of enkele breed gedragen standaarden voor de aansturing van warmtepompen, opslagsystemen, laadpunten voor EV etc.		X	X	X	↔		
Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen	Doorontwikkeling van Building Energy Management Systems (BEMS) en gebouwbeheersystemen (GBS), zodat deze via interfaces kunnen samenwerken of worden geïntegreerd in één systeem via open standaarden. Doel: 3-5 demonstraties in bedrijfsgebouwen 2026.		X	X		↔	↔	
Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur	(Door)ontwikkeling van vermogenselektronica, waarmee apparaten (gezamenlijk) slim aangestuurd kunnen worden, en veiligheidscomponenten die lekstromen, faseonbalans en negatieve beïnvloeding van Power Quality voorkomen.	X	X	X		↔	↔	↔
Prioritair innovatiethema 2.1 - Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem								
Smart charging bij reguliere laadpunten	(Door)ontwikkeling en demonstratie van slim-ladendiensten. Doel: in 2025 grootschalige demonstratie die toont dat meerdere laadstrategieën parallel uitgevoerd kunnen worden. (Toegepast onderzoek naar laadgedrag voor effectieve) ontwikkeling van bi-directioneel laden.		X	X	X	↔		
Netinpassing van heavy-duty laadinfrastructuur	Doorontwikkeling en demonstratie van <i>heavy-duty</i> laadinfrastructuur met oog voor governancevraagstukken (interoperabiliteit, afrekenmodellen etc.). Onderzoek naar gebruikersgedrag logistieke dienstverleners voor effectieve ontwikkeling van laaddiensten.	X	X	X		↔	↔	↔
Prioritair innovatiethema 2.2 - Mobiliteitshubs als energiehub								
Geclusterde laadinfrastructuur & mobiliteitenergiehubs	Uiterlijk in 2025 demonstratie & implementatie van 2-3 grote laadpleinen (>100 auto's) en 2-3 (verkennde) pilots naar mobiliteit-energiehubs. Verkennend onderzoek naar (gebruikersgedrag van logistieke dienstverleners bij) het realiseren van (publiek-private) collectieve laadhubs.			X	X	↔	↔	
Systeemintegratie van elektrische infrastructuur	Onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van parallelle benutting van (tractie)netten voor Openbaar Vervoer (OV) en Openbare Verlichting (OVL) voor de elektrificatie van de gebouwde omgeving. Doel: in 2025 een beter beeld van de zin & onzin en de innovatieopgave van parallelle benutting.	X	X	X		↔	↔	↔



Prioritair innovatiethema 3.1 - Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau								
Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijventerreinen	Ontwikkeling/demonstratie van herhaalbare & schaalbare collectieve slimme energiediensten met oog voor wensen van gebruikers, publieke waarden en gestandaardiseerde toegang tot data. Doel 2-4 grootschalige demonstraties op bedrijventerreinen in 2025 en woonwijken in 2027.		X	X			↔	↔
Transactive energy & Energy Communities	Onderzoek naar/ontwikkeling van herhaalbare en schaalbare oplossingen voor het (lokaal) delen van energie. Doel: in 2025 ruim inzicht in de effecten van <i>energy communities</i> op het (lokale) energiesysteem; in 2027 3-5 grootschalige demonstraties.	X	X				↔	↔
Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve energiediensten	Sociaal-maatschappelijk onderzoek ten behoeve van kennisopbouw voor de effectieve ontwikkeling van collectieve slimme energiediensten. Aandacht voor drijfveren deelnemers, collectieve organisatie- en financieringsvormen en keuzevrijheid.	X	X				↔	
Prioritair innovatiethema 3.2 - Lokale systeemintegratie								
Systeemintegratie van verschillende energiedragers en sectoren	Onderzoek naar mogelijkheden voor conversie en uitwisseling tussen energiedragers en sectoren. Doel: in 2027 een duidelijke beeld over de nut, noodzaak en omvang van gewenste lokale systeemintegratie. Ter ondersteuning daarvan richting 2027 (verkennende) pilots.	X	X	X			↔	↔ ↔
(Door)ontwikkelen opslag- en conversie technieken	Onderzoek naar/ontwikkeling en demonstratie van (configuraties van) opslag- en conversiesystemen op het gebied van kosten, stabiliteit en reactiesnelheid op basis reeds toepasbare opslag- en conversietechnieken, voor brede en effectieve inzet in het energiesysteem.	X	X	X			↔	↔
Prioritair innovatiethema 4.1 - Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem								
Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving	Onderzoek naar de institutionele kaders van het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving in 2030 en 2050. Doel: uiterlijk in 2025 de eerste concrete handvatten & inzichten voor effectieve inzet van slimme energiediensten ten behoeve van het LAN en NPE.	X	X				↔	↔ ↔
Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de inzet van slimme energiediensten	Ontwikkeling en implementatie van afsprakenstelsels en referentie-architecturen. Doel: uiterlijk in 2025 breed gedragen afsprakenstelsels voor 1. toegang tot data over belastingpatronen van het elektriciteitsnet 2. effectieve flexibiliteit voor netcongestie		X	X	X		↔	↔
Prioritair innovatiethema 4.2 - Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving								
Coördinatiesystemen voor congestiemanagement	Doorontwikkeling van het congestiemanagementplatform GOPACS. Doel: 3-5 projecten in 2025 die de effectiviteit en potentie van GOPACS in kaart brengen, werken aan de doorontwikkeling van het platform en die eventuele aanvullende oplossingen inzichtelijk maken.		X	X	X		↔	
Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten	(Door)ontwikkeling van platformen voor (toegang tot) energiehandel en systeemdiensten. Doel: uiterlijk in 2027 significante verbeterde mogelijkheden om kleinschalige flexibiliteit uit de gebouwde omgeving in te zetten op energiemarkten.		X	X	X		↔	↔



Prioritair innovatiethema 5.1 - Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur								
Real-time inzicht voor betere uitnutting elektriciteitsnetten	Grootschalige implementatie van real-time monitoring op MS-netten in 2025 en LS-netten in 2027. Eerste pilots in 2027 die aantonen dat met <i>control</i> maatregelen (die werken op basis van monitoringsdata) de belastbaarheid van infrastructuur significant vergroot kan worden.	X	X	X	X	↔	↔	
Proactieve onderhoudsmethoden van elektriciteitsinfrastructuur	Onderzoek naar en ontwikkeling van methoden voor proactief onderhoud van elektriciteitsinfrastructuur met behulp van sensoriek, monitoring en data-analyse. Doel: in 2025 2-4 pilots die aantonen dat hiermee significante levensduurverlenging van de infrastructuur mogelijk is.	X	X	X		↔	↔	
Betrouwbare spanningskwaliteit	Verkennd onderzoek dat uiterlijk in 2025 inzicht geeft in de omvang, spreiding en impact van verschillende soorten verstoringen op spanningskwaliteit. Richting 2027 onderzoek naar en ontwikkeling van oplossingen voor handhaving spannings-/vermogenskwaliteit.	X	X	X		↔	↔	
Vergroten van de duurzaamheid & circulariteit van elektriciteitsnetten	Onderzoek/ontwikkeling van nieuwe infrastructuur die 100% circulair is en niet milieubelastend. Zoeken naar manieren om huidige afvalkabels circulair te ontmantelen. Ontwikkelen van uniforme manier om circulariteit te meten. Doel: uiterlijk in 2030 stop op gebruik van <i>virgin</i> koper.	X	X			↔	↔	↔
Prioritair innovatiethema 5.2 - Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur								
Verbeterde methoden voor aanleg en uitbreiding van infrastructuur	Ontwikkeling, demonstratie en implementatie van methoden voor aanleg & uitbreiding van infrastructuur (nieuwe werkmethoden, vernieuwende componenten, verbetering werkprocessen, mobiele stations) met significante reductie van arbeid en/of kosten.		X	X	X	↔	↔	
Ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur	Onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van verbeterde mogelijkheden om de elektrische infrastructuur fysiek in te passen in de gebouwde omgeving, met oog voor welstand en esthetiek in de wijk.	X	X	X	X	↔	↔	↔

Tabel 1. Innovatieopgaven per deelprogramma van MMIP 5.



2 Inleiding

Totstandkoming MMIP 5

Het kabinet heeft met het nationale Klimaatakkoord en het Coalitieakkoord een centraal doel: het terugdringen van de uitstoot van broeikasgassen in Nederland. Als onderdeel van het Klimaatakkoord is een Integrale Kennis en Innovatieagenda opgesteld (IKIA) waarin beschreven is welke kennis en innovatie nodig is om de doelen in het klimaatakkoord mogelijk te maken. De IKIA formuleert vijf missies en daaronder dertien *Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's* (MMIP's). De MMIP's geven focus en richting aan de kennis- en innovatievraagstukken.

Dit document betreft het vijfde MMIP, getiteld '*elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving*', dat onderdeel is van de missie B Gebouwde Omgeving.¹ Dit innovatieprogramma is in 2019 tot stand gekomen onder verantwoordelijkheid van TKI Urban Energy, met medewerking van een breed scala aan personen en organisaties vanuit het bedrijfsleven, kennisinstellingen, overheid en verschillende brancheverenigingen (zie colofon). In 2020 en 2021 is het programma op bepaalde punten aangescherpt en in 2022 is het programma volledig geactualiseerd op basis van feedback vanuit het Programma AdviesCollege, signalen uit de markt, voortgang in lopende innovatieprojecten en voortschrijdend inzicht (zie colofon).

De meest voorname wijzigingen in 2022 zijn:

- Binnen deelprogramma 1. 'elektrificatie van gebouwen' is het onderwerp 'elektrische opslagbatterijen' geschrapt. Deze systemen zijn in de afgelopen jaar voldoende ver ontwikkeld en geïmplementeerd dat verdere prioritaire innovatie-inzet niet nodig is.
- Deelprogramma 2. 'elektrificatie van mobiliteit' is als zelfstandig deelprogramma toegevoegd, waarin aandacht is voor slim laden, laadpleinen en het creëren van mobiliteitshubs als energiehub. Dit betreft een cross-over met MMIP-9 en 13.
- Binnen deelprogramma 5. 'Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving' is het subthema 'vergroten van de duurzaamheid & circulariteit van elektriciteitsnetten' toegevoegd als thema om in dit innovatieprogramma meer ruimte te bieden voor circulaire oplossingen.
- Er is een uitgebreide beschrijving toegevoegd van de nationale en internationale stand van zaken op de thema's dit innovatieprogramma.
- De indeling van het document is gewijzigd om beter aan te sluiten bij andere MMIP's. Relevante achtergrondinformatie is verplaatst naar de bijlage.

Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving

Elektrificatie van de gebouwde omgeving

Het Klimaat- en Coalitieakkoord bevat concrete maatregelen om de energietransitie in de gebouwde omgeving vorm te geven. Daarin wordt sterk ingezet op elektrificatie.

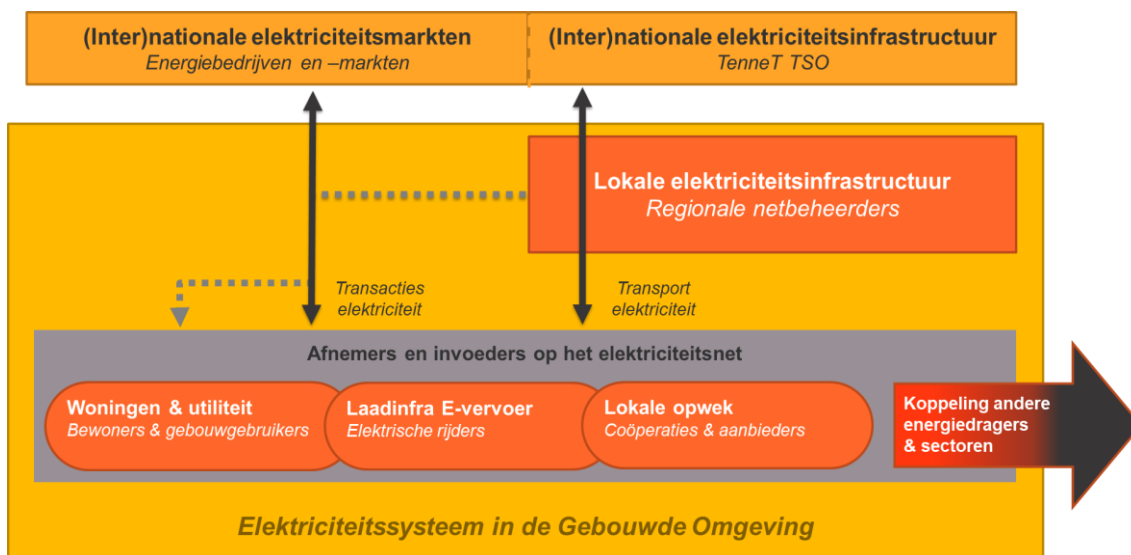
¹ Merk op dat de titel van MMIP 5 tijdens de uitwerking van het innovatieprogramma is gewijzigd ten opzichte van de oorspronkelijke titel in de IKIA '*Het nieuwe energiesysteem in de gebouwde omgeving in evenwicht*'.



Warmtepompen en elektrische auto's zullen de gasketel en de benzine- en dieselauto vervangen. En aan de steeds grotere behoefte aan elektriciteit en warmte wordt bovendien in toenemende mate voldaan met decentraal opgestelde duurzame elektrische energiebronnen. Het huidige elektriciteitssysteem is echter niet aangelegd en ontwikkeld voor deze elektrificatie. Daardoor komt dit systeem onder druk te staan (zie ook ad 3.1 'Elektriciteitssysteem onder druk'). Zonder systeeminnovaties zal de energietransitie tegen grenzen oplopen. Dit betreft de fysieke grenzen aan de elektriciteitsnetten, de grenzen aan personele capaciteit om de netten uit te breiden, grenzen aan (de betaalbaarheid van) verduurzaming en grenzen aan de leveringszekerheid (zie ook ad 3.2 'Grenzen aan het elektriciteitssysteem'). Met de huidige geopolitieke ontwikkelingen wordt de roep om zelfvoorzienendheid op lokaal en internationaal niveau steeds groter. Slim omgaan met energie door de inzet van flexibiliteit, opslag en conversie is daarbij essentieel.

Het elektriciteitssysteem van de Gebouwde Omgeving

Het elektriciteitssysteem in de Gebouwde Omgeving is schematisch weergegeven in onderstaande figuur. Het bestaat uit twee elementen: enerzijds de lokale elektriciteitsinfrastructuur en anderzijds afnemers/invoeders die zijn verbonden met dit systeem. In het nieuwe energiesysteem ontstaat de kans voor burgers en bedrijven om een actieve(re) rol te spelen. Men kan zich daarbij eventueel op nieuwe manieren in collectieven organiseren. Het systeem staat in verbinding met (inter)nationale elektriciteitsmarkten en infrastructuur. Het systeem wordt in samenhang beschouwd met andere energiesystemen (sectorkoppeling), zoals warmte en duurzaam gas. Middels opslag en conversie zal in toenemende mate een koppeling worden gelegd met andere energie-infrastructuren en energiedragers.



Doelstellingen MMIP-5

Dit meerjarige missiegedreven innovatieprogramma (MMIP) beoogt om de elektrificatie van de gebouwde omgeving te faciliteren. Daarbij staan drie doelstellingen centraal:

- 1 Opschaalbare oplossingen voor het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving,



- met aandacht voor andere energiedragers in de gebouwde omgeving en de verbinding met het (inter)nationale elektriciteitssysteem.
- 2 Oplossingen die eindgebruikers (individueel en collectief) in staat stellen om zelf vorm te geven aan en in te grijpen op de wijze waarop zij duurzaam voorzien in de eigen energiebehoefte, rekening houdend met de context van het (lokale) energiesysteem.
 - 3 Het realiseren van de flexibele elektriciteitscapaciteit van en voor de gebouwde omgeving die in 2030 en daarna nodig zal zijn (inclusief elektriciteitsvraag voor transport in de gebouwde omgeving).



3 Innovatieopgave

Innovatiebehoefte vanuit Klimaat- & Coalitieakkoord

(Lokale) systeemintegratie en flexibiliteitsopties zijn nodig voor een betrouwbare, efficiënte, betaalbare, slimme en maatschappelijk gedragen elektriciteitsvoorziening. Het belang van flexibiliteit zal naar verwachting toenemen vanwege de groeiende duurzame productie en de afbouw van fossiel regelbaar vermogen door de groeiende duurzame ambities in het coalitieakkoord. Dit belang wordt onderkend in het klimaatakkoord. Daarom is het niet alleen noodzakelijk dat de flexibiliteit de komende decennia een integraal onderdeel wordt van de inrichting van het elektriciteitssysteem zowel in technisch opzicht, maar ook qua waardepropositie en regelgeving. In het klimaatakkoord wordt onder andere ingezet op marktgebaseerde congestiemanagement, een wettelijke basis voor het 'verzwaren, tenzij'-afwegingskader en doorontwikkeling van andere flexibiliteitsopties (zie ook ad 4.1 'Innovatiebehoefte vanuit klimaat-coalitieakkoord').

Innovatiethema's & marktsegmenten

Systeeminnovaties zijn nodig om de elektrificatie van de gebouwde omgeving te faciliteren. Dat is niet alleen nodig om de omslag naar een duurzaam elektriciteitssysteem te maken, maar ook om het hele systeem betaalbaar en betrouwbaar te houden. Dit innovatieprogramma richt zich op drie (onderling samenhangende) innovatiethema's:

- **Slimme energiediensten:** Oplossingen om energieflexibiliteit te ontsluiten en in te zetten in het energiesysteem.
- **De kaders van het elektriciteitssysteem:** De marktordering, met de manier van organiseren en met nieuwe rollen. Slimme energiediensten kunnen daardoor een toepassingsgebied krijgen.
- **De (lokale) elektrische infrastructuur:** Gericht op de toekomstbestendigheid van de bestaande en toekomstige elektriciteitsinfrastructuur.

Dit innovatieprogramma onderscheidt de volgende marktsegmenten: bij en in woningen en utiliteitsgebouwen, bij hernieuwbare opwekinstallaties, bij elektrisch vervoer en binnen woonwijken/op bedrijventerreinen. Een missiegedreven aanpak van deze innovatiethema's vereist dat er duidelijk oog is voor deze marktsegmenten.

Vanwege de missiegedreven aard van dit innovatieprogramma is er bewust voor gekozen om niet specifieke technologieën als vertrekpunt te nemen. Innovatieve technologieën zijn wel een middel om de missie te behalen en creëren nieuwe mogelijkheden bij de ontwikkeling van innovaties. Doorbraken op het gebied van vermogenselektronica en opslagsystemen zijn bijvoorbeeld de basis voor innovatieve slimme energiediensten. Digitale ontwikkelingen zoals blockchaintechnologie maken het mogelijk om het stroomnet veel slimmer aan te sturen. En *big data* en kunstmatige intelligentie (*artificial intelligence; AI*) maakt het mogelijk om het elektriciteitssysteem veel nauwkeuriger te monitoren en geautomatiseerd aan te sturen.



Missie vraagt om systeeminnovatie

De energietransitie leidt tot een compleet nieuw soort elektriciteitssysteem waarbij op verschillende schaalniveaus, van grote windparken, tot individuele huizen en auto's, zowel energie wordt opgewekt en opgeslagen als gebruikt. Het nieuwe energiesysteem zal daarmee een meer bottom-up karakter krijgen. De verandering van dit systeem vraagt veel van consumenten, gebruikers van gebouwen en bedrijven, en dat kan leiden tot weerstand.

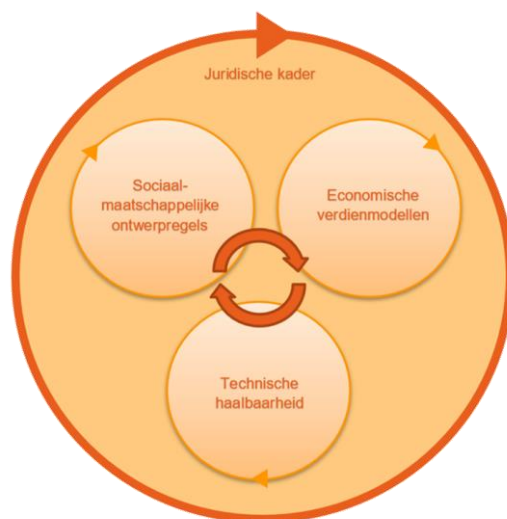
Vertrouwen op technologische ontwikkeling alleen is niet genoeg, aangezien technologische oplossingen alleen effectief zijn als ze door het publiek worden aangenomen en gebruikt. Bovendien zijn technologische oplossingen doorgaans efficiënter wanneer ze gepaard gaan met gedragsverandering, zoals het afstemmen van de energievraag op het energieaanbod uit hernieuwbare bronnen.

De energietransitie leidt tot een compleet nieuw soort elektriciteitssysteem, draaiend op digitale platformen met een sleutelrol voor data. Een virtuele infrastructuur verbindt de fysieke infrastructuur met intelligente producten en diensten. Publieke waarden kunnen door digitalisering onder druk komen te staan. De meest voor de hand liggende kwesties zijn privacy en veiligheid. Maar ook autonomie, controle over technologie, menselijke waardigheid, rechtvaardigheid en machtsverhoudingen. Nieuwe energiesystemen scheppen nieuwe kwetsbaarheden, bevorderen nieuwe vormen van maatschappelijke uitsluiting en afhankelijkheden.

De publieke acceptatie van slimme energiediensten kan bovendien afnemen als mensen nieuwe risico's en kosten leren kennen. De cruciale vraag is hoe we die markt willen organiseren. Laten we gebeuren dat de platformen en data in handen komen van een paar bedrijven? Met het risico op ongewenste machtsconcentraties (zoals we die ook zien bij digitale platformen in andere sectoren) en aantasting van mensenrechten (bedrijven die in je huiskamer meekijken of minder aantrekkelijke klanten slechtere condities bieden). Of zorgen we voor een eerlijke en democratisch bestuurbare organisatie van die nieuwe markt?

Door juridische kaders aan te passen of juist gelijk te houden, wordt bepaald op welke wijze technische mogelijkheden daadwerkelijk toegepast kunnen worden. Het is daarom belangrijk om verder te kijken dan de huidige wet- en regelgeving en om te begrijpen onder welke randvoorwaarden slimme energiesystemen wel of niet kunnen functioneren (zie ook ad 3.5 'Publieke waarden binnen het energiesysteem').

Wanneer we aangeven dat dit innovatieprogramma gericht is op systeeminnovaties, dan wordt bedoeld dat het programma verder kijkt dan alleen de ontwikkeling van vernieuwende technieken zoals hardware en software. Binnen dit innovatieprogramma wordt ernaar gestreefd om vanaf het begin van het innovatieproces niet alleen oog te hebben voor



technische haalbaarheid en economische verdienmodellen, maar ook voor *sociaal-maatschappelijke ontwerpregels* en *juridische kaders* waardoor publieke waarden worden geborgd (zie figuur).

In de transitie naar dit nieuwe systeem kunnen publieke waarden onder druk komen te staan. Het is daarom van belang dat het nieuwe energiesysteem wordt vormgegeven vanuit relevante publieke waarden, zodat een werkelijk eerlijke, inclusieve en democratisch bestuurbare energiemarkt ontstaat (zie ook ad 3.5 'Publieke waarden binnen het energiesysteem').

Huidige stand van zaken (nationaal)

Vanaf 2011 is er structureel gewerkt aan bovengenoemde innovatiethema's. Pilots en proeftuinen hebben aangetoond dat het mogelijk is om flexibiliteit bij consumenten en bedrijven te ontsluiten en te benutten op het niveau van een gebouw, wijk of bedrijventerrein. Er zijn inzichten ontwikkeld over vraagsturing en opslag en over de rol van de aggregator en van consumenten en bedrijven. Ook is er meer bekend geworden over de mogelijkheden en belemmeringen van wet- en regelgeving. En tenslotte is er meer inzicht in de activiteiten die de markt en netbeheerders wel of niet kunnen ontplooiën op het gebied van stabiliteit en kwaliteit van de lokale energievoorziening (zie ook ad 4.2 'Nationale stand van zaken').

Vanwege het feit dat Nederland van oudsher een zeer betrouwbaar energiesysteem heeft waarbij flexibiliteit voorbehouden was aan grote spelers, maar ook vanwege het nog lage aandeel van (lokale) duurzame energieopwekking, was de urgentie voor innovaties laag en liep Nederland internationaal gezien niet voorop in implementatie.

In de afgelopen jaren heeft al veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op het gebied van slimme energiediensten. Veel technische vraagstukken zijn dan wel opgelost, maar er zitten nog grote uitdaging in het creëren van interoperabiliteit en schaalbare oplossingen met een gezonde businesscase, die op eerlijke, inclusieve en democratische bestuurbare manier zijn georganiseerd.

Er heeft veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op het gebied van (slim) laden van elektrisch vervoer. Mede daardoor is Nederland internationaal één van de koplopers. Het laden van *heavy duty* voertuigen is een recent opkomend fenomeen en vraagt om nadere aandacht.

Door de recente versnelling van lokale duurzame opwek, vooral op plekken in het net die hier niet op berekend waren, wordt de vraag naar flexibiliteit echter luider en hebben de netbeheerders het instrument van congestiemanagement nodig om nieuwe netaansluitingen te kunnen aansluiten. Daardoor ontstaat een groeiende acute behoefte aan oplossingen die in het kader van dit innovatieprogramma worden ontwikkeld. Batterijsystemen die afgelopen jaar zijn beproefd in onderzoek- en ontwikkelprojecten, vinden daardoor nu een weg naar de markt via demonstratieprojecten en commerciële uitrol.

Wat betreft de kaders van het energiesysteem vinden er ook verschillende ontwikkelingen plaats. Met name op het gebied van 'marktgebaseerde oplossingen' wordt voortgang geboekt: In 2017 is gestart met de ontwikkeling van het GOPACS, het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen. In 2020 is



Liander als eerste regionale netbeheerder ook daadwerkelijk gestart met congestiemanagement op basis van dit platform. Daarnaast lanceerde TenneT het platform *Equigy* waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Voor de lancering is dit platform met marktpartijen getest in verschillende demonstratieprojecten.

Maar brede inzet van slimme energiediensten wordt nu echter nog beperkt door het ontbreken van effectieve juridische kaders. In de studie *Handelingsperspectief voor knelpunten marktordering & wetgeving rond Smart Energy* (2021, TKI Urban Energy) is in kaart gebracht welke knelpunten innovatoren ervaren op het gebied van wetgeving en de ordening van de energiemarkt, en welke oplossingsrichtingen er zijn voor deze knelpunten.

De netbeheerders staan voor een immense opgave om het Nederlandse stroomnet geschikt te maken voor de toekomst.. Daarom beogen de netbeheerders om ruim voor 2030 alle energie-infrastructuur (elektra en warmte) uit te rusten met sensoren die de status en belasting kunnen meten. Daarnaast wordt er ingezet op netverzwaring om de stijgende vraag naar elektriciteit en de integratie van duurzame energie mogelijk te maken.

Huidige stand van zaken (internationaal)

Bovengenoemde innovatiethema's spelen in meerder landen en worden ook door de Europese Unie (EU) opgepakt. Dit wordt uiteengezet in het European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan), waarmee de EU de overgang naar een klimaatneutraal energiesysteem wil te stimuleren

Op basis van het SET Plan heeft het de Europese Commissie *European Technology & Innovation Platforms* (ETIPs) opgericht. Het ETIP *Smart Networks for Energy Transition* (SNET) biedt een roadmap en funding voor research & innovation opgesteld voor 2030 en 2050. Op de thema's flexibilisering, lokale opwek, de doorontwikkeling van technologieën en digitalisatie van netwerken liggen kansen voor Nederland. Opvallend is dat er in de roadmap veel aandacht wordt besteed aan het ontwikkelen en integreren van Power-to-Heat en Power-to-Gas, een ander onderwerp waar kansen liggen voor Nederland.

Onder de noemer BRIDGE² zijn al veel projecten uitgevoerd die zich richten op slimme energiediensten en slimme elektrische infrastructuur. Ten opzichte van Nederland vindt er veel inzet plaats op het vlak van kleinschalige en grootschalige opslag. Ook gaat er vanuit Europees beleid en innovatie-inzet veel aandacht uit naar het actief betrekken van burgers in het balanceren van het energiesysteem, meestal in een collectief.

² BRIDGE is een initiatief van de Europese Commissie dat continue kennisuitwisseling bevordert tussen subsidieprojecten vanuit Horizon 2020 en Horizon Europe projecten op het vlak van smart-grids, energieopslag en digitalisering. Zo worden obstakels voor innovatie geïdentificeerd en worden aanbevelingen gedaan.

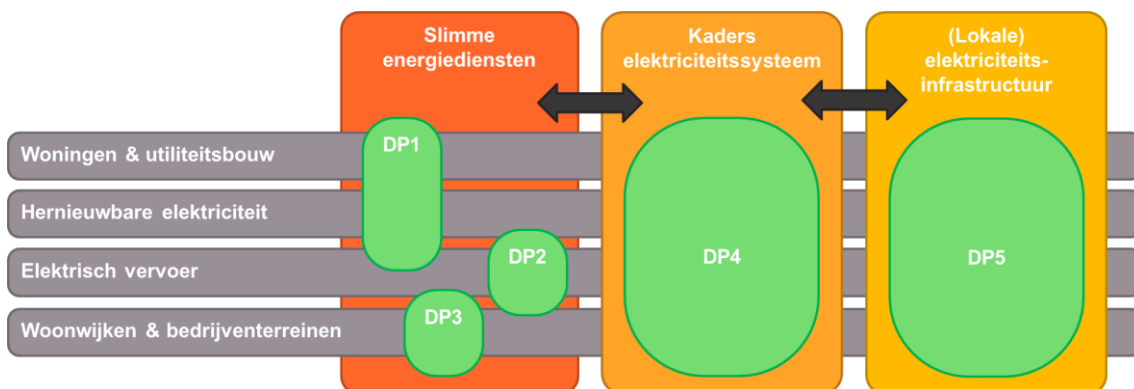


Vanuit de International Energy Agency (IEA) wordt er internationaal samengewerkt en kennis uitgewisseld op diverse innovatiethema's. Voor dit innovatieprogramma relevante thema's zijn: TCP *International Smart Grid Action Network*, waarbinnen gewerkt aan het verzamelen van kennis over verschillende aspecten van smart grids, zoals kennis over de technologie, beleid en markt; de Users-TCP *Global Observatory on Peer-to-Peer Energy Trading*, dat zich richt op (virtuele) communities waarbij de deelnemers energie uitwisselen.

Ten op zichte van andere landen in de EU scoort Nederland relatief goed op de potentie voor inzet van vraaggestuurde flexibiliteit, volgens de studie *2021 European Market Monitor on Demand Side Flexibility* (Delta-EE & SmartEn). Alleen op de mogelijkheden voor het vermarkten van flexibiliteit scoort Nederland relatief laag.

Deelprogramma's

Dit programma kiest voor een indeling in vijf deelprogramma's die aansluiten op de wijze waarop het (Nederlandse) innovatie-ecosysteem is georganiseerd (zie ook hst. 7). De eerste drie deelprogramma's zijn gericht op het ontwikkelen van slimme energiediensten voor specifieke marktsegmenten. Er zijn twee aparte deelprogramma's die integraal kijken naar de kaders van het elektriciteitssysteem en de elektrische infrastructuur zelf, zonder onderscheid te maken in marktsegmenten. Dit is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Deelprogramma 1. Elektrificatie op bouwniveau

De focus van dit deelprogramma ligt op slimme energiediensten en technische bouwblokken om de zelfconsumptie (gebruik van zelf opgewekte duurzame elektriciteit) te verhogen, zoveel mogelijk goedkope en duurzame elektriciteit te gebruiken en/of congestie en onbalans voorkomen. Dat kan bijvoorbeeld met de inzet van gebouwbeheersystemen, slimme warmtepompen en/of batterijen.

Deelprogramma 2. Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)

Dit deelprogramma is een cross-over tussen de gebouwde omgeving en mobiliteit. Door de opkomst van elektrisch vervoer stijgt de (piek)vraag naar elektriciteit. Als we het grote aantal elektrische auto's in de toekomst probleemloos en duurzaam willen opladen, is het nodig om oog te hebben voor de inpassing van elektrisch laden in de gebouwde omgeving. Tegelijkertijd kan de elektrische infrastructuur voor (openbaar) vervoer de elektrificatie van de gebouwde omgeving ook faciliteren.



3. Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen

Dit deelprogramma beschouwt de elektrificatie van de gebouwde omgeving in breder perspectief, met de focus op woonwijken en bedrijventerreinen. Een afstemming op lokaal niveau kan bijdragen aan een duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar elektriciteitssysteem. Dat kan enerzijds via meer collectieve en bottom-up oplossingen die de elektrificatie op gebiedsniveau kunnen faciliteren, anderzijds via sectorkoppeling en lokale systeemintegratie.

4 Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving

Het inzetten van slimme energiediensten wordt beperkt binnen de huidige marktmechanismen en wet- en regelgeving. Dit deelprogramma richt zich op maatschappelijke innovatie, door te kijken cis ook aandacht voor eerlijkheidsvragen, sociale dilemma's en verdeelvraagstukken.

5. Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

Dit deelprogramma werkt aan de toekomstbestendigheid van de elektriciteitsinfrastructuur. Daarbij wordt er enerzijds gekeken naar mogelijkheden om zo goed mogelijk gebruik te maken van de capaciteit van het elektriciteitsnet, bijvoorbeeld via *monitoring & control*, anderzijds naar aan oplossingen om de verzwaringsoperatie sneller en efficiënter te kunnen realiseren, bijvoorbeeld via nieuwe aanlegmethodes. Daarbij is ook aandacht voor de circulariteit van de infrastructuur.



4 Nederlandse innovatie-inzet

Om impact te hebben met missiegedreven innovatiebeleid, is het nodig om focus aan te brengen in de thema's waarop Nederland innovatie-inzet pleegt. Dit innovatieprogramma beoogt om juist die thema's op te pakken die aansluiten bij de geformuleerde innovatiedoelstellingen, Nederlandse sterktes en het potentieel verdienvermogen. Dat betekent ook dat we sommige onderwerpen niet actief in Nederland zullen oppakken, bijvoorbeeld omdat hier internationaal al zeer veel op gebeurt.

De onderstaande tabel onderscheidt per deelprogramma op welke innovatieonderwerpen er prioritair Nederlandse inzet moet plaatsvinden en welke innovatieonderwerpen niet actief worden opgepakt. Verder in dit hoofdstuk worden de prioritaire innovatieonderwerpen per deelprogramma's uitgebreid behandeld. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de innovatiebehoefte in verschillende ontwikkelfasen (onderzoek, ontwikkeling, demonstratie, implementatie).

Deelprogramma 1 Elektrificatie op gebouwniveau	
Innovatieonderwerpen waarop Nederlandse inzet prioritair moet plaatsvinden:	<p>1.1 - Slimme energie-diensten en flexibilisering van gebouwen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen • Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten <p>1.2 - Technische bouwblokken voor het ontsluiten van flexibiliteit in gebouwen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten • Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen • Vermogenselektronica en <i>smart-grid ready</i> apparatuur
Innovatieonderwerpen die Topsector Energie niet actief oppakt:	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van nieuwe typen thuisbatterijen (wel de inzet ervan)
Deelprogramma 2 Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)	
Innovatieonderwerpen waarop Nederlandse inzet prioritair moet plaatsvinden:	<p>2.1 - Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem</p> <ul style="list-style-type: none"> • Smart charging bij reguliere laadpunten • Netinpassing van <i>heavy-duty</i> laadinfrastructuur <p>2.2 - Mobiliteitshubs als energie hubs</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geclusterde laadinfrastructuur & mobiliteit energie hubs • Systeemintegratie van elektrische infrastructuren
Innovatieonderwerpen die Topsector Energie niet actief oppakt:	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van elektrische voertuigen
Deelprogramma 3 Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen	
Geïdentificeerde innovatieonderwerpen waarop Nederlandse inzet prioritair moet plaatsvinden:	<p>3.1 - Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijventerreinen • <i>Transactive energy & Energy Communities</i> • Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve slimme energiediensten



	3.2 - Lokale systeemintegratie <ul style="list-style-type: none"> • Systeemintegratie van verschillende energiedragers en sectoren • (Door)ontwikkelen opslag- en conversietechnieken
Innovatieonderwerpen die Topsector Energie niet actief oppakt:	<ul style="list-style-type: none"> • Ontwikkeling van nieuwe typen batterijsystemen (wel de inzet ervan)
Deelprogramma 4 Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving	
Innovatieonderwerpen waarop Nederlandse inzet prioritair moet plaatsvinden:	4.1 - Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem <ul style="list-style-type: none"> • Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving • Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de inzet van slimme energiediensten
	4.2 - Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving <ul style="list-style-type: none"> • Coördinatiesystemen voor congestiemanagement • Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten
Innovatieonderwerpen die Topsector Energie niet actief oppakt:	n.v.t.
Deelprogramma 5 Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving	
Innovatieonderwerpen waarop Nederlandse inzet prioritair moet plaatsvinden:	5.1 - Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur <ul style="list-style-type: none"> • Real-time inzicht voor betere uitnutting elektriciteitsnetten • Proactieve onderhoudsmethoden van elektriciteitsinfrastructuur • Betrouwbare spanningskwaliteit • Vergroten van de duurzaamheid & circulariteit van elektriciteitsnetten
	5.2 - Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsnetten <ul style="list-style-type: none"> • Verbeterde methoden voor aanleg en uitbreiding van elektriciteitsinfrastructuur • Ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur
Innovatieonderwerpen die Topsector Energie niet actief oppakt:	n.v.t.

Tabel 1. Innovatieopgaven per deelprogramma van MMIP 5.

Overwegingen bij bepalen van prioritaire innovatiethema's

Ondanks er veel innovatie plaatsvindt op Europese schaal, is het van belang om juist de ontwikkeling van slimme energiediensten op nationale schaal te stimuleren. Op die manier wordt geborgd dat deze slimme energiediensten passen binnen de Nederlandse marktmechanismen, voldoen aan Nederlandse wet- en regelgeving en dat ze inspelen op de voorkeuren van de Nederlandse klant. Bovendien kan Nederland op deze manier ervoor zorgen dat publieke waarden van slimme energiediensten goed worden geborgd; zo wordt voorkomen dat we het energiesysteem uitleveren aan de 'grillen' van de internationale *big tech* bedrijven.

De regio vormt in veel gevallen een goede aanvulling op deze nationale innovatie inspanning. Zo beschikken provincies en Regionale Ontwikkelmaatschappijen (ROM's) over kennis en instrumenten op het gebied van financiering, business development, cluster- en ecosysteemontwikkeling en (internationale) marktvalidatie. Ook zijn er in de regio's al talloze start-upnetwerken, innovatieclusters en ecosystemen waarbij projecten kunnen aansluiten. Veel bedrijven, kennisinstellingen, overheden en burgers



vinden elkaar op regionale schaal. Met name samenwerking in pilots en demonstratieprojecten wordt regionaal georganiseerd.

Als we de Nederlandse innovatie-inspanning voortzetten heeft Nederland de kans om internationaal een gidsland te worden op het gebied van slimme energiediensten. Met de RD&D op deelgebieden als digitalisering, DC en de inpassing van elektrisch rijden (EV) doet Nederland het internationaal gezien goed. Onze expertise op het gebied van slim laden biedt een goede uitgangspositie en onze 'poldermentaliteit' kan bijdragen aan effectieve samenwerkingsmodellen. Het Europese protocol S2, bedoeld om verschillende apparaten op gestandaardiseerde manier aan te sturen, is bijvoorbeeld gebaseerd op Nederlands onderzoek. Daarnaast loopt Nederland voorop in de toepassing van elektrische laadpalen en de ICT voor laaddiensten, mede door vroege stimulering van elektrisch rijden.

Op het thema van energiecollectieven kan Nederland meer inzetten, aangezien het qua kansen voor energiegemeenschappen (en de desbetreffende wet- en regelgeving eromheen) achterloopt op sommige andere deelstaten. Lokale energiegemeenschappen zijn een belangrijk onderdeel van de visie van de EU over het elektriciteitssysteem van de toekomst, waar ook enkele verplichtingen voor deelstaten aangekoppeld zijn (zie bijvoorbeeld de *Renewable Energy Communities* en de *Citizen Energy Communities* uit het *Clean Energy Package*). Op het gebied van het collectief aansturen van energiestromen zijn daarom voor Nederland nog stappen te maken. Zeker omdat de nationale context per lidstaat zo verschilt dat lessen uit Europese projecten niet direct vertaald kunnen worden naar de Nederlandse situatie.

Om te voorzien in de lokale flexibiliteitsbehoefte voor nu en de toekomst is er behoefte aan (door)ontwikkeling van opslag- en conversietechnieken op het gebied van kosten, stabiliteit, reactiesnelheid en de mogelijkheid om verschillende behoeften (parallel) te bedienen met deze oplossingen. Daarin voorziet dit programma. De bredere ontwikkeling van nieuw opslagmaterialen en -systemen wordt expliciet buiten dit innovatieprogramma gehouden. Op dat thema vindt namelijk op Europees niveau al veel onderzoek & ontwikkeling plaats en er gaan grote internationale geldstromen rond op dit thema.



Deelprogramma 1 – Elektrificatie op gebouwniveau

Innovatieopgave

Om de doelstellingen van dit MMIP te halen, is verdere missiegedreven innovatie nodig op de volgende thema's:

Kennis- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 1.1 - Slimme energie-diensten en flexibilisering van gebouwen								
Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen	Ontwikkelen en demonstreren van slimme energiediensten met oog voor wensen van diverse gebruikers, publieke waarden en gestandaardiseerde toegang tot data. Doel: 2-4 grootschalige demonstraties voor bedrijfsgebouwen in 2025 en voor woningen in 2027.		X	X	X	↔	↔	
Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten	Sociaal-maatschappelijk onderzoek ten behoeve van kennisopbouw voor de effectieve ontwikkeling van slimme energiediensten, met aandacht voor publieke perceptie en acceptatie, gedragsinterventies, multi-actor omgevingen, toegang tot data en behoud van autonomie.	X	X	X		↔		
Prioritair innovatiethema 1.2 - Technische bouwblokken voor energie-flexibiliteit in gebouwen								
Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten	(Door)ontwikkeling van protocollen om apparaten uit te lezen en aan te sturen (interoperabiliteit). Doel: grootschalige implementatie in 2025 van één of enkele breed gedragen standaarden voor de aansturing van warmtepompen, opslagsystemen, laadpunten voor EV etc.		X	X	X	↔		
Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen	Doorontwikkeling van Building Energy Management Systems (BEMS) en gebouwbeheersystemen (GBS), zodat deze via interfaces kunnen samenwerken of worden geïntegreerd in één systeem via open standaarden. Doel: 3-5 demonstraties in bedrijfsgebouwen 2026.		X	X		↔	↔	
Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur	(Door)ontwikkeling van vermogenselektronica, waarmee apparaten (gezamenlijk) slim aangestuurd kunnen worden, en veiligheidscomponenten die lekstromen, faseonbalans en negatieve beïnvloeding van Power Quality voorkomen.	X	X	X		↔	↔	↔

Achtergrondinformatie bij prioritaire innovatiethema's

Thema 1.1. Slimme energiediensten en flexibilisering van gebouwen

Slimme energiediensten voor elektrificatie van woningen en bedrijfsgebouwen
Schaalbare slimme energiediensten zijn nodig om de elektrificatie van gebouwen betaalbaar, betrouwbaar en veilig te maken en te houden. De grootste uitdaging zit in het ontwikkelen en demonstreren van schaalbare oplossingen waarbij alle relevante ketenpartners betrokken zijn. Pilots bij gebouwen zijn nodig om aan te tonen dat het haalbaar, acceptabel en kosteneffectief kan zijn om zelfconsumptie te verhogen, piekbelasting te verlagen, op nuttige wijze curtailment in te zetten, in te spelen op dynamische energieprijzen en/of flexibiliteit effectief te verhandelen.

Wanneer we spreken over slimme energiediensten gaat het niet alleen om software, maar ook om (het samenspel met) hardware. Slimme energiediensten kunnen



geïntegreerd zijn in hardware, zoals warmtepompen, omvormers, thuisladers en thuisbatterijen. Building Energy Management Systems (BEMS) kunnen hierin een centrale rol spelen. Aandacht voor gestandaardiseerde toegang tot data is nodig omdat het kan bijdragen aan een gelijk speelveld voor aanbieders van energiediensten, waarbij privacy, cyber security en zo het vertrouwen van mensen gewaarborgd wordt.

Een breed pallet aan slimme energiediensten is nodig voor verschillende gebouwtypen (rijtjeswoning, vrijstaand, appartement, kantoren, bedrijfshal) en type gebruikers (huurders, eigenaren) en soorten gebruikers (koplopers, volgers). Richting 2025-2030 zullen slimme energiediensten in woningen een steeds grotere rol gaan spelen. Dit programma faciliteert deze opschaling. Een acute uitdaging vormen die gebouwen met een bovengemiddeld hoge vraag en/of aanbod van elektriciteit, zoals bedrijfshallen of boerderijen gebouwen met grote zonnedaken, tuinbouwkassen met eigen WKK's, kantoren met grootschalige laadinfrastructuur en horeca die grootschalig gaat inductiekoken. Voor deze doelgroepen is de (door)ontwikkeling van slimme energiediensten nodig. Naast demand-side management wordt bij deze doelgroep een serieuze rol toegedicht aan opslag en conversie.

Een kritische succesfactor bij slimme energiediensten is inleving in de wensen, voorkeuren en belangen van gebruikers. Hoe krijg je sneller een 'go' van bewoners om slimme apparatuur achter hun voordeur te installeren? Daarvoor is er aandacht nodig voor zaken als aantrekkelijkheid, comfort, het effect op de woonomgeving en hoe men omgaat met installatie- en gebruiksgemak. Bovendien dient het ontwerp vanaf het begin oog te hebben voor publieke waarden zoals eerlijkheid, inclusiviteit en democratische bestuurbaarheid (zie hst. 3).

Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor slimme energiediensten

Additioneel sociaal-maatschappelijk onderzoek is nodig naar de principes waarop slimme energiediensten het beste ontworpen kunnen worden. Dit draagt bij aan een eerlijker energiesysteem en het vergroten van draagvlak. Aandacht voor volgende thema's is gewenst:

- Publieke perceptie van slimme energiediensten, en acceptatie van slimme energiediensten. Onderzoek is nodig naar de percepties van mensen en de zorgen die ze hebben. Hoe kunnen deze zorgen weggenomen worden zodat het draagvlak voor slimme energiediensten in eigen leefomgeving toeneemt.
- Benodigde gedragsinterventies die nodig zijn om de effectiviteit van slimme energiediensten te vergroten. Slimme energiediensten bieden bij uitstek de mogelijkheid om consumenten te informeren, en te betrekken door hen informatie te verstrekken over hun energiegedrag. Onderzoek is nodig naar welke factoren hen motiveren om hun energiegebruik af te stemmen op de beschikbare (hernieuwbare) energievoorziening.
- Uiteenlopende belangen in 'multi-actor omgevingen' (*split incentive*), zoals bij de eigenaar/verhuurder en huurder van kantoren, en het effect daarvan op de toepassing en effectiviteit van slimme energiediensten.
- Eigendom van en toegang tot data. Hoe kunnen data op geaccepteerde wijze als 'voedingsbron' voor slimme energiediensten beschikbaar komen (*data as a resource, not as an asset*) met waarborging van privacy?



- Behoud van autonomie en de rol van automatisering. In hoeverre willen mensen betrokken worden bij slimme energiediensten? Welke autonomie geven we aan geautomatiseerde IT-systemen? En onder welke voorwaarden wordt geautomatiseerde/externe aansturing geaccepteerd?

Thema 1.2. Technische bouwblokken voor energieflexibiliteit in gebouwen

Standaarden en protocollen voor aansturing van apparaten

De monitoring en flexibele aansturing van verschillende apparaten en processen wordt bemoeilijkt door verschillen in connectiviteit tussen diverse apparaten. Interoperabiliteit is van belang om verschillende merken, typen en soorten apparaten eenvoudig, *plug & play* uit te lezen en aan te sturen. Dit is een essentiële voorwaarde, vergroot de schaalbaarheid van slimme energiediensten en voorkomt lock-in situaties. De studie *In-Home Energy Flexibility Protocols* (2020, TKI Urban Energy) beschrijft hoe deze interoperabiliteit kan worden vormgegeven. De studie *Smart Grid Ready Energy Storage* (2020, TKI Urban Energy) biedt een verdere verdieping voor opslagsystemen.

Recent is er een Europees protocol (S2) als norm aangenomen waarmee verschillende apparaten flexibel aangestuurd kunnen worden. Er is behoefte aan een brede implementatie van dit protocol. Daarvoor dienen de leveranciers van flexibele assets en slimme energiediensten interfaces te ontwikkelen die met deze Europese standaard kunnen communiceren. Dit is nodig voor warmtepompen, elektrische boilers, opslagsystemen, laadpunten voor elektrisch vervoer en zon-PV *inverters*.

Nieuwe generatie gebouwbeheersystemen

Energiebeheer in utiliteitsgebouwen verloopt nu veelal via een zogeheten gebouwbeheerssystemen (GBS). Een 'reguliere' GBS is gericht op energiebesparing, monitoring en verbetering van binnenklimaat/comfort, niet op flexibiliteit. Andersom zijn beheersystemen voor flexibiliteit (vaak BEMS of Building-Energy-Management-System genoemd) niet zo uitgebreid in functionaliteit als een regulier GBS. Er is behoefte aan de doorontwikkeling van deze systemen, zodat de een GBS en BEMS via interfaces kunnen samenwerken of worden geïntegreerd in één systeem. Gebruik van open standaarden is daarbij een randvoorwaarde. Het kennisdossier *Innovaties op het gebied van Gebouwbeheersystemen* (2021, TKI Urban Energy) gaat verder in op deze innovatieopgave.

Vermogenselektronica en smart-grid ready apparatuur

Buiten het ontwikkelen van software en diensten is ook er ook aandacht nodig voor de elektrotechniek die slimme energiediensten mogelijk moet maken. Omvormers voor zon-PV, elektrisch vervoer en thuisbatterijen maken allemaal gebruik van vermogenselektronica. Daarmee worden bovendien systemen steeds vaker met elkaar verbonden, bijvoorbeeld zonnepanelen die via één omvormer rechtstreeks worden gekoppeld aan een thuisbatterij. Met de inzet van vermogenselektronica wordt het mogelijk apparaten selectief minder vermogen te geven of uit te schakelen als er overbelasting wordt gedetecteerd, zonder dat hiervoor additionele slimme apparatuur voor nodig is. Steeds meer losse toepassingen maken bovendien gebruik van gelijkspanning in plaats van wisselspanning. Door systemen op basis van gelijkspanning te organiseren, kunnen energieverliezen worden voorkomen en



materialen uitgespaard worden doordat er minder AC/DC-omvormers nodig zijn. De whitepaper *Gelijkspanning in Woningen en Utiliteit* (2020, TKI Urban Energy) biedt een nadere beschrijving van dit innovatiethema.

Er is behoefte aan de (door)ontwikkeling van vermogenselektronica en veiligheidscomponenten waarmee apparaten (gezamenlijk) slim aangestuurd kunnen worden. Deze geïntegreerde systemen kunnen helpen lekstromen, faseonbalans en onnodige negatieve beïnvloeding van de *Power Quality* in de woning en wijk te voorkomen. Een belangrijk aandachtspunt is het voorkomen van lekstromen, omdat deze potentieel schade aan gebouwen veroorzaken. Verder is er behoefte aan enkele pilots waarin binnen woningen en bedrijfsgebouwen in pandige DC-netten worden gerealiseerd om DC-apparatuur te testen in een alledaagse omgeving en het precieze voordeel van DC t.o.v. AC op transparante wijze te kwantificeren. Een volledige overstap naar gelijkspanning in gebouwen lijkt overigens niet realistisch, zeker niet op korte termijn. Er worden wel kansen gezien voor hybride oplossingen, waarbij gebouwen van zowel een in pandig DC- als AC-net worden voorzien.

Let op: De ontwikkeling van nieuw opslagmaterialen is geen onderdeel van dit MMIP.

Aandachtspunten bij de innovatieopgave

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren, human capital en digitalisering (zie hst. 6). Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:

	<i>Emissiereductie</i>	<i>Energetische Inpassing</i>	<i>Economische haalbaarheid</i>	<i>Maatschappelijke haalbaarheid</i>	<i>Schaalbaarheid</i>
Ontwikkeldoel		<ul style="list-style-type: none"> • Effectief stuurbaar vermogen • Inzetmogelijkheden decentrale flexibiliteit op energiemarkten 	<ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • TVT en TCO 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantrekkelijkheid • Behoud van comfort • Gebruiksgemak • Aandacht voor diverse publieke waarden 	<ul style="list-style-type: none"> • Toepassingspotentieel • Installatietijd • Eenvoud van installatie • Aanstuurbaarheid via open protocollen (interoperabiliteit) • De mate waarin software Open Source is
Effect	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging van zelfconsumptie (%) • Verhoging gebruik duurzame energie • Energiebesparing • CO₂-reductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlaging van piekbelasting (%) • Verbeterde aansluitmogelijkheden • % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden • Verhoging op- en afregelbare flexibiliteit tbv netcongestie (kW & kWh) • Verhoging op- en afregelbare flexibiliteit tbv onbalans (kW & kWh) 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op energiekosten • Besparing op andere kosten • Besparing op maatschappelijke kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging participatie(momenten) stakeholders 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op arbeid



Deelprogramma 2 – Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

Kennis- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 2.1 - Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem								
Smart charging bij reguliere laadpunten	(Door)ontwikkeling en demonstratie van slim-ladendiensten. Doel: in 2025 grootschalige demonstratie die toont dat meerdere laadstrategieën parallel uitgevoerd kunnen worden. (Toegepast onderzoek naar laadgedrag voor effectieve) ontwikkeling van bi-directioneel laden.		X	X	X	↔		
Netinpassing van heavy-duty laadinfrastructuur	Doorontwikkeling en demonstratie van <i>heavy-duty</i> laadinfrastructuur met oog voor governancevraagstukken (interoperabiliteit, afrekenmodellen etc.). Onderzoek naar gebruikersgedrag logistieke dienstverleners voor effectieve ontwikkeling van laaddiensten.	X	X	X		↔	↔	↔
Prioritair innovatiethema 2.2 - Mobiliteitshubs als energiehub								
Geclusterde laadinfrastructuur & mobiliteitenergiehubs	Uiterlijk in 2025 demonstratie & implementatie van 2-3 grote laadpleinen (>100 auto's) en 2-3 (verkennde) pilots naar mobiliteit-energiehubs. Verkennend onderzoek naar (gebruikersgedrag van logistieke dienstverleners bij) het realiseren van (publiek-private) collectieve laadhubs.			X	X	↔	↔	
Systeemintegratie van elektrische infrastructuren	Onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van parallelle benutting van (tractie)netten voor Openbaar Vervoer (OV) en Openbare Verlichting (OVL) voor de elektrificatie van de gebouwde omgeving. Doel: in 2025 een beter beeld van de zin & onzin en de innovatieopgave van parallelle benutting.	X	X	X		↔	↔	↔

Achtergrondinformatie bij prioritaire innovatiethema's

Thema 2.1 Inpassing laadinfrastructuur in het energiesysteem

Smart charging bij reguliere laadpunten

Door het energieverbruik van de laadinfrastructuur slim aan te sturen (*smart charging*), wordt het mogelijk om auto's te laden wanneer groene stroom beschikbaar is, wanneer elektriciteit goedkoop is, en om congestie en onbalans te voorkomen. Inmiddels zijn er diverse projecten opgestart en gerealiseerd die de werking van slim laden hebben aangetoond, met name gericht op het vertraagd of uitgesteld laden. De meeste slim-ladendiensten zijn gericht op één laadstrategie en verdienmodel. Er is behoefte aan de doorontwikkeling en demonstratie van slim-ladendiensten die aantonen dat het mogelijk is om meerdere doelen en laadstrategieën parallel uit te voeren.

Naast deze vorm van vertraagd of uitgesteld slim laden, is er behoefte aan toegepast onderzoek en (door)ontwikkeling van slim-ladenoplossingen op het vlak van bi-directioneel laden (*vehicle-to-building* of *vehicle-to-grid*), waarbij zowel software (energie-management-systeem) als hardware (laadpunt) relevant zijn. Er bestaan nog verschillende beelden over nut en noodzaak van bi-directioneel laden. Onderzoek is



nodig naar de impact die bi-directioneel laden kan hebben ten opzichte van regulier (uni-directioneel) laden.

Toepassing van slim laden vraagt om acceptatie en eventueel gedragsverandering van gebruikers. Specifiek op het gebied van bi-directioneel laden zijn nog weinig ervaringen opgedaan over de wensen en ervaringen van elektrische rijders. Toegepast onderzoek is essentieel naar de factoren die laadgedrag beïnvloeden en hoe men kan worden gemotiveerd om hun voertuig slim te laden.

Momenteel mogen de netbeheerders geen (financiële) prikkels geven om deze piekvraag te verminderen. Ook bestaat het risico dat slim laden op basis van elektriciteitsprijzen juist leidt tot lokale congestie. Er is behoefte aan nieuwe oplossingsrichtingen, verdienmodellen en afsprakenstelsels op dit vlak. De onderzoeksvragen op dit vlak worden geadresseerd in deelprogramma 4.

Netinpassing van heavy-duty laadinfrastructuur

Naast elektrische auto's krijgt de gebouwde omgeving te maken met de opkomst van snelladers en de laadpunten voor elektrische bussen en trucks, die beide hogere vermogens vragen. De bussen in het openbaar vervoer worden op hoog tempo geëlektrificeerd. De markt van elektrische trucks staat nog in de kinderschoenen, maar er zijn diverse modellen van verschillende fabrikanten aangekondigd. Deze voertuigen hebben een grotere elektriciteitsbehoefte, waardoor de inpassing in het elektriciteitssysteem een nog belangrijker vraagstuk kan worden. Om over een aantal jaar te kunnen opschalen, vereist dit onderwerp nu al aandacht.

Er is met name behoefte aan de doorontwikkeling en demonstratie van *heavy-duty* laadinfrastructuur. Waar de governance en interoperabiliteit bij slim laden voor auto's al is geregeld, is dit bij *heavy-duty* laadinfrastructuur een nieuw thema. Belangrijk aandachtspunt voor ontwikkeling is gebruik van (voorlopige) standaarden, dataverzameling, energie- en logistiek management (o.a. slim laden, afrekenmodellen, energie-uitwisseling). Zo worden lock-in situaties voorkomen en ontstaan betere mogelijkheden voor de gezamenlijke aanleg van laadinfrastructuur. Een belangrijk aandachtspunt is ook dat de laadinfrastructuur de *Power Quality* in de wijk of op een bedrijfsterrein niet onnodig negatief beïnvloedt, en dat lekstromen worden voorkomen.

OV en logistiek kent een andere dynamiek dan personenvervoer. Het krijgt te maken met strakkere plannings, voertuigen zijn een groter deel van de tijd op de weg en de financiële risico's zijn groter als een voertuig stil komt te staan. Dit stelt scherpe kaders en voorwaarden aan de beschikbaarheid van laadvermogen. Daarom is het nodig om verder onderzoek te doen naar de behoeften en gebruikersgedrag van logistieke dienstverleners en de implicaties daarvan voor het inrichten van de laadinfrastructuur.

Thema 2.2 Mobiliteitshubs als energiehubs

Geclusterde laadinfrastructuur & mobiliteit energiehubs

Een laadplein is een effectieve oplossing om meerdere voertuigen op een locatie (snel) te laden. Zowel op fysieke pleinen als ook in parkeergarages. Een laadplein bestaat uit een clustering van meer dan twee laadpunten die niet afzonderlijk op het net zijn aangesloten maar samen één aansluiting hebben. Het beschikbare vermogen kan op



een slimme manier verdeeld worden over de laadpunten. Combinaties van laadinfrastructuur met stationaire opslag kunnen helpen om piekvraag te voorkomen, terwijl er toch tegen hoog vermogen geladen kan worden. Verdere demonstratie en implementatie van laadpleinen is nodig, met name wat betreft de clustering van grote aantallen elektrische voertuigen (>100).

Een knooppunt voor mobiliteit ('mobiliteitshub') heeft de potentie om door te groeien naar een energiehub waar bijvoorbeeld verschillende afnemers, lokale duurzame opwek, stationaire opslag en/of conversie in combinatie met slimme aansturing samenkomen. Verdere ontwikkeling en demonstratie zijn nodig om deze mobiliteit-energiehubs te operationaliseren.

Er liggen grote kansen om OV-stations te organiseren als energiehubs. Lokale overheden en decentrale OV-autoriteiten kunnen daarbij een natuurlijke initiator en/of organisator zijn, omdat zij de eigenaar zijn van de laadinfrastructuur voor OV en de stroomnetten op stations. Daarbij is er behoefte aan onderzoek naar de behoeften en gebruikersgedrag van logistieke dienstverleners, om te bepalen op welke wijze gezamenlijk/collectief gebruik (publiek-privaat) van laadinfrastructuur mogelijk is.

Systeemintegratie van elektrische infrastructuren

Er worden kansen gezien om de (tractie)netten voor openbaar vervoer (OV) (voor tram, metro, trolleybus en trein) en de netten voor Openbare Verlichting (OVL) in te zetten voor de elektrificatie van de gebouwde omgeving. OV- en OVL-netten zijn vaak afgesloten netten met vaak maar één eigenaar en toepassing, waardoor het mogelijk de kabels ook voor andere toepassingen te benutten. Denk aan het invoeden van zonne-energie of het aansluiten van laadpunten. Dit wordt parallelle benutting genoemd. Doordat steeds meer OVL-netten gebruik gaan maken van zuinige ledverlichting, komt er steeds meer capaciteit vrij op die netten. Bovendien zijn deze netten (steeds vaker) georganiseerd op basis van gelijkspanning, waardoor eenvoudigere methoden van aansturing van deze netten mogelijk worden. De Whitepapers Gelijkspanning (2020, TKI Urban Energy) bieden een nadere beschrijving van de mogelijkheden met gelijkspanning. Er is behoefte aan meer onderzoek naar en ontwikkeling/demonstratie van mogelijkheden van parallelle benutting.

Aandachtspunten bij de innovatieopgave

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren en digitalisering (zie hoofdstuk 6). Dit deelprogramma werkt daarbij aan de volgende KPI's:



	Emissiereductie	Energetische Inpassing	Economische haalbaarheid	Maatschappelijke haalbaarheid	Schaalbaarheid
Ontwikkeldoel		<ul style="list-style-type: none"> • Effectief stuurbaar vermogen • Inzetmogelijkheden decentrale flexibiliteit op energiemarkten 	<ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • TVT en TCO 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantrekkelijkheid • Gebruiksgemak • Behoud van comfort • Draagvlak • Aandacht voor diverse publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cyber-security, privacy etc.) • Ruimtebeslag 	<ul style="list-style-type: none"> • Installatietijd • Aanstuurbaarheid via open protocollen (interoperabiliteit) • De mate waarin software Open Source is • Eenvoud van installatie
Effect	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging (collectieve) zelfconsumptie • Verhoging gebruik duurzame energie • CO₂-reductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlaging van piekbelasting (%) • Verbeterde aansluitmogelijkheden op stroomnet • % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden • Verhoging op- en afregelbare flexibiliteit tbv netcongestie (kW & kWh) • Verhoging op- en afregelbare flexibiliteit tbv onbalans (kW & kWh) 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op energiekosten • Besparing op andere kosten • Besparing op maatschappelijke kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging participatie(momenten) stakeholders 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op arbeid



Deelprogramma 3 – Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

Kennis- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 3.1 - Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau								
Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijventerreinen	Ontwikkeling/demonstratie van herhaalbare & schaalbare collectieve slimme energiediensten met oog voor wensen van gebruikers, publieke waarden en gestandaardiseerde toegang tot data. Doel: in 2025 ruim inzicht in de effecten van <i>energy communities</i> op het (lokale) energiesysteem; in 2027 3-5 grootschalige demonstraties.		X	X		↔	↔	
Transactive energy & Energy Communities	Onderzoek naar/ontwikkeling van herhaalbare en schaalbare oplossingen voor het (lokaal) delen van energie. Doel: in 2025 ruim inzicht in de effecten van <i>energy communities</i> op het (lokale) energiesysteem; in 2027 3-5 grootschalige demonstraties.	X	X			↔	↔	
Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve energiediensten	Sociaal-maatschappelijk onderzoek ten behoeve van kennisopbouw voor de effectieve ontwikkeling van collectieve slimme energiediensten. Aandacht voor drijfveren deelnemers, collectieve organisatie- en financieringsvormen en keuzevrijheid.	X	X			↔		
Prioritair innovatiethema 3.2 - Lokale systeemintegratie								
Systeemintegratie van verschillende energiedragers en sectoren	Onderzoek naar mogelijkheden voor conversie en uitwisseling tussen energiedragers en sectoren. Doel: in 2027 een duidelijke beeld over de nut, noodzaak en omvang van gewenste lokale systeemintegratie. Ter ondersteuning daarvan richting 2027 (verkennde) pilots.	X	X	X		↔	↔	↔
(Door)ontwikkelen opslag- en conversie technieken	Onderzoek naar/ontwikkeling en demonstratie van (configuraties van) opslag- en conversiesystemen op het gebied van kosten, stabiliteit en reactiesnelheid op basis reeds toepasbare opslag- en conversietechnieken, voor brede en effectieve inzet in het energiesysteem.	X	X	X		↔	↔	

Achtergrondinformatie bij prioritaire innovatiethema's

Thema 3.1. Bottom-up oplossingen voor elektrificatie op gebiedsniveau

Collectieve slimme energiediensten voor wijken en bedrijventerreinen

Er is in de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar slimme energiediensten die zich richten op een meer collectieve aanpak, vaak lokaal georganiseerd in een woonwijk of op een bedrijventerreinen. De zin & onzin, nut & wenselijkheid en haalbaarheid & impact van verschillende type collectieve slimme energiediensten zal de komende jaren nog moeten blijken. Daar bestaat nog geen helder uitgekristalliseerd beeld voor. Een concrete aanleiding om (tijdelijk) collectieve slimme energiediensten in te zetten, is de aansluitproblematiek die ontstaat door congestie. Slimme energiediensten zijn het smeermiddel voor meer creatieve manieren op het stroomnet aan te sluiten, bijvoorbeeld via een directe lijn, cable-pooling, infra-pooling of een gesloten distributiesysteem.



Er is thans behoefte aan (demonstratie)projecten die aantonen dat collectieve slimme energiediensten op herhaalbare en schaalbare manier ingezet kunnen worden. Gebruik van open (de facto) standaarden en protocollen is daarbij een randvoorwaarde. Een kritische succesfactor bij slimme energiediensten is de inleving in de belangen van deelnemers. Vroegtijdig onderzoek naar gebruikersgedrag, -ervaringen, -wensen en -voorwaarden zijn essentieel. Bovendien dient het ontwerp vanaf het begin oog te hebben voor eerlijkheid, inclusiviteit en democratische bestuurbaarheid (zie hst. 3). Hier liggen duidelijke kansen voor collectieven van eindgebruikers via co-creatie te laten meewerken aan de ontwikkeling van slimme energiediensten.

Transactive energy & Energy Communities

Oplossingen op het gebied van *transactive energy* zoals peer-to-peer energielevering, kunnen een rol spelen in het toekomstig energiesysteem. Het vergroot de (lokale) betrokkenheid van eindgebruikers bij de energietransitie. Het Clean Energy Package, Europese wetgeving uit 2019, die Nederland verplicht is om te implementeren, geeft meer ruimte voor *Energy Communities*. Daarmee wordt het mogelijk om gezamenlijk lokaal aan de slag te gaan met onderlinge uitwisseling, opwek, opslag en conversie van energie. Er is behoefte aan onderzoek naar en ontwikkeling van herhaalbare en schaalbare oplossingen om lokale energie-uitwisseling vorm te geven. Er bestaan nog verschillende beelden over nut en noodzaak van *transactive energy & energy communities*, en de mate waarin deze concepten wenselijker zijn dan een top-down georganiseerd energiesysteem. Daarom is onderzoek nodig naar de wijze waarop energy communities (EC's) vorm kunnen krijgen en de effecten van EC's op het (lokale) energiesysteem.

Sociaal-maatschappelijke ontwerpprincipes voor collectieve energiediensten

Specifiek bij collectief georganiseerde energiesystemen ontstaan nieuwe uitdagingen. Om te komen tot opschaalbare oplossingen op gebiedsniveau, is aandacht nodig voor de drijfveren die mensen en organisaties motiveren om collectief met energiediensten aan de slag te gaan. Additioneel sociaal-maatschappelijk onderzoek is nodig naar de principes waarop collectieve slimme energiediensten het beste ontworpen kunnen worden. Aandacht voor volgende thema's is gewenst:

- Drijfveren: Hoe kunnen collectieve voordelen worden behaald, terwijl tegelijkertijd recht wordt gedaan aan individuele keuzevrijheid? Welke factoren bepalen of individuen en bedrijven überhaupt willen meedoen aan collectieve oplossingen?
- De organisatie van het collectief: In welke mate wil men verschillende gedragingen uitvoeren en op welke wijze kunnen (publiek-private) samenwerkingsverbanden tot stand komen? Hoe worden organisatorische en financiële kansen en risico's binnen het afgewogen en verdeeld?
- Keuzevrijheid: Hoe kunnen collectieve voordelen worden behaald, terwijl tegelijkertijd recht wordt gedaan aan individuele keuzevrijheid? Hoe kan een lock-in worden voorkomen?

Thema 3.2. Lokale systeemintegratie

Om de elektrificatie op gebiedsniveau vorm te geven, moet breder gekeken worden dan het elektriciteitssysteem alleen. Juist de uitwisseling tussen verschillende



infrastructuren, energiedragers en sectoren biedt kansen. Verschillende locaties vragen om verschillende oplossingen die passen bij de aanwezige energiebronnen en de hoeveelheid en het type afnemers.

Systeemintegratie van verschillende energiedragers en sectoren

Er is behoefte aan verder onderzoek naar en ontwikkeling van de mogelijkheden voor conversie en uitwisseling tussen andere energiedragers en sectoren. Het geografisch concentreren van opslag-, conversie-, verbruiks- en uitwisselingsmogelijkheden in lokale 'energiehubs' kan bijdragen aan effectievere oplossingen. Verdere ontwikkeling en demonstratie zijn nodig om deze hubs te operationaliseren.

Conversie naar van elektriciteit naar waterstof kan hierbij een rol spelen. De 'meerjarige programmatische aanpak voor waterstof'³ beschrijft de mogelijkheden voor toepassing van waterstof in de gebouwde omgeving. Voor 2030 moet duidelijk zijn op welke wijze waterstof kan bijdragen aan de klimaatdoelen voor 2050. Mogelijk speelt waterstof na 2030 een rol bij gebouwen en wijken die op andere wijze lastig te verduurzamen zijn. Om dit mogelijk te maken, wordt erop ingezet om in de periode 2020-2025 3-5 pilots met waterstof in de gebouwde omgeving uit te voeren.

(Door)ontwikkelen opslag- en conversietechnieken

Om te voorzien in de lokale flexibiliteitsbehoefte voor nu en de toekomst is er behoefte aan (door)ontwikkeling van opslag- en conversiesystemen op het gebied van kosten, stabiliteit, reactiesnelheid en de mogelijkheid om verschillende behoeften (parallel) te bedienen met deze oplossingen. Let op: Het betreft hier onderzoek naar en ontwikkeling van configuraties van opslagsystemen op basis reeds toepasbare (combinaties van) opslag- en conversietechnieken. De ontwikkeling van nieuwe of verbeterde opslagmaterialen of -technologieën is expliciet geen onderdeel van dit MMIP.

Aandachtspunten bij de innovatieopgave

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren en digitalisering (zie hoofdstuk 6). Dit deelprogramma werkt daarbij aan de volgende KPI's:

³ [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energie%20transitie%20-%20innovatieroadmap%20\(jan%202020\).pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/TKI%20Gas/publicaties/Waterstof%20voor%20de%20energie%20transitie%20-%20innovatieroadmap%20(jan%202020).pdf)



	Emissiereductie	Energetische Inpassing	Economische haalbaarheid	Maatschappelijke haalbaarheid	Schaalbaarheid
Ontwikkeldoel		<ul style="list-style-type: none"> • Effectief stuurbaar vermogen • Inzetmogelijkheden decentrale flexibiliteit op energiemarkten • Efficiëntie van opslag- en conversieproces (%) 	<ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • TVT en TCO 	<ul style="list-style-type: none"> • Aantrekkelijkheid • Gebruiksgemak • Draagvlak • Aandacht voor diverse publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Toepassingspotentieel • Installatietijd • Aanstuurbaarheid via open protocollen (interoperabiliteit) • De mate waarin software Open Source is • Eenvoud van installatie
Effect	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging (collectieve) zelfconsumptie • Verhoging gebruik duurzame energie • CO₂-reductie 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlaging van piekbelasting (%) • Verbeterde aansluitmogelijkheden op het stroomnet • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv netcongestie (kW & kWh) • Hoeveelheid op- en afregelbare flexibiliteit tbv onbalans (kW & kWh) • % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op energiekosten • Besparing op andere kosten • Besparing op maatschappelijke kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging participatie(momenten) stakeholders 	<ul style="list-style-type: none"> • Besparing op arbeid



Deelprogramma 4 – Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

Kennis- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 4.1 - Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem								
Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving	Onderzoek naar de institutionele kaders van het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving in 2030 en 2050. Doel: uiterlijk in 2025 de eerste concrete handvatten & inzichten voor effectieve inzet van slimme energiediensten ten behoeve van het LAN ⁴ en NPE ⁵ .	X	X			↔	↔	↔
Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de inzet van slimme energiediensten	Ontwikkeling en implementatie van afsprakenstelsels en referentie-architecturen. Doel: uiterlijk in 2025 breed gedragen afsprakenstelsels voor 1. toegang tot data over belastingpatronen van het elektriciteitsnet 2. effectieve flexibiliteit voor netcongestie		X	X	X	↔	↔	
Prioritair innovatiethema 4.2 - Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving								
Coördinatiesystemen voor congestiemanagement	Doorontwikkeling van het congestiemanagementplatform GOPACS. Doel: 3-5 projecten in 2025 die de effectiviteit en potentie van GOPACS in kaart brengen, werken aan de doorontwikkeling van het platform en die eventuele aanvullende oplossingen inzichtelijk maken.		X	X	X	↔		
Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten	(Door)ontwikkeling van platformen voor (toegang tot) energiehandel en systeemdiensten. Doel: uiterlijk in 2027 significante verbeterde mogelijkheden om kleinschalige flexibiliteit uit de gebouwde omgeving in te zetten op energiemarkten.		X	X	X	↔	↔	

Achtergrondinformatie bij prioritaire innovatiethema's

Thema 4.1. Ontwerp en operationalisering van het toekomstige elektriciteitssysteem

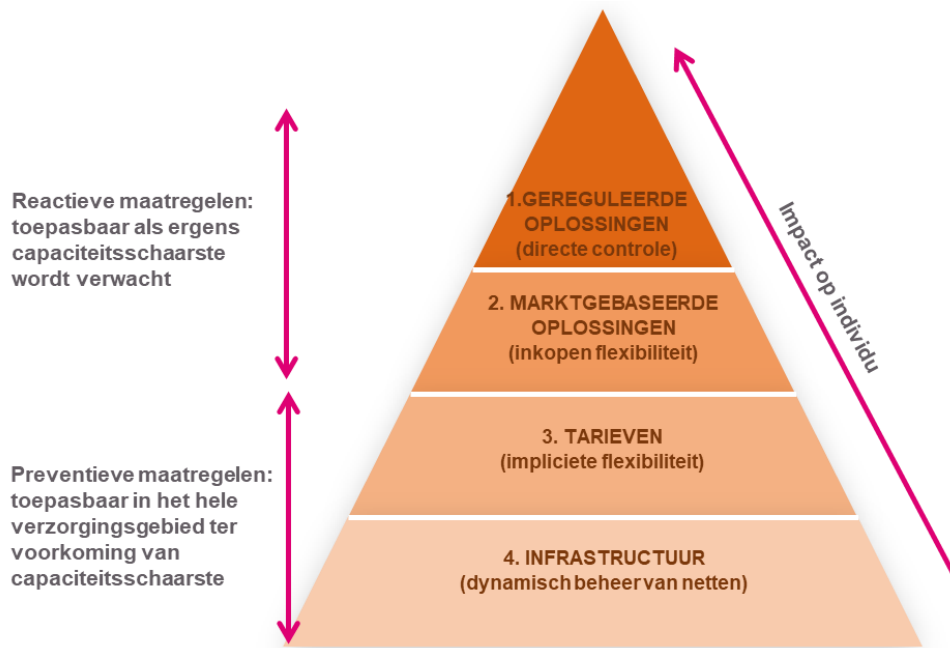
Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving

Er is onderzoek nodig naar de (institutionele) kaders waarop het energiesysteem van de toekomst (2030 en 2050) kan worden vormgegeven en de wijze waarop slimme energiediensten daarin zijn ingebed. Slimme energiediensten zullen in dat systeem een belangrijke rol spelen. Het is niet waarschijnlijk dat alle flexibiliteit via marktmechanismen wordt ontsloten. Alleen al voor het omgaan met capaciteitsschaarste is een breed palet van maatregelen nodig, zoals schematisch weergegeven in onderstaande 'flexpyramide'.

⁴ LAN: het Landelijk Actieprogramma Netcongestie. Dit actieprogramma kijkt breed naar oplossingen op korte termijn om de problemen met het volle stroomnet zoveel mogelijk te beperken en voorkomen. Het programma is gezamenlijk opgesteld door netbeheerders, ACM, medeoverheden, het Rijk en marktpartijen.

⁵ NPE: Het Nationaal Plan Energiesysteem. Het Nationaal plan energiesysteem ziet toe op een meer gecoördineerde ontwikkeling van de energietransitie, waarbij de verschillende schakels in het energiesysteem zo goed mogelijk op elkaar worden afgestemd. Dit kan gaan over aard, omvang, tijd, ruimte en de daarvoor benodigde infrastructuur. Het doel van het Nationaal plan energiesysteem is om de transitie in goede banen te leiden via ontwerpprincipes, uitgangspunten en (samenhangende) beleidskeuzes, met oog voor de maatschappelijk gewenste ontwikkeling van het energiesysteem.





Hoe komen we tot een afwegingskader voor de betrouwbaarheid, betaalbaarheid én maatschappelijk acceptatie van het toekomstige energiesysteem en de inzet van slimme energiediensten daarbinnen? Simulaties en pilots kunnen relevante kennis en inzichten opleveren om dit onderzoek te voeden. Er is aandacht nodig voor vijf samenhangende zaken:

- *Impact en effect van slimme energiediensten.* In welke mate is flexibiliteit van belang in de toekomst qua hoeveelheid en soort? Op welke wijze kunnen slimme energiediensten effectief een rol spelen in het energiesysteem? Hoe betrouwbaar zijn verschillende flexibele technologieën? Er is veel geschreven over de theoretische potentie van flexibele warmtepompen, maar in welke impact gaan deze daadwerkelijk hebben? Welke rol gaan thuisbatterijen spelen? En in hoeverre is deze effectiviteit en betrouwbaarheid afhankelijk van de wettelijke kaders en afsprakenstelsels?
- *Botsende behoefte aan flexibiliteit:* Flexibiliteit kan voor verschillende doelen worden ingezet. Deze kunnen parallel lopen, maar ook botsen. Een buurtbatterij kan bijvoorbeeld congestie veroorzaken als het wordt ingezet om onbalans te voorkomen. Daar ligt bovendien een risico voor oneigenlijk gebruik van marktmechanismen (gaming). Er is meer inzicht nodig in de (on)gelijktijdigheid van de flexibiliteitsbehoeften. Het bijstellen van afsprakenstelsels kan een wijze zijn om met tegengestelde signalen om te gaan, bijvoorbeeld door netwerk-prioriteiten te standaardiseren door verdere uitwerking van het 'stoplichtmodel'.
- *Businesscase van en (prijs)prikkels voor flexibiliteitsoplossingen.* Waarom komen bepaalde flexibiliteitsoplossingen wel of niet van de grond? Het is belangrijk om te onderzoeken hoe bepaalde veranderingen in prijsmechanismen (prijsprikkels) of aanpassingen van het tariefstelsel kunnen bijdragen aan de businesscase van slimme energiediensten en daarmee de betaalbaarheid en betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem. Onderzoek is o.a. nodig naar de ideale mate waarin curtailment ingezet zou moeten worden, waarbij een goede businesscase voor opwek blijft bestaan, maar overbodige maatschappelijke voor netverzwaring wordt beperkt. Daarnaast is inzicht nodig in de volumeontwikkeling en de businesscases



die zullen ontstaan. Wat worden de kosten voor flexibiliteit voor netbeheerders als ze die rechtstreeks of via aggregators inkopen?

De wijze waarop netbeheerders de inzet van slimme energiediensten door derden faciliteren, bepaalt in welke mate deze energiediensten van de grond kunnen komen. Relevante vraagstukken zijn de prijsmodellen die netbeheerders kunnen gebruiken voor inkoop van flexibiliteit, en welke contractvorm en -duur gewenst zijn tussen netbeheerders en markt.

- *Draagvlak voor nieuwe kaders.* Beslissingen over bijvoorbeeld nieuwe tariefstructuren en aansluitvoorwaarden raken rechtstreeks aan burgers en bedrijven. Draagvlak is essentieel wanneer het nodig is om dergelijke veranderingen door te voeren. Hoe komen we tot een afwegingskader dat niet alleen op technocratische manier kijkt naar het energiesysteem, maar juist maatschappelijke aspecten meeneemt?
- *Rollen en belangen in het marktsysteem.* Hoe veranderen rollen en welke nieuwe rollen kunnen we onderscheiden in het toekomstige energiesysteem? Welke rol gaan bijvoorbeeld *Balancing Service Providers* (BSP's), *Congestie Service Providers* (CSP's) en *Energy Communities* spelen? En welke rechten en plichten horen bij deze rollen? Hoe voorkomen we dat toegankelijkheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid in het gedrang komt doordat een monopolist de hele markt in de handen krijgt.

Afsprakenstelsels en referentiearchitecturen voor de inzet van slimme energiediensten
Bovengenoemde afwegingskaders dienen vervolgens naar de praktijk te worden vertaald. Door gezamenlijk afsprakenstelsels en referentiearchitecturen te ontwikkelen, komen nieuwe oplossingen binnen handbereik. In samenwerking ontwikkelde afsprakenstelsels en referentiearchitecturen gelden als een belangrijke voorwaarde om ketensamenwerking bij energiediensten te faciliteren door data-uitwisseling op gestandaardiseerde wijze te organiseren. Denk aan het Universal Smart Energy Framework (USEF) voor de inzet van energieflexibiliteit of het Layered Energy System voor de inzet van blockchain bij energietransacties.

Het ontwikkelen van afsprakenstelsels is met name urgent bij de gereguleerde uitvraag naar flexibiliteit voor congestiemanagement door de netbeheerder. In mei 2022 publiceerde de Autoriteit Consument & Markt (ACM) een nieuw codebesluit. Het is nu nodig om hier praktijkervaring mee op te doen en dit verder te operationaliseren. Aandachtspunt hierbij is de schaalbaarheid en effectiviteit waarmee flexibiliteit kan worden ingezet, op een wijze die aansluit bij de wensen van de markt.

Een ander aandachtspunt is de toegang tot data. De markt heeft op dit moment onvoldoende toegang tot data over de staat van het elektriciteitssysteem. Door (inzichten uit) energiedata uit te wisselen tussen actoren kunnen nieuwe oplossingen worden ontwikkeld. Op lokaal niveau is bijvoorbeeld een mechanisme nodig die rechtstreeks toegang heeft tot de lokale belastingpatronen van het elektriciteitsnet, omdat lokale netbelasting niet af te leiden is van de nationale marktprijzen. Netbeheerders dienen de markt te faciliteren door meer informatie beschikbaar te stellen, bijvoorbeeld voor het voorspellen van toekomstige netbelasting (knelpunten voorzien) en congestie (prognoses enkele dagen vooruit).



Hierbij moet aansluiting gezocht worden bij bestaande en lopende trajecten binnen Nederland en de EU. Het bestaande VIVET-programma kan helpen om verschillende databronnen samen te brengen. Verder wordt er in de bouwsector het Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving (DSGO) ontwikkeld; federatief datadelen door de gehele bouwketen, waar ook de gebruiksfase meegenomen wordt, en wat dus relevant is voor allerhande slimme digitale diensten die inspelen op het energiegebruik.

Thema 4.2. Marktmechanismen voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving

Coördinatiesystemen voor congestiemanagement

In 2019 lanceerden TenneT en de regionale netbeheerders Stedin, Liander, Enexis en Westland Infra gezamenlijk het netbeheerdersplatform GOPACS. Het is een nieuwe route om marktpartijen een verdienlijn te bieden voor de inzet van flexibiliteit om congestie te voorkomen. Bij deze oplossing wordt de centrale intra-day handelsmarkt gekoppeld aan lokale uitdagingen. Er is behoefte aan projecten die de effectiviteit en potentie van GOPACS in kaart brengen, die werken aan de doorontwikkeling van het platform en die de eventuele behoefte aan parallelle of aanvullende oplossingen inzichtelijk maken.

Laagdrempelige toegang tot (inter)nationale energiemarkten

Om het (inter)nationale elektriciteitssysteem te balanceren ontstaat een groeiende behoefte aan (geaggregeerde) inzet van kleinschalige flexibiliteit vanuit de gebouwde omgeving. Om kleinverbruikers en andere actoren uit de gebouwde omgeving (beter) actief te laten meedoen op energiemarkten, dienen zij gemakkelijker toegang te kunnen krijgen tot handelsmarkten of systeemdiensten, bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe platformen voor energiehandel en systeemdiensten of de verlaging van barrières van bestaande platformen.

In 2020 lanceerde TenneT reeds het blockchainplatform Equigy waarmee huishoudens en eigenaren van bijvoorbeeld elektrische voertuigen de flexibele capaciteit van hun auto's, warmtepompen en thuisbatterijen op de energiemarkten kunnen aanbieden. Er is behoefte aan projecten die de effectiviteit en potentie van Equigy in kaart brengen, die werken aan de doorontwikkeling van het platform en die de eventuele behoefte aan parallelle of aanvullende oplossingen inzichtelijk maken.

Aandachtspunten bij de innovatieopgave

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: maatschappelijk verantwoord innoveren (MVI) en digitalisering (zie hoofdstuk 6). Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:



	Emissiereductie	Energetische Inpassing	Economische haalbaarheid	Maatschappelijke haalbaarheid	Schaalbaarheid
Ontwikkeldoel		<ul style="list-style-type: none"> • Inzetmogelijkheden decentrale flexibiliteit op energiemarkten 		<ul style="list-style-type: none"> • Draagvlak en acceptatie • Aandacht voor verschillende publieke waarden • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Laagdrempelige toegang participanten op energiemarkten
Effect		<ul style="list-style-type: none"> • Vermindering knelpunten & congestie in elektriciteitssysteem • Verhoging inzet decentrale flexibiliteit in het energiesysteem 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlaging kosten voor flexibiliteit op energiemarkten • Besparing op maatschappelijke kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Verhoging participatie(momenten) stakeholders 	



Deelprogramma 5 – Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

Innovatieopgave

Dit deelprogramma richt zich op de volgende onderwerpen:

Kennis- en innovatievraagstukken	Toelichting op kennis- en innovatiebehoefte	Onderzoek	Ontwikkeling	Demonstratie	Implementatie	23-25	25-27	27-29
Prioritair innovatiethema 5.1 - Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur								
Real-time inzicht voor betere uitnutting elektriciteitsnetten	Grootschalige implementatie van real-time monitoring op MS-netten in 2025 en LS-netten in 2027. Eerste pilots in 2027 die aantonen dat met <i>control</i> -maatregelen (die werken op basis van monitoringsdata) de belastbaarheid van infrastructuur significant vergroot kan worden.	X	X	X	X	↔	↔	
Proactieve onderhoudsmethoden van elektriciteitsinfrastructuur	Onderzoek naar en ontwikkeling van methoden voor proactief onderhoud van elektriciteitsinfrastructuur met behulp van sensoriek, monitoring en data-analyse. Doel: in 2025 2-4 pilots die aantonen dat hiermee significante levensduurverlenging van de infrastructuur mogelijk is.	X	X	X		↔	↔	
Betrouwbare spanningskwaliteit	Verkenkend onderzoek dat uiterlijk in 2025 inzicht geeft in de omvang, spreiding en impact van verschillende soorten verstoringen op spanningskwaliteit. Richting 2027 onderzoek naar en ontwikkeling van oplossingen voor handhaving spannings-/vermogenskwaliteit.	X	X	X		↔	↔	
Vergroten van de duurzaamheid & circulariteit van elektriciteitsnetten	Onderzoek/ontwikkeling van nieuwe infrastructuur die 100% circulair is en niet milieubelastend. Zoeken naar manieren om huidige afvalkabels circulair te ontmantelen. Ontwikkelen van uniforme manier om circulariteit te meten. Doel: uiterlijk in 2030 stop op gebruik van <i>virgin</i> koper.	X	X			↔	↔	↔
Prioritair innovatiethema 5.2 - Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur								
Verbeterde methoden voor aanleg en uitbreiding van infrastructuur	Ontwikkeling, demonstratie en implementatie van methoden voor aanleg & uitbreiding van infrastructuur (nieuwe werkmethoden, vernieuwende componenten, verbetering werkprocessen, mobiele stations) met significante reductie van arbeid en/of kosten.		X	X	X	↔	↔	
Ruimtelijke inpassing van elektrische infrastructuur	Onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van verbeterde mogelijkheden om de elektrische infrastructuur fysiek in te passen in de gebouwde omgeving, met oog voor welstand en esthetiek in de wijk.	X	X	X	X	↔	↔	↔

Achtergrondinformatie bij prioritaire innovatiethema's

Thema 5.1. Robuuste en levensbestendige elektriciteitsinfrastructuur

Real-time inzicht voor betere uitnutting elektriciteitsnetten

Er behoefte aan verbeterde inzichten (studies en monitoring) naar mogelijkheden om de belastbaarheid van de elektriciteitsinfrastructuur te vergroten zonder dat de betrouwbaarheid afneemt. Dat kan bijvoorbeeld door verbeterde inzichten en nieuwe technieken die de restlevensduur van huidige systemen verlengen. De inzet van IT-oplossingen om op basis van (real-time) data daadwerkelijke sturingsmogelijkheden in de netten te realiseren kan hiervan een onderdeel zijn.



Op dit moment hebben de netbeheerders beperkt *real-time* inzicht in de staat van het distributienetwerk. Netbeheerders beogen om ruim voor 2030 alle energie-infrastructuur (elektra en warmte) uit te rusten met sensoren die de status en belasting kunnen meten. Er is behoefte aan de ontwikkeling en demonstratie van oplossingen om de monitoring en control vorm van de elektrische infrastructuur te organiseren. De gewenste monitoring- en controlopties bestaan zowel uit software (conditiemetingen, patroonherkenning en voorspellingen) als hardware (sensoren, meters, slimme vermogenselektronica). *Cybersecurity* is hierbij een belangrijk aandachtspunt.

Proactieve onderhoudsmethoden van elektriciteitsinfrastructuur

Door toepassing van sensoriek, online & offline monitoring en data-analyse (*machine learning*) kan de voorspelbaarheid worden vergroot van het noodzakelijke onderhoud aan de elektriciteitsinfrastructuur. Er is behoefte aan onderzoek naar en ontwikkeling van methoden om meer proactief onderhoud te kunnen plegen aan de elektriciteitsinfrastructuur. Daarbij kan zowel data op componentniveau en uit het bredere energiesysteem toegepast worden. Zo wordt de levensduur van de bestaande netten vergroot.

Inzet van vermogenselektronica voor betere uitnutting elektriciteitsnetten

Door de toepassing van vermogenselektronica wordt het mogelijk om de capaciteit van de elektriciteitsinfrastructuur beter te benutten, weerbaarheid ('*resilience*') te vergroten, kortsluitvermogen te beperken, de *power quality* te ondersteunen en te sturen op vermogen en spanning. Dat maakt het in potentie mogelijk om netten te 'verzwaren' zonder de grond open te halen. Met de toepassing van vermogenselektronica wordt het ook mogelijk om de elektrische infrastructuur die is ingericht is op basis van wisselspanning te organiseren op basis van gelijkspanning. De whitepaper *Gelijkspanning in Lokale DC-Netten* (2020, TKI Urban Energy) biedt een nadere beschrijving van dit innovatiethema. Er is behoefte aan meer onderzoek naar, en de ontwikkeling en demonstratie van mogelijkheden om vermogenselektronica in te zetten.

Betrouwbare spanningskwaliteit

Door de elektrificatie van het energiesysteem komt de spanningskwaliteit van de elektrische infrastructuur onder druk te staan. Een goede spanningskwaliteit is essentieel voor een stabiel elektriciteitssysteem. Zo wordt de kwaliteit van de spanning gekenmerkt door parameters als harmonische vervorming, spanningsasymmetrie en de langzame spanningsvariatie: blijft de spanning binnen de bandbreedte. Daarnaast spelen spanningsdips een belangrijke rol. Slechte spanningskwaliteit kan resulteren in een verkeerde werking van de apparatuur, versnelde veroudering, uitval van de installatie, verlies van productieproces en bijbehorende financiële consequenties. Een slechte *Power Quality* veroorzaakt al in toenemende mate problemen in elektrische installaties.

Er is een grote zorg dat door deze ontwikkelingen de kwaliteit van de spanning verslechtert en er niet meer aan de huidige spanningskwaliteit criteria voldaan kan worden. In deelprogramma 1 & 2 wordt daarom al aandacht gevraagd voor de ontwikkeling van apparatuur die *Power Quality* niet onnodig negatief beïnvloedt.



Daarnaast is er behoefte aan oplossingen die de spanningshandhaving en verbetering van vermogenskwaliteit op het elektriciteitsnet mogelijk maken. Mogelijk dat daarvoor aanvullende metingen en monitoring noodzakelijk is. Er is behoefte aan onderzoek naar en ontwikkeling van oplossingen die bijdragen aan het borgen van de kwaliteit van de spanning op het elektriciteitsnet.

Daarnaast is er behoefte aan studies naar de omvang, spreiding en impact van de verschillende soorten van verstoringen. Daarbij is ook onderzoek nodig naar relatief nieuwe verstoringen van spanningskwaliteit, zoals super-harmonische verstoringen. Dit is een complex verschijnsel, waar nog geen richtlijnen voor zijn.

Vergroten van de duurzaamheid & circulariteit van elektriciteitsnetten

Gezamenlijk beheren de netbeheerders een gigantische hoeveelheid kabels en leidingen. Netbeheerders hebben de ambitie om uiterlijk 2030 geen *virgin* koper meer in te kopen voor onder meer installaties en kabels, om het delven van erts terug te dringen en de toepassing van gerecycled koper aan te jagen. Er is behoefte aan onderzoek, ontwikkeling van nieuwe infrastructuur (kabels en installaties) die 100% circulair zijn en niet milieubelastend, én tegelijkertijd is het nodig om te zoeken naar manieren om huidige afvalkabels circulair te ontmantelen. Daarvoor is het nodig om inzicht te krijgen in de effecten van gerecycled koper op de geleidbaarheid, de hoeveelheid koper in de assets (gebruikt/ongebruikt) en de hoeveelheid koper die jaarlijks wordt afgevoerd.

Verder is er meer inzicht nodig in circulaire prestaties. Op dit moment is er nog geen uniforme manier beschikbaar om circulariteit te meten. Dit zorgt voor een veelvoud aan tools, meet- en validatiemethodes en beoordelingsmethodieken die allemaal op hun eigen manier tot een inzicht leiden en gebaseerd zijn op verschillende inputdata.

Thema 5.2. Aanleg en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur

Verbetering aanleg en uitbreiding van infrastructuur

Er is behoefte aan de ontwikkeling, demonstratie en implementatie van nieuwe oplossingen om nieuwe infrastructuur aan te leggen en eenvoudig bestaande infrastructuur & installaties uit te breiden. Dat is nodig om de elektrificatie tegen lagere kosten en met minder arbeid te realiseren. Enerzijds kan gedacht worden aan slimmere en efficiëntere werkmethoden, zoals nieuwe graafmethoden, graafrobots en methoden om de ligging van kabels en leidingen digitaal te lokaliseren. Anderzijds kan gedacht worden aan het toepassen van vernieuwende componenten die met minder arbeidstijd geïnstalleerd kunnen worden, waaronder nieuwe verbindingstukken, lichtere en buigzamere materialen. Daarbij kan ook gedacht worden aan standaard aansluitmodules voor bijvoorbeeld laadpalen, lantaarnpalen en/of putkasten. Ook retrofit oplossingen passen hierbij.

Daarbij is er ook aandacht nodig voor het optimaliseren van de werkprocessen voor de aanleg en onderhoud van de elektrische infrastructuur. Te denken valt ook aan gestandaardiseerd ontwerp en bouw van onderstations, waardoor het voorbereidingsproces en de bouw sneller kan plaatsvinden. Daarbij is ook aandacht nodig voor de interactie met (de aanleg van) andere infrastructuren, zoals gas- en warmtenetten, het glasvezelnet, waterleidingen en het riool. Met behulp van methoden



om synergie te realiseren tussen de aanleg en het onderhoud van meerdere infrastructuren, kunnen overlast en hoge maatschappelijke worden beperkt.

Verder worden kansen gezien voor tijdelijke oplossingen die op korte termijn additionele capaciteit kunnen leveren, zoals de toepassing van mobiele transformatorstations. Voordelen van dergelijke mobiele oplossingen zijn het feit dat deze prefab door een fabrikant geleverd kunnen worden, sneller geplaatst kunnen worden en later op andere locaties toegepast kunnen worden.

Ruimtelijke inpassing en flexibilisering van infrastructuur

Een knelpunt in de uitbreiding van de infrastructuur, vormt de ruimtelijke inpassing van deze infrastructuur & installaties in de gebouwde omgeving. De verwachting is bijvoorbeeld dat er in steden zo'n twee tot drie keer zoveel transformatorhuisjes bij gaan komen, waarvoor nauwelijks ruimte beschikbaar is. Dit zal ten koste gaan van openbaar groen en parkeervoorzieningen. Daarmee zal de toename in elektrische infrastructuur een groot deel van ons straatbeeld gaan bepalen.

Er is behoefte aan onderzoek, ontwikkeling en demonstratie van verbeterde mogelijkheden om de infrastructuur in te passen in de gebouwde omgeving. Te denken valt aan ondergrondse stations, geïntegreerde systemen etc. Bij het ontwerp van deze oplossingen is het van belang om oog te hebben voor publieke waarden en rekening te houden met de wensen uit de maatschappij. Belangrijke aspecten zijn de welstand en esthetiek in de wijk, ruimtelijke ordening en stedelijke planning, omgevingsveiligheid, maar ook inpassing van klimaatadaptatie en milieugerelateerde effecten, zoals biodiversiteit.

Ook flexibilisering van de infrastructuur behoort tot de mogelijkheden. Waar in het verleden netcapaciteit met een grote voorspelbaarheid voor de toekomst kon worden berekend is de belasting en de daarbij behorende netcapaciteit steeds onvoorspelbaarder geworden. Datacenters die net zo snel weer gaan als dat ze gekomen zijn vragen vaak voor onbekende tijd een flinke aanpassing van de netcapaciteit. Flexibele oplossingen zijn nodig waardoor investeringen in netcapaciteit beter aansluiten bij tijdelijke capaciteitsvraag.

Aandachtspunten bij de innovatieopgave

Belangrijke aandachtspunten bij het ontwikkelen van de innovaties van dit deelprogramma zijn: digitalisering en human capital (zie hoofdstuk 6). Dit deelprogramma werkt aan de volgende KPI's:



	Emissiereductie	Energetische Inpassing	Economische haalbaarheid	Maatschappelijke haalbaarheid	Schaalbaarheid
Ontwikkeldoel		<ul style="list-style-type: none"> • Belastinggraad elektriciteitssysteem 	<ul style="list-style-type: none"> • CAPEX, OPEX • TVT en TCO 	<ul style="list-style-type: none"> • Ruimtelijke inpasbaarheid van infrastructuur in fysieke leefomgeving • Aantrekkelijkheid elektrische infrastructuur (esthetiek, welstand) • Aandacht voor randvoorwaarden (cybersecurity, privacy etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Benodigde tijd voor installatie, aanleg & onderhoud
Effect		<ul style="list-style-type: none"> • Reductie verstoringen (Power Quality) 	<ul style="list-style-type: none"> • Reductie van kosten voor installatie, aanleg en onderhoud • Reductie % gevallen dat netverzwaring voorkomen kan worden 	<ul style="list-style-type: none"> • Verlaging overlast op omgeving 	



5 Nederlandse innovatieactiviteiten

Missiegedreven, meerjarige aanpak

Missiegedreven innovatiebeleid richt zich op het aanpakken van maatschappelijke uitdagingen en het benutten van de economische kansen die deze met zich meebrengen. De Meerjarige Missiegedreven Innovatieprogramma's (MMIP's) en daaruit voortvloeiende innovaties zijn een middel om de opgaven uit het Klimaat- en coalitieakkoord en de geformuleerde missies op termijn te realiseren. In dit programma worden kennis- en innovatievraagstukken benoemd, waarbij een onderscheid wordt gemaakt tussen ontwikkeling in vier verschillende fases, die corresponderen met verschillende *technology readiness levels* (TRL's):

- 1 Onderzoek (TRL 1-4)
- 2 Ontwikkeling (TRL 4-7)
- 3 Demonstratie (TRL 7-8)
- 4 Implementatie (TRL 9)

De verschillende kennis- en innovatievraagstukken zijn gekozen vanwege hun beoogde impact op het bereiken van de missie. Het programma laat daarbij ruimte voor disruptieve ontwikkelingen en onderzoek naar het potentiële effect van nieuwe ontwikkelingen waarvan de impact nog onbekend is. Daarnaast is er een aantal niet-technologische thema's waar ontwikkeling nodig is. Deze doorsnijdende thema's zijn niet te vatten in een TRL-fase.

Instrumenten en activiteiten

Het MMIP is geen subsidieregeling met een eigen budget. Verschillende regionale, landelijke en Europese (subsidie)regelingen leveren gezamenlijk een bijdrage aan het MMIP door innovaties in een deel van de innovatieketen een stapje verder te helpen. Daarnaast zijn andere instrumenten en activiteiten benodigd. Dit hoofdstuk biedt een beschrijving van benodigde instrumenten en activiteiten om de doelstellingen van MMIP 2, 3, 4 en 5 te bereiken (gebouwde omgeving en hernieuwbaar op land).

Subsidieregelingen

Een gebalanceerde inzet van financiële middelen is nodig over de gehele innovatieketen, van funderend en toegepast onderzoek tot pilots en demo's. De rijksoverheid stimuleert innovatie met een combinatie van generiek R&D beleid, aangevuld met meer specifiek Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid. De volgende instrumenten vallen onder de laatste categorie en zijn met name gericht op het bereiken van de missie:

- 1 Onderzoeken (TRL 1-4): Kennis- en Innovatieconvenant (KIC), Open competitie middelen NWO, PPS-fonds en de Nationale Wetenschapsagenda (NWA). Deze instrumenten richten zich met name op fundamenteel onderzoek en industrieel onderzoek.
- 2 Ontwikkelen (TRL 4-7): 'Vrije' middelen van TNO (SMO middelen), de MOOI-regeling, de Gebouwde Omgeving-subsidieregeling van de Topsector Energie, de Hernieuwbare Energieregeling (HER+) en het PPS-toeslag instrument. Deze



- instrumenten richten zich met name op industrieel onderzoek, experimentele ontwikkeling en het uitvoeren van pilots.
- 3 Demonstreren (TRL 7-8): Hernieuwbare Energietransitie (HER+), diverse categorieën van de Demonstratie Energie- en Klimaatinnovatie (DEI+). Deze instrumenten richten zich met name op experimentele ontwikkeling en het uitvoeren van pilots en demonstratieprojecten.
 - 4 Implementeren (TRL 9): Stimulering Duurzame Energieproductie en Klimaattransitie (SDE++), Investeringssubsidie duurzame energie en energiebesparing (ISDE), Milieu-investeringsaftrek (MIA) en de Willekeurige afschrijving milieu-investeringen (Vamil). Deze instrumenten richten zich op het stimuleren van marktrijpe (innovatieve) duurzame technologieën.

De instrumenten vallen onder auspiciën van verschillende organisaties (het ministerie van EZK, RVO, TKI Urban Energy, TNO en NWO). Sommige instrumenten richten zich op een breder domein dan alleen de gebouwde omgeving of zelfs de energiesector.

Het Nationaal Groeifonds biedt additionele middelen voor projecten die bijdragen aan duurzame economische groei voor de lange termijn, welke niet goed landen binnen het bestaande instrumentarium van de overheid. In 2022 is er ruim € 350 mln euro toegekend en gereserveerd voor consortia die (ten dele) gericht zijn op de verduurzaming van de gebouwde omgeving.

Dit aanbod van nationale regelingen wordt aangevuld door diverse lokale, regionale en Europese regelingen, zoals Horizon Europe, ERA-net, INTERREG en de MIT-regeling. Het organiserend vermogen van de Topsector Energie richt zich in toenemende mate ook op deze instrumenten.

Overige instrumenten en activiteiten

Naast de beschikbaarheid van financiële middelen en instrumenten is een breed scala nodig aan activiteiten en instrumenten. Om de missie van dit MMIP te realiseren, wordt onder meer ingezet op:

- a Kennisbundeling en -deling; door middel van o.a. (markt)studies, whitepapers, kennisdossiers en evenementen;
- b Deelnemen aan en initiëren van overlegstructuren op het vlak van normering, standaardisatie en afsprakenstelsels;
- c Signaleren en analyseren van belemmeringen en knelpunten qua wet- en regelgeving;
- d Versnellings- en opschalingsprogramma's; enerzijds gericht op het verbinden van ontwikkelde marktrijpe innovaties aan vragende partijen, anderzijds op het vergroten van het lerend vermogen van alle actoren via '*learning by doing*'.

Vanuit de Topsector Energie is daarnaast jaarlijks een 'eigen' onderzoeksbudget beschikbaar voor korte studies of onderzoeken die snel en gericht ondersteuning bieden aan de marktpartijen die actief zijn in het innovatie-ecosysteem.

Benodigde inzet van publieke middelen

Begin 2023 wordt de allocatie van publieke middelen aan de innovatieprogramma's vastgesteld voor het daaropvolgende jaar op basis van de ambities die in het Klimaatakkoord en de daarvan afgeleide IKIA zijn geformuleerd. De allocatie wordt



vastgelegd in het Kennis- en Innovatie Convenant (KIC). De middelen worden ingezet voor onderzoek, innovatieontwikkeling en pilots en demonstraties. Het is de bedoeling dat de innovatieagenda's van NWO en TNO waar mogelijk op elkaar worden afgestemd ten behoeve van impactverhoging.

Vooruitlopend op het vastleggen van het KIC, wordt een evaluatie uitgevoerd van verschillende innovatieregelingen en -instrumenten. Als aandachtspunten bij deze evaluatie worden een aantal algemene en thematische aandachtspunten meegegeven.

Algemene aandachtspunten bij het inrichten van innovatie-instrumentarium zijn:

- Er dient rekening gehouden te worden met de toegenomen investeringsbereidheid van marktpartijen. We zien ook weer in 2022 dat de beschikbare budgetten van verschillende subsidieregelingen zijn overvraagd. Zo is in de MOOI-regeling in 2022 voor 67 miljoen aan projecten voor de gebouwde omgeving ingediend. Met een budget van 39,4 miljoen euro betekent dit dat 60% van de projecten kan worden toegekend. Voor de PPS-toeslageregeling had er 115% extra subsidie (3,5 mln euro) besteed kunnen worden aan projecten met een positieve beoordeling. **Dit gegeven pleit in de volle breedte voor een verhoging van beschikbare subsidiemiddelen, omdat de markt jaar op jaar laat zien dat het bereid is om private middelen te investeren in innovatie.**
- Doordat de MOOI-regeling eens per twee jaar wordt opengesteld, **fluctueren de beschikbare subsidiebudgetten per jaar**. In 2021 was het beschikbare budget significant lager dan 2022. Ook in 2023 zal het budget weer lager zijn. Dit zet een rem op de innovatoren die nu hun product of dienst verder willen ontwikkelen.
- De ervaring leert dat de MOOI-regeling, die gericht is op grotere innovatieprojecten, de sector uitdaagt om de lat hoog te leggen. Dit heeft geleid tot meer innovatieprojecten die technische, economische, sociaal-organisatorische en juridisch-institutionele aspecten op integrale wijze aanpakken. Het Groeifonds is hierin een overtreffende trap en streeft naar nog grotere voorstellen. Tegelijkertijd zien we dat het indienen van een kansrijk MOOI-voorstel een uitdaging is, wat met name **voor het MKB een barrière vormt voor deelname**.
- Het uitblijven van de TSE GO regeling heeft voor meerdere lacunes gezorgd in het innovatiesubsidie landschap. **Het herintroduceren van de TSE GO is daarom wenselijk**.
- Met het bevriezen van de TSE-regeling is het voor (mkb-)bedrijven moeilijker geworden om voor kleinere, meer gerichte, innovatieprojecten subsidie te krijgen. Om in aanmerking te komen voor de MOOI-regeling moeten deze innovaties onderdeel zijn van een groter geheel (waarbij ook de slaagkans kleiner wordt wanneer deze projecten op een kerstboom gaan lijken). De PPS-regeling is door haar opzet primair gericht op kennisinstellingen, innovaties waar geen kennisinstelling bij nodig zijn, kunnen hierdoor geen subsidie krijgen. In 2020 vulde de 'TSE Gebouwde Omgeving' subsidieregeling, een regeling bedoeld voor kleinere innovatieprojecten, dit gat op.
- **Het valt te overwegen om een aantal specifieke subsidiecalls uit te zetten op specifieke innovatiethema's**. Daarmee kan gericht een versnelling worden



aangebracht op die thema's waarop ontwikkeling achterblijft en waarop een versnelling wenselijk is. De TSE Gebouwde Omgeving zou ook op deze wijze ingericht kunnen worden, om juist die lacunes op te pakken die binnen de MOOI-regeling onvoldoende invulling krijgen.

- Om de (tussen)doelen uit het Coalitieakkoord voor 2030 te realiseren, moeten de innovaties vooral voortborduren op oplossingen die al voorbij de laagste TRL's zijn. Tegelijkertijd is het belangrijk om een noodzakelijke basis te leggen voor de missie voor 2050 (een CO₂-vrije gebouwde omgeving) door te werken aan kennis en innovaties op lagere TRL-niveaus. We constateren dat de MOOI-regeling, met de focus op schaalbare innovaties, leidt tot meer projecten op de hogere TRL's. Dit veroorzaakt in de praktijk een gat tussen beschikbare budgetten tussen innovatieprojecten in de lagere TRL's en innovatieprojecten in de hogere TRL's. Dat werkt remmend voor de doorontwikkeling van innovaties die vanuit de meer fundamentele onderzoeksprojecten gestart zijn. Ook dit pleit ervoor om de TSE Gebouwde Omgeving weer open te stellen. Dit blijkt ook uit analyse van RVO over het functioneren van de DEI+ regeling.
- Voor een succesvolle energietransitie is bovendien veel kennisopbouw nodig. Bijvoorbeeld omtrent de milieueffecten van verschillende type opstellingen van zonneparken of van renovatieconcepten. Onderzoeksorganisaties kijken voor de financiering van dit onderzoek vaak naar innovatiesubsidies, maar de huidige opzet van innovatie-subsidieregelingen leent zich niet voor het financieren van dit type onderzoek. Een verbijzondering van de problematiek rondom 'onderzoek' betreft MVI. Veel MVI projecten betreft onderzoek naar drijfveren, klantreizen, gedrag, voorkeuren en is niet noodzakelijkerwijs gekoppeld aan concrete product- en dienstontwikkeling. **Randvoorwaardelijk onderzoek zou meer ondersteund moeten worden.**
- De resterende periode om de tussendoelen van 2030 te behalen wordt steeds korter. Daardoor komt er (noodzakelijkerwijs) meer aandacht te liggen op de opschaling en versnelling van innovaties. Er is behoefte aan publieke inzet (van middelen) voor sectorondersteunende activiteiten om deze versnelling en opschaling te realiseren. Denk aan middelen die gericht worden ingezet op normalisatie, de ontwikkeling van digitale platforms, living labs en kennisdisseminatie.
- TNO en de Grote Technologische Instituten (GTI's) werden in het verleden door de overheid ingezet voor toegepast wetenschappelijk onderzoek. Om dit onderzoek beter aan te laten sluiten bij de markt is ervoor gekozen om met Vraaggestuurde Programma's (VP's) te werken. Dit leidt tot een betere aansluiting van onderzoek bij wensen uit het bedrijfsleven, maar er mist een instrument om randvoorwaardelijk onderzoek te doen voor de energietransitie. De beschikbare data over de gebouwde omgeving is vaak beperkt. Dergelijke uitdagingen passen niet binnen innovatieregelingen, maar er zijn ook geen andere instrumenten waarop TNO en de GTI's een beroep kunnen doen. Er zou weer een instrument moeten komen om aanbodgedreven onderzoek te doen binnen de Missies.








Thematische aandachtspunten bij het inrichten van het innovatie-instrumentarium zijn:

- De HER+ vervult een belangrijke rol voor het aanjagen van innovatie omtrent hernieuwbare energie. De afgelopen jaren kwam een groot deel van het innovatiebudget voor MMIP1 en 2 uit deze regeling. Tegelijkertijd zien we dat partijen meer moeite krijgen met het indienen van succesvolle projecten op deze regeling. Dat hangt samen met de eis binnen de regeling om uiterlijk in 2030 aan CO2-reductie bij te dragen. Ieder jaar wordt het moeilijker om dit aannemelijk te maken. Daarnaast is de voorzetting van de HER+ na 2023 niet voorzien. Er is behoefte aan een opvolgende regeling om de pijplijn van innovaties ook richting 2050 gevuld te houden.
- Het organiseren van cross-sectorale innovatie komt lastig van de grond, omdat het veel tijd en maatwerk vraagt om middelen beschikbaar te krijgen. Het risico bestaat dat kansrijke sector-overschrijdende innovaties niet van de grond komen, waardoor de energietransitie te verkokerd en daardoor minder efficiënt georganiseerd zal worden. TKI Urban Energy pleit voor het beschikbaar stellen van aparte budgetten voor dergelijke cross-overs, die via bestaande regelingen uitgezet kunnen worden. De MOOI-SIGOHE regeling uit 2021 is een goed voorbeeld dat laat zien hoe een regeling tussen verschillende missies tot stand kan komen. Een belangrijke cross-over voor missie B met missie D+ is de elektrificatie van mobiliteit, welke nu vaak tussen wal en schip valt binnen bestaande subsidieregelingen. Missie B en D+ pleiten gezamenlijk voor een aparte MOOI-call voor deze cross-over.
- Sinds 2019 zijn verschillende versnellings- en opschalingsprogramma's opgestart die gericht zijn op een aantal specifieke doelgroepen. Sinds 2019 loopt het door TKI Urban Energy en CLICKNL geïnitieerde programma Uptempo!, waarin op gestructureerde wijze aanbiedende en vragende partijen met elkaar worden verbonden voor de verduurzaming van woningen en ander vastgoed. Sinds 2022 is TKI Urban Energy de penvoerder van het programma Verbouwstromen, gericht waarin wordt samengewerkt met TKI Bouw & Techniek, Bouwcampus en Stroomversnelling. In 2022 zal bovendien het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen starten. Er worden kansen gezien voor aanvullende programma's op het vlak van maatschappelijk vastgoed, utiliteitsbouw en energiegemeenschappen.



Voortgang op de deelprogramma's

In 2022 is de volgende voortgang verschillende deelprogramma's gerapporteerd aan de Innovatie- en Monitoringsunit.

#	Deelprogramma	Doelbereik	Korte duiding
1	Elektrificatie op gebouwniveau		De uitrol van grote zonnedaken en laadinfrastructuur bij (kantoor-) gebouwen biedt een eerste stimulans om slimme energiediensten toe te passen. Desalniettemin bevindt de ontwikkeling hiervan zich nog in een vroeg ontwikkelstadium. Veel technische vraagstukken zijn dan wel opgelost, maar er zitten nog grote uitdaging in het creëren van interoperabiliteit en schaalbare oplossingen met een gezonde businesscase, die op eerlijke, inclusieve en democratische bestuurbare manier zijn georganiseerd.
2	Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)		Op het gebied van slim laden van elektrisch personenvervoer is Nederland één van de koplopers. De opkomst van elektrische logistiek (heavy duty) staat nog in de kinderschoenen. De ontwikkeling van mobiliteitshubs als energiehubs staat tevens nog in de kinderschoenen.
3	Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen		Door de toenemende congestieproblematiek stijgt de vraag naar slimme energiediensten. Hierdoor komt het thema 'energiehubs' in een stroomversnelling. Een onduidelijke visie op het toekomstig energiesysteem remt de uitrol van collectieve slimme energiediensten en lokale systeemintegratie.
4	Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving		De netbeheerders zetten grote stappen in het faciliteren van marktpartijen, denk aan de lancering van GOPACS het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen en de uitrol van het platform Equigy waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Nieuwe afsprakenstelsel (BAS-MFF) voor datadelen zijn gelanceerd en nieuwe wetgeving (Energiewet) en netcodes zijn aangekondigd. Kennis en inzichten uit innovatieprojecten bieden input aan dit proces.
5	Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving		De netbeheerders werken individueel en gezamenlijk met marktpartijen aan nieuwe oplossingen om aanleg, onderhoud en verzwaring van de infrastructuur zo efficiënt en effectief mogelijk te maken. Doordat het personeelstekort bij netbeheerders steeds nijpender wordt, groeit de behoefte aan oplossingen die de bestaande en toekomstige capaciteit van het net en de betrouwbaarheid van de elektriciteit bewaken.

Legenda: Verwachten we de kennis- en innovatieopgaven op tijd te verwezenlijken?



Nee



Intensivering is nodig



Niet te beoordelen



Ja, wanneer we de huidige inzet continueren



Ja, wanneer we de huidige projecten afronden

MMIP-specifieke acties voor 2023

TKI Urban Energy jaagt in de breedte innovatie aan door kennis, netwerk en middelen samen te brengen. Daarbij wordt ervoor gekozen specifieke innovatie-activiteiten te ontplooiën om op bepaalde thema's meer focus en versnelling aan te brengen. Vanuit MMIP-5 wordt in 2023 (en deels 2024) ingezet op de volgende activiteiten.

<p>Deelprogramma 1 Elektrificatie op gebouwniveau</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondersteuningstraject voor het opstellen van open standaarden en protocollen op het gebied van huishoudelijke apparaten (warmtepompen) door middel van onderzoeken en opdrachten. • Organiseren rondetafel om 'no-regret' maatregelen te bepalen die genomen kunnen worden bij het renoveren van gebouwen om toekomstige elektrificatie te faciliteren. In samenwerking met MMIP-3. • Verdiepende studie naar gebruikerswensen bij niet-gegarandeerde transportaansluitingen (non-firm ATO's), met specifieke aandacht voor financierbaarheid van projecten als input voor codebesluit. • Voortzetten Smart Energy Community voor Woningen & Bedrijfsgebouwen voor kennisdeling en netwerkvorming.
<p>Deelprogramma 2 Elektrificatie van mobiliteit (cross-over)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiseren zes living labs en overkoepelend kennisprogramma op het vlak van <i>Heavy Duty</i> elektrisch vervoer. Samenwerking met Missie D+. • Bundelen van laatste kennis en inzichten (uit innovatieprojecten) omtrent parallelle benutting van de infrastructuur van openbaar vervoer en openbare verlichting. Dit vertalen naar een kennisdossier met handvatten voor regionale/lokale overheden die dit in de praktijk willen brengen.
<p>Deelprogramma 3 Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ondersteuningstraject voor energiegemeenschappen, door het bevorderen van kennisdeling en toegang tot financiële middelen te vergroten. • Versnellen en opschalen van energy hubs door aansluiting te zoeken bij programma verduurzaming bedrijventerreinen en een verdiepende studie naar organisatorische aspecten op te pakken. • Sectorkoppeling elektriciteitssysteem en spoorinfrastructuur, door kennisdeling en evenementen
<p>Deelprogramma 4 Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving</p> <ul style="list-style-type: none"> • Betrokkenheid bij MFF-BAS (afsprakenstelsel voor datadeling) om de bottlenecks in te brengen die innovatoren ervaren in de toegang tot en beschikbaarheid van data die kan dienen als basis voor slimme energiediensten. • Verzamelen knelpunten wet- en regelgeving vanuit lopende consortia MOOI (SIGOHE) regeling.
<p>Deelprogramma 5 Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving</p> <p>-</p>
<p>Algemeen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organiseren van kenniswerksessies om de samenwerking tussen lopende MOOI (SIGOHE) consortia op het gebied van MMIP-5 te versterken. Samen met RVO en Netbeheer Nederland. • Kennissessies en workshops voor ontwikkelaars Energie-Management-Systemen om daarmee aandacht te vragen voor cyber security, databescherming, interoperabiliteit en publieke waarden. In samenwerking met TSE-digitalisering. • Studie naar de rol van normalisatie als versneller van Smart Energy, om inzicht te krijgen in lacunes in normen. In samenwerking met TSE-digitalisering.



6 Samenhang op hoofdlijnen

Samenhang met innovatieprogramma's gebouwde omgeving

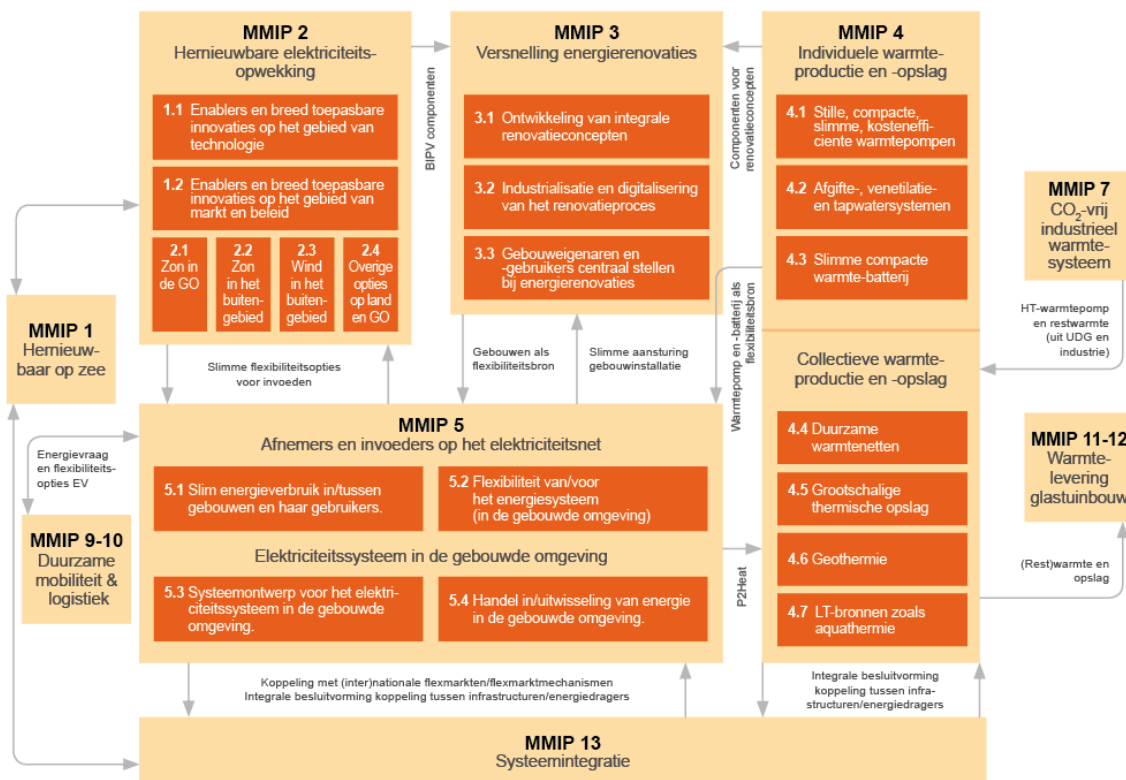
Deze volgende tekst en onderstaande figuur biedt een toelichting op de samenhang tussen MMIP 2 t/m 5, de vier MMIP's die zich richten op de energietransitie in de Gebouwde Omgeving.

- In MMIP 2 (Hernieuwbare elektriciteitsopwekking op land en in de gebouwde omgeving) worden innovaties ontwikkeld voor het op land en in de gebouwde omgeving opwekken van elektriciteit uit hernieuwbare bronnen. Eén van de oplossingen om dit te doen is d.m.v. zonnestroomsystemen geïntegreerd in het dak of gevel van een gebouw (BIPV). Deze oplossing wordt in MMIP 2 ontwikkeld en vervolgens in MMIP 3 toegepast in een integraal energie(renovatie)concept. Een andere focus in MMIP 2 is de ontwikkeling van wind- en zonnestroomsystemen in het buitengebied. Een groot gedeelte van de elektriciteit die in het buitengebied en in de gebouwde omgeving wordt opgewekt zal worden ingevoerd in het elektriciteitssysteem. Daarbij gebruikt MMIP 2 oplossingen vanuit MMIP 5 – zoals opslag, conversie en *demand-side management* – die de waarde van de opgewekte elektriciteit vergroten en zorgen voor een goede inpassing in het lokale energiesysteem.
- In MMIP 3 (Versnelling energierenovaties in de gebouwde omgeving) wordt 'het duurzaam renovatiepakket', een combinatie van verbeterde schilisolatie en verduurzaamde installatie, ontwikkeld, opgeschaald en ingepast. Dit brengt een aantal componenten uit andere MMIP's samen. Een deel van deze concepten wordt in andere MMIP's ontwikkeld zoals warmtepompen (MMIP 4), warmteopslagsystemen (MMIP 4), warmte-afgiftesystemen voor warmtenetten (MMIP 4), zonnestroomsystemen (MMIP 2) en batterijsystemen (MMIP 5). Energie-management-systemen voor het slim aansturen van deze componenten worden binnen MMIP 5 ontwikkeld en helpen om flexibiliteit te ontsluiten en tot waarde te maken.
- In MMIP 4 (Duurzame warmte en koude in de gebouwde omgeving (inclusief glastuinbouw)) worden innovatieve componenten, collectieve systemen en socio-economische innovaties ontwikkeld voor duurzame warmte en koude. Ook warmteopslag (kleinschalig en grootschalig) is onderdeel van MMIP 4. Verschillende systemen voor warmte-opwek en -opslag kunnen slim ingericht en aangestuurd worden met oog op het lokale energiesysteem: MMIP 5 ontwikkelt conversiemogelijkheden om elektriciteits(overschotten) te gebruiken voor grootschalige warmteopwekking (power-to-heat, P2H). Deze concepten worden in MMIP 4 toegepast.
- MMIP 5 (Elektrificatie van het energiesysteem in de gebouwde omgeving) richt zich op het ontwikkelen van oplossingen voor en het faciliteren van een betrouwbaar, efficiënt, betaalbaar, slim, integraal en maatschappelijk gedragen systeem van opwek, opslag, conversie, transport en gebruik van elektriciteit in de gebouwde omgeving. MMIP 2, 3 en 4 ontwikkelen oplossingen die zorgen voor



een elektrificatie van het lokale energiesysteem. MMIP 5 komt met slimme oplossingen om deze transitie te faciliteren en komt met oplossingen om de potentieel beschikbare flexibiliteit vanuit deze ontwikkelingen te ontsluiten en tot waarde te maken.

Deze samenhang is visueel weergegeven in de onderstaande figuur.



Specifiek op de volgende onderwerpen is er interactie tussen de verschillende MMIP's die zich richten op de gebouwde omgeving:

Element	Aanleverende MMIP	Ontvangende MMIP
BIPV en PVT	MMIP 2 ontwikkelt zonnestroomsysteemcomponenten die geïntegreerd kunnen worden in bouwdelen.	MMIP 3 integreert de componenten in bouwdelen met zonnestroomfunctie, waardoor ze als integraal worden toegepast als onderdeel van een energierenovatie-concept/woonpakket.
Individuele warmteproductie en -opslagsystemen	MMIP 4 ontwikkelt warmtepompen en-opslagsystemen.	MMIP 3 integreert deze systemen als module van renovatieconcepten/-pakketten en/of als onderdeel van een geïntegreerde installatie van geveldelen (second skin).



Collectief slim warmte- en koudenet met opwekking en opslag	MMIP 4 ontwikkelt de systemen tot commerciële oplossingen.	MMIP 3 integreert de systemen in de renovatieconcepten. Zorgt dat integratiepartijen (fabrieken) systemen integreren in renovatieconcepten /pakketten. MMIP 5 integreert warmte-oplossingen in het energiesysteem
Gebouwbeheer-systemen	MMIP 5 ontwikkelt 'Building Energy Management Systems' (BEMS) gericht op een efficiënte integrale aansturing van apparaten binnen gebouwen. Het BEMS faciliteert ook het ontsluiten van flexibiliteit vanuit deze apparaten.	MMIP 3 werkt aan renovatieconcepten, rekening houdend met de connectiviteit van verschillende apparaten. In deze concepten maken gebruik van de BEMS die in MMIP 5 zijn ontwikkeld.
Batterij	MMIP 5 ontwikkelt opslagsystemen die o.a. geschikt zijn voor woningen en utiliteitsbouw.	MMIP 3 integreert de batterijen als mogelijke module van renovatieconcepten/-pakketten.
Gebouwen als flexibiliteitsbron	MMIP 3 ontwikkelt renovatieconcepten met apparaten waar potentieel flexibiliteit uit ontsloten kan worden; het gebouw kan hierbij een vorm van elektrische of thermische opslag bieden.	MMIP 5 incorporeert de flexibiliteit die door (gerenoveerde) gebouwen wordt geleverd en komt met slimme, en voor de gebruiker acceptabele, producten en diensten om deze flexibiliteit tot waarde te maken.
Slimme flexibiliteits-oplossingen voor invoeden energie	MMIP 5 ontwikkelt flexibiliteits-oplossingen die bijdragen aan de stabiliteit van het elektriciteitsnet, gebruikmakend van demand-response, opslag en conversie. Tevens wordt gewerkt aan energiehandelsplatformen met lokale systeemoverwegingen.	MMIP 2 werkt aan opwekoplossingen met zo'n hoog mogelijke waarde en houdt daarbij het (lokale) energiesysteem in ogenschouw. Er wordt voortgebouwd op de technische routes die MMIP 5 biedt en de bijbehorende verdienmodellen waarop ingespeeld kan worden.
Power-to-Heat	MMIP 5 werkt aan oplossingen voor opslag en conversie van elektrische energie. Eén route is het omzetten van elektrische overschotten in warmte (P2Heat).	MMIP 4 incorporeert P2Heat-oplossingen als warmtebron en buffer die toegepast kan worden in slimme warmtenetten.



Samenhang met doorsnijdende thema's

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van maatschappelijke thema's en daarmee samenhangende aandachtspunten die relevant zijn voor het behalen van de doelen van MMIP 5. Het betreft: Digitalisering, Maatschappelijk Verantwoord Innoveren (MVI) en Circulariteit.

Maatschappelijk Verantwoord Innoveren

Interdisciplinaire samenwerking

De ontwikkeling van slimme energiediensten vraagt om interdisciplinaire samenwerking. Samenwerking met de creatieve sector en sociale wetenschappers biedt een schakel tussen *technology push* en *market pull*. Het is belangrijk om sociaal-maatschappelijke aspecten vroeg mee te nemen vanaf het begin van het ontwerpen van technologie, en niet alleen pas als er weestand opstaat. Kennis van relevante psychologische en gedragsfactoren is daarbij noodzakelijk. Dit kan cruciale inzichten bieden in hoe consumenten en bedrijven in staat kunnen worden gesteld om consequent duurzaam energiegedrag te vertonen en om beleid, technologieën en veranderingen in energiesystemen te ondersteunen. Ook levert dit begrip welke interventies effectief kunnen zijn in het stimuleren van duurzaam energiegedrag van verschillende actoren, en welke factoren hun effecten versterken.

De impact van bestaande samenwerkingen zou kunnen worden vergroot door nadrukkelijker technische, socio-psychologische, socio-economische, juridische, politiek-bestuurlijke, ethische, ruimtelijke en ecologische expertises te integreren, en deze alfa, bèta en gamma-expertises in te brengen in de projecten en consortia waar onderdelen ontbreken. Interdisciplinaire projecten hebben meer kans van slagen wanneer interdisciplinaire samenwerkingen al beginnen in de probleemformulering en planningsfase van een project, zodat de medewerkers het in een vroeg stadium eens zijn over basisbenaderingen, taken en programmacoördinatie.

Dit MMIP zoekt aansluiting bij de 'sleutelmethodeën', onderzoek naar strategieën, methoden en modellen die structuur geven aan de ontwikkeling van technologische innovaties in gewenste en breed gedragen oplossingen die aansluiten op waarden en belangen van de maatschappij (burgers en bedrijven). Dit is vooral belangrijk bij het ontwerpen en implementeren van complexe systemen in een multi-stakeholder omgeving, omdat daar voor het welslagen een actieve betrokkenheid van eindgebruikers vereist is. Voor de invulling hiervan wordt nadrukkelijk samenwerking gezocht met gedragswetenschappers (experts op gebied van sociale en psychologisch-sociale aspecten), ontwerpers, marketeers en de creatieve industrie.

Learning communities

Een *learning community*-aanpak biedt mogelijkheid tot verdieping en verbreding. Stadslabs, *fieldlabs*, *hotspots* en dergelijke, waarin verschillende aspecten van de energietransitie concreet en integraal aan bod komen, kunnen helpen om het grote abstracte probleem van een snelle nationale of zelfs mondiale transitie hanteerbaar en inzichtelijk te maken, en om oplossingen te genereren die effectief en acceptabel zijn. In zo'n omgeving worden bewoners en eigenaren, als belangrijke succesfactor van de energietransitie, beter betrokken. Het inrichten van een experimentele, lerende omgeving met aandacht voor het proces is van groot belang; het moet meer zijn dan



een eenvoudige 'pilotlocatie'. Voor het effectief functioneren van deze labs is het nodig dat zij toegang hebben tot de relevante expertise om de effectiviteit en aanvaardbaarheid ook echt te kunnen toetsen. Kennisinstellingen spelen een belangrijke rol om een dergelijke lerende omgeving te creëren. In een lerende aanpak en met een hechte samenwerking van bedrijven, werkenden, overheid en de brede onderwijskolom, wordt de ontwikkeling van vaardigheden, technologieën en werkprocessen verbonden.

Digitalisering

Referentiearchitectuur

Smart Energy oplossingen vereisen een nauwe samenwerking tussen verschillende partijen in de keten, zoals, netbeheerders, energiebedrijven en assetbeheerders. Door heldere interfaces in de vorm van standaarden te definiëren tussen actoren, apparaten en (software)programma's, wordt interoperabiliteit geborgd. Standaarden zijn tevens van belang om te komen tot heldere afspraken en contractvormen, waarbij geen sprake is van gedwongen koppelverkoop (*lock-in*), verborgen kosten of privacyrisico's. Daarnaast is maatschappelijk draagvlak nodig voor de nieuwe spelregels die het toekomstig energiesysteem vormgeven.

Gebruik van open standaarden draagt bij aan de opschaling en herbruikbaarheid van resultaten. Het ligt voor de hand om ook voor nieuwe cofinanciering als voorwaarde te stellen dat er zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van open standaarden. In de afgelopen jaren zijn enkele (de facto) standaarden ontwikkeld, zoals het framework USEF voor de markt voor flexibiliteit (USEF Foundation), het protocol OCPP voor het ontsluiten van flexibiliteit uit EV's, en het protocol om flexibele apparaten virtueel te koppelen met een marktplaats naar keuze (Stichting Flexiblepower Alliance Network, FAN).⁶ Ontologieën zoals SAREF en ESDL bieden handvatten voor technisch interoperabele en gestandaardiseerde uitwisseling van data tussen zowel apparatuur als modellen. Daarnaast wordt er in de bouwsector aan het Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving (DSGO) gewerkt. Omdat hierin ook de gebruiksfase meegenomen wordt, waar Smart Energy-oplossingen in beeld komen, is het belangrijk hier aansluiting bij te zoeken.

Cybersecurity

Alles wat we digitaliseren maken we daarmee ook kwetsbaar. Het groeiend aantal met internet verbonden energie-assets zoals omvormers van zonnepanelen, warmtepompen en elektrische auto's, vraagt om extra aandacht voor cybersecurity. *Cybersecurity by design* zou de standaard moeten zijn in nieuwe technologische ontwikkelingen. Met zo'n aanpak worden mogelijke kwetsbaarheden vroegtijdig geanalyseerd en beoordeeld. Ook is er aandacht nodig voor de ontwikkeling van slimme energiediensten die niet afhankelijk zijn externe aansturing en *stand alone* kunnen opereren.

Daarnaast is continue aandacht nodig voor nieuwe initiatieven die de weerbaarheid van de energiesector vergroten om storingen te voorkomen en effectief weer op te

⁶ De studie 'in-home energy-flexibility' door ElaadNL in opdracht van RVO en TKI Urban Energy geeft een goed overzicht over de huidige kennis, inzicht en stand van zaken op het vlak van protocollen voor energieflexibiliteit.



lossen. Daartoe moet de bedrijfsvoering van netbeheerders en partijen op de energiemarkt beschermd worden tegen cyberaanvallen, zodat de energie-infrastructuur en de energielevering goed blijft functioneren.

Data

Toegang tot energiedata is belangrijk om slimme energiediensten te ontwikkelen en aan te bieden. Het daarom belangrijk dat deze datasystemen toegespitst zijn op doel en gebruiker. Voor interoperabiliteit is het belangrijk helder te hebben hoe de data vergaard wordt en waar mogelijk dit gelijk te trekken of functies te combineren.

De Algemene Verordening Gegevensbescherming (AVG) geeft kaders mee in welke mate data gedeeld kan en mag worden. De huidige dataverzameloede van partijen kan leiden tot excessen zoals oneigenlijk commercieel gebruik en het lekken van gevoelige gegevens. Om energiedata beschikbaar te maken, is een stelsel nodig waarin data vrij kunnen worden gedeeld, de data op een verantwoorde manier wordt gebruikt en waar de eigenaar de data in eigen beheer houdt. Nieuwe data-infrastructuren spelen daarbij een rol. Het gaat daarbij niet alleen om 'publieke' data vanuit slimme meters, maar ook data vanuit andere 'private' apparaten.

De waarde van data neemt snel toe wanneer een bedrijf meer data verzamelt en daar nuttige verbanden tussen legt. Met name IT-bedrijven kunnen uitgroeien tot (te) machtige spelers, omdat ze niet in fysieke apparaten hoeven te investeren, maar bijvoorbeeld wel een rol spelen in de besturing van andermans batterijen, verwarmingsinstallaties en het (ont-)laden van elektrische auto's. Het risico bestaat dat dergelijke spelers de macht hebben om de spelregels van het nieuwe systeem te bepalen zonder dat overheden of eindgebruikers daar iets aan kunnen doen. Het ontstaan van een eerlijke en open markt wordt echter gezien als de beste manier om participatie van gebruikers op de langere termijn te borgen. Door ontwikkelde systemen toegankelijk te maken voor andere partijen, bijvoorbeeld door het ontsluiten van data via een API of het beschikbaar stellen van algoritmes voor gebruik en doorontwikkeling, wordt voortgebouwd op eerdere investeringen. Het ligt voor de hand om ook voor nieuwe cofinanciering als voorwaarde te stellen dat de te ontwikkelen technologie zo veel mogelijk vrij beschikbaar komt voor partijen om op voort te bouwen.

Human Capital

Tekort aan vakmensen met de juiste vaardigheden

De beschikbaarheid van goed opgeleide vakmensen wordt een knelpunt. Netbeheerders kunnen bijvoorbeeld de gevraagde netverzwaringen nu al moeilijk op tijd realiseren. Derhalve is behoefte aan innovatieve oplossingen die geen excessief hoge inzet vraagt van vakmensen, of die juist de inzet van vakmensen kan voorkomen of verminderen.

Nieuwe oplossingen vereisen nieuwe competenties

Kennis van verschillende disciplines bij deze vakmensen wordt steeds belangrijker. De branchevereniging Techniek Nederland ziet grote uitdagingen voor expertises in digitalisering en elektrotechniek. Integrale oplossingen vereisen een combinatie van fysieke apparaten en virtuele verbindingen. Daardoor ontstaat bijvoorbeeld behoefte



aan installateurs die ook iets snappen van ICT. Energietransitie is niet alleen een technische maar ook een maatschappelijke uitdaging. Er zijn tevens professionals nodig die maatschappelijke aspecten (gedrag, motivatie, juridische aspecten, etc.) kennen en kunnen integreren in de ontwikkeling van energietransitie. Brede opleidingen, waarbij wordt samengewerkt tussen verschillende studies en kennisdomeinen, zijn belangrijk.

De blijvende aansluiting met de Centres of Expertise (CoE) en Centra voor Innovatief Vakmanschap (CIV), zijn nodig om ervoor te zorgen dat er voldoende gekwalificeerde vakmensen zijn in de toekomst. Relevante Centres of Expertise zijn onder andere het CoE Smart Sustainable Cities, SEECE, RDM CoE, Terra Technica en het Cleantech Center. Enkele CIV's en RIF's voor de gebouwde omgeving zijn de CIV Eemsdelta, CIV EMT Oost, CIV Energie en Opleidingscampus Technische Installaties Amsterdam.

Het hbo gaat, via het lectorenplatform Urban Energy, opleidingen meer verbinden met energie-innovaties en studenten trainen om vanuit hun technische expertise naar de bredere context te kijken. Zo spelen de hogescholen een belangrijke en actieve rol bij het overdragen van kennis aan het bedrijfsleven. Zie ook de 'Oriënterende verkenning Human Capital Urban Energy' (Qeam, 2017).

Onderwijs dat bijdraagt aan kennis- en innovatiespreiding

Het onderwijs kan ook zorgen voor innovatiespreiding, bijvoorbeeld doordat meer mensen in aanraking komen met nieuwe technieken. Het is afgelopen jaren gelukt om naast universiteiten het hbo bij projecten te betrekken. De huidige regionale kennisinfrastructuur van de hogescholen speelt al een rol in het verspreiden van kennis en in het brengen van nieuwe inzichten en gekwalificeerd personeel bij het mkb en grootbedrijf. Deze regionale structuren moeten deze rol op het gebied van valorisatie en disseminatie blijven vervullen.

Circulariteit

Naast de doelstellingen voor een CO₂-vrije gebouwde omgeving staat Nederland ook voor de opgave om een circulaire economie te verwezenlijken. Flexibele oplossingen kunnen bijdragen aan halen van die doelstelling, wanneer deze oplossingen gefocust zijn op het ontlasten van het energiesysteem. Door energie te gebruiken wanneer en op de plek waar het opgewekt wordt, hoeft er minder energie over het elektriciteitsnet worden getransporteerd. Dit kan resulteren in minder verzwaring van het elektriciteitsnet en dus een vermindering van materialen die nodig zijn. Voorwaarde hiervoor is dat de oplossing die gekozen wordt zelf ook weinig of slechts circulaire materialen gebruikt.

Echter bestaat een groot deel van de innovaties in dit programma uit niet-fysieke componenten zoals software, platforms en integratieconcepten. Dit komt doordat dit MMIP zich grotendeels focust op het ontwikkelen van de toepassingen van flexibele assets en niet op de ontwikkelen van de assets zelf (zoals batterijen, zonnepanelen, warmtepompen en elektrische infrastructuur). Deze innovatieopgave wordt daarom grotendeels belegd in andere innovatieagenda's (MMIP 2, MMIP 3 & MMIP 4).



Samenhang met andere kennisagenda's

De gezamenlijke netbeheerders hebben hun belangrijkste onderzoeksvragen geformuleerd in de onderzoeksroadmap 'flex & opslag'. Deze dient als input voor actieve samenwerking tussen netbeheerders met ontwikkelaars, aanbieders en gebruikers van flexibiliteit, met onderzoeksinstituten, met rijksdiensten voor onderzoek en innovatie zoals RVO, Topsector Energie en NWO. De onderzoeksroadmap is afgestemd op MMIP-5, met als doel om een gezamenlijke innovatie-inspanningen te realiseren.

Het Lectorenplatform Energievoorziening in Evenwicht (LEVE) heeft een eigen onderzoekagenda opgesteld ten behoeve van onderzoek naar systeemintegratie. Deze agenda is een praktische uitwerking van de innovatieagenda van de Topsector Energie, waardoor de onderzoekagenda expliciet voortbouwt op de ambities van de verschillende MMIP's. Met name programmalijn 2 van deze onderzoeksagenda sluit nauw aan op ambities van MMIP 5. Zo draagt LEVE bij aan het bereiken van de doelen van MMIP-5.

Er vindt structurele afstemming plaats tussen MMIP 5 en de Vraaggestuurde Programma's van TNO. De kennisagenda's worden in onderlinge samenhang ontwikkeld. Afstemming vindt plaats door deelname van TNO in de Programma Adviescollege's van TKI Urban Energy en kwartaaloverleg tussen beide organisaties.

Nederland is in de afgelopen jaren aangesloten op een aantal *tasks* van de International Energy Agency (IEA) op het gebied van smart energy systems en de rol van de gebruiker hierin:

- IEA ISGAN⁷ om internationale samenwerking te verkennen en dit te vertalen in nationaal beleid, regelgeving en of subsidieprogramma's;
- IEA DSM⁸;
- IEA 4E⁹ over elektrische apparatuur.

Dit MMIP vertoont verder raakvlakken met de *sleuteltechnologieën*, zoals deze zijn gedefinieerd binnen het Missiegedreven Topsectoren- en Innovatiebeleid. Er is met name raakvlak met 'sleuteltechnologie G: ICT' en 'Sleuteltechnologie J: Elektrochemische Conversie en Materialen'.

Samenhang andere lopende trajecten

Naast de Innovatieprogramma's lopen er bij TKI Urban Energy ook nog implementatieprogramma's:

- Het Programma Verduurzaming Bedrijventerreinen Nederland (PVBNL) focust zich op de versnelling van de verduurzaming van bedrijventerreinen. Het MMIP haakt hier vooral op aan met deelprogramma 1 en 3. Door de huidige congestieproblematiek kan duurzame opwek op bedrijventerreinen steeds minder vaak aangesloten worden. Door innovaties uit deelprogramma 1 en 2

⁷ Zie <http://www.iea-isgan.org/>

⁸ Zie <http://www.ieadsm.org/>

⁹ Zie <https://www.iea-4e.org/>



van MMIP te implementeren wordt er meer ruimte voor de elektrificatie van bedrijven en grootschalige opwek op bedrijventerreinen gecreëerd. Er zijn al verschillende bedrijventerreinen uit het programma die als demonstratielocatie fungeren voor innovaties uit MMIP 5.

- UpTempo! is een versnellingsprogramma dat zich voornamelijk focust op de verduurzaming van woningcorporaties. De verbinding met MMIP 5 ligt vooral op het gebied van energiemanagementsystemen voor woningen onder deelprogramma 1.
- Verbouwstromen is een versnellingsprogramma dat zich focust op de verduurzaming van particuliere woningen. De verbinding met MMIP 5 ligt vooral op het gebied van energiemanagementsystemen voor woningen onder deelprogramma 1.



7 Stakeholders/actoren

Op de thema's van MMIP 5 is een brede verscheidenheid aan stakeholders actief: lokale overheid, netbeheerders, warmtebedrijven, (lokale) energieleveranciers, programmaverantwoordelijke partijen, (MKB-)bedrijven voor diensten en technologie, de IT-sector en kennisinstellingen. In dit nieuwe energiesysteem spelen consumenten en andere belanghebbenden een steeds belangrijker rol (als *prosumer*). Daarom zijn ook woningbezitters, woningbouwcorporaties, gebouweigenaren en -beheerders betrokken. Er is nu een groot innovatie-ecosysteem (> 200 partijen) op het domein van MMIP 5. Grote bedrijven, mkb-bedrijven en kennisinstellingen zijn in aantal ongeveer gelijk verdeeld over projecten. En er zijn *communities* op deelonderwerpen zoals *Smart Energy voor Woningen & Bedrijfsgebouwen*, Gelijkspanning (DC) en elektrisch vervoer.

Dit programma kiest voor een indeling langs vijf deelprogramma's, waarmee wordt aangesloten op de wijze waarop het innovatie-ecosysteem is georganiseerd.

- Deelprogramma 1: Stakeholders zijn installateurs, aanbieders en ontwikkelaars van slimme energiediensten, gebouwbeheerssystemen, elektrische boilers, warmtepompen, inductiekooktoestellen en laadpalen. De gebouweigenaren, -bewoners en -gebruikers spelen in dit deelprogramma een belangrijke rol. Ook partijen die op de energiemarkten actief zijn, zijn betrokken bij dit thema. De diversiteit aan stakeholders vraagt om een brede interdisciplinaire aanpak.
- Deelprogramma 2: Stakeholders bevinden zich op het grensvlak van energie en mobiliteit. Het zijn exploitanten van laadpalen, fabrikanten van elektrische auto's en ontwikkelaars van slimme software. Ook de netbeheerders spelen een rol (onder andere via ElaadNL). De klanten kunnen zowel particulieren zijn, als gemeenten (voor publieke laadpleinen) of ondernemers met een grote voertuigenvloot zoals distributiecentra. Ook partijen die op de energiemarkten actief zijn, zijn betrokken bij dit thema.
- Deelprogramma 3: Stakeholders zijn zeer divers en begeven zich in verschillende marktsegmenten. Het betreft lokale afnemers en opwekkers van energie: gebruikers en bewoners van gebouwen, ontwikkelaars en exploitanten van warmte-infrastructuur en ontwikkelaars en exploitanten van stationaire batterijsystemen. Verder spelen dienstenleveranciers een rol, zoals aggregators en softwareontwikkelaars voor de inzet van flexibiliteit en netbeheerders voor de behoefte aan deze flexibiliteit. Een grote rol op dit thema is weggelegd voor collectieven dan wel van burgers en bewoners of ondernemers en bedrijven.
- Deelprogramma 4: Primaire stakeholders zijn de (regionale en nationale) netbeheerders, de wetgever en de brancheverenigingen, die behoefte hebben aan kennis & inzichten om de kaders van het toekomstige elektriciteitssysteem te kunnen bepalen. Zij zullen nauw moeten samenwerken met de stakeholders van deelprogramma 1 en 2, zoals gebruikers (consumenten, bedrijven, projectontwikkelaars), aggregators en energiebedrijven, opdat de ontwikkelde oplossingen ook daadwerkelijk toegepast en omarmd worden door de markt.
- Deelprogramma 5: Doelgroep van dit deelprogramma zijn in eerste instantie de netbeheerders en hun toeleveranciers. Daarbij wordt de interactie gezocht met beheerders van andere infrastructuren, zoals warmte, telecom, gas, water en riool. Ook kennisinstellingen zijn actief op dit thema.



8 Omgevingsanalyse en omgevingsfactoren op hoofdlijnen

De afgelopen jaren is de ontwikkeling van het innovatiesysteem van de energietransitie gebouwde omgeving niet systematisch gemonitord. Dit was voor het laatst het geval in de periode van 2011 tot 2015 toen er een jaarlijkse monitor werd uitgevoerd door TNO. Uit de laatste versie blijkt dat alle innovatiefuncties nog onvoldoende ingevuld waren¹⁰.

Sinds dien zijn de inspanningen op dit onderwerp echter versneld. Zo is er met de MMIP 3/4 regeling en de verschillende MOOI rondes substantieel meer innovatiesubsidie beschikbaar gekomen en zijn bijvoorbeeld de inspanningen van de TKI Urban Energy sinds 2017 gericht op de missie. Daarnaast zijn het afgelopen jaar gebouwde omgevingen veel actiever bezig gegaan met het verduurzamen van hun pand, vanwege de hoge energieprijzen. Ook is het duidelijk dat het aanbieden van verduurzamingsconcepten gemeengoed is geworden. Waar vroeger alleen een beperkt aantal koploper bedrijven zich op deze markt begaven zijn nu de meeste installateurs, aannemers en onderhoudspartijen op deze markt actief. Ook voor toeleveranciers worden producten voor verduurzaming steeds meer onderdeel van hun primaire assortiment.

Voor een recentere analyse van het innovatiesysteem van de energietransitie gebouwde omgeving is de master scriptie van Kasper Baarends (2022) beschikbaar¹¹. Hij heeft op basis van 30 interviews en een uitgebreide literatuurstudie de volgende sterke en zwakke punten voor de zeven innovatiefuncties vastgesteld:

Ondernemerschap	
(+) veel ondernemersactiviteiten op het gebied van (technologische) oplossingen	(-) gebrek aan ondernemersactiviteit met betrekking tot integrale oplossingen en procesinnovatie
(+) goed ondernemersklimaat voor technologisch ondernemen	(-) achterblijvende ondernemersactiviteit op het gebied van digitalisering en industrialisatie
	(-) sociaal ondernemerschap beperkt in vergelijking met technologisch ondernemerschap
	(-) beperkte ondernemersactiviteit gericht op (keten)samenwerking

¹⁰ TNO 2015 R10552 Rapport Reflectieve Doelbereik Monitor IAGO

¹¹ [Baarends \(2022\) Analysis of the Dutch Mission-oriented Innovation System \(MIS\) for a natural gas-free built environment](#)



Kennisontwikkeling	
<p>(+) sterke fundamentele kennisontwikkeling</p> <p>(+) sterke technologische kennisontwikkeling</p>	<p>(-) achterblijvende ontwikkeling van maatschappelijke kennis</p> <p>(-) onvoldoende kennisontwikkeling op gemeentelijk niveau</p> <p>(-) kennis onvoldoende ingebed op gemeentelijk niveau</p>
Kennisverspreiding in het netwerk	
<p>(+) stakeholders verspreiden actief kennis</p> <p>(+) hoge bereidheid om kennis te verspreiden</p>	<p>(-) onvoldoende verspreiding van kennis naar de samenleving, met name huiseigenaren</p> <p>(-) kennisverspreiding vaak oppervlakkig en beperkt domeinoverstijgend</p> <p>(-) onvoldoende kennisverspreiding naar en tussen KMO's</p>
Richting aan het zoekproces	
<p>(+) hoge prioriteit transitie aardgasvrij</p> <p>(+) veel stakeholders voelen zich verbonden met de missie</p> <p>(+) toenemende prioriteit voor het uifaseren van aardgas als gevolg van de oorlog tussen Oekraïne en Rusland</p> <p>(+) breed gedragen visie op benodigde technologische oplossingen</p> <p>(+) voldoende toezicht op de algemene voortgang van de missie</p>	<p>(-) prioritering op het gebied van energie-onafhankelijkheid kan leiden tot suboptimale oplossingen</p> <p>(-) onvoldoende sturing gegeven aan de uitvoering van de missie en de implementatie van de oplossingen</p> <p>(-) onvoldoende sturing vanuit de Visies op Hitte (TVW)</p> <p>(-) zwakke oplossingsgerichtheid geleverd door de nationale overheid</p> <p>(-) onvoldoende evaluatie van de effectiviteit van de verschillende beleidsinstrumenten</p> <p>(-) onvoldoende toezicht op de voortgang van de missie</p>
Markt	
<p>(+) sterke prikkel om deel te nemen aan marktformingsactiviteiten vanwege het marktpotentieel</p> <p>(+) opkomende markten voor aardgasvrije oplossingen</p> <p>(+) destabiliserend beleid in ontwikkeling</p>	<p>(-) gasloze oplossingen vaak niet vraaggestuurd, waardoor marktforming wordt beperkt</p> <p>(-) huidige markten voor aardgasloze oplossingen onderontwikkeld</p> <p>(-) Rijksoverheid houdt zich beperkt bezig met stabilisatieactiviteiten</p>



Mobiliseren middelen	
<p>(+) grote beschikbaarheid financiële middelen voor de energietransitie</p> <p>(+) veel middelen beschikbaar voor technologische innovaties</p>	<p>(-) onvoldoende gemobiliseerde financiële middelen binnen de gebouwde omgeving</p> <p>(-) onvoldoende mobilisatie van middelen om gemeenten te ondersteunen bij de wijkgerichte aanpak</p> <p>(-) onvoldoende mobilisatie van financiële middelen voor huishoudens met lage en middeninkomens</p> <p>(-) gebrek aan personele middelen binnen de gebouwde omgeving</p>
Omgaan met weerstand tegen verandering	
<p>(+) toenemende legitimiteit aardgasloze transitie</p> <p>(+) De oorlog tussen Oekraïne en Rusland heeft het belang van het uitfaseren van aardgas op de voorgrond geplaatst, waardoor de legitimiteit van de aardgasloze transitie is toegenomen</p> <p>(+) positieve beweging naar groeiende legitimiteit voor initiatieven van onderaf</p> <p>(+) groeiende legitimiteit aardgasvrije oplossingen</p>	<p>(-) legitimiteit transitie aardgasvrij bij bewoners beperkt vanwege impact (financiële, persoonlijke omgeving)</p> <p>(-) legitimiteit bottom-up initiatieven worden nog steeds als laag beschouwd</p> <p>(-) geringe legitimiteit voor sommige technologische oplossingen (o.a. warmtenetten en waterstof)</p>

Het verdient aanbeveling om weer een systematische monitoring van het innovatiesysteem voor de energietransitie gebouwde omgeving in te stellen.



9 Communicatie, leren en disseminatie

Monitoring & Evaluatie

Het ontwikkelen van innovaties is geen lineair proces. Het is nodig om te toetsen of ontwikkelde oplossingen afdoende beantwoorden aan het bereiken van de missie. Bovendien kunnen ontwikkelde innovaties tegelijkertijd weer leiden tot nieuwe uitdagingen. Daarnaast speelt wet- en regelgeving een rol; deze bepalen de richting en snelheid waarmee oplossingen worden ontwikkeld. Door kaders aan te passen of juist gelijk te houden, kan de behoefte aan bepaalde oplossingen veranderen.

Monitoring en effectmeting zijn voor het welslagen van het missiegedreven innovatiebeleid van groot belang. We zullen communiceren hoe men de effecten meet en doelen denkt te realiseren, zodat consortia hierin de uitvoering rekening mee kunnen houden. Door het dynamische karakter van het MMIP zal er behoefte zijn aan herijking en bijstelling van het programma. Hierbij is een balans nodig tussen langjarig commitment en flexibele bijsturing. Lessen vanuit innoverende consortia, onderzoek naar de effectiviteit van de ontwikkelde innovaties, ontwikkelingen in de markt en (mogelijke) aanpassing van belemmerende wet- en regelgeving zullen de ingrediënten aanreiken voor dit iteratieve proces.

Per deelprogramma worden de belangrijkste innovatiethema's beschreven en Key Performance Indicators (KPI's) bepaald. Deze KPI's, afgeleid van de missies uit het klimaatakkoord en de daaruit afgeleide missies voor dit MMIP, vormen de basis om periodiek een deelprogramma te evalueren en de voortgang te monitoren. Speciaal hiervoor is een Innovatie Monitoring Unit (IMU) opgericht die de hiervoor benodigde tools en methodieken ontwikkelt zodat de voortgang onafhankelijk kan worden getoetst. Dit IMU voert de toetsing ook daadwerkelijk uit en doet aanbevelingen om de uitvoering van het MMIP te verbeteren. Implementatie van de aanbevelingen is aan het team dat verantwoordelijk is voor het MMIP-programmamangement.

Communicatie, leren en disseminatie

Resultaten uit de innovatieprojecten worden actief gedeeld via uitgebreide rapportages, publieke samenvattingen, presentaties tijdens bijeenkomsten, afstemming met en leren van andere MMIP's en meer. Het streven is om interactie tussen verschillende innovatoren op gang te brengen, waarbij de overheid en de markt expliciet worden betrokken om kennis te nemen van de nieuwste ontwikkelingen. Dat geeft een versnelling aan het realiseren, inbedden en vermarkten van de ontwikkelde innovaties.

Qua valorisatie wordt voortgebouwd op de activiteiten die reeds lopen in de Topsectoren (zoals het stimuleren van *start-ups*, kennisverspreiding naar het MKB en human capital). Voor verdere versnelling op het gebied van valorisatie zal vanuit de Topsector Energie meer aandacht worden besteed aan private financieringsmogelijkheden (via een masterclass financiering, een *investors day* en een loketfunctie voor financieringsvraagstukken). Aandacht voor andere financieringsroutes is essentieel om bedrijven in staat te stellen te innoveren. Subsidies kunnen namelijk nooit de volledige financieringsbehoefte van innovatieve bedrijven dekken, doordat niet



alle bedrijfsuitgaven subsidiabel zijn en doordat subsidies nooit de volledige gemaakte kosten dekken; er wordt altijd een *in-kind* of *in-cash* bijdrage gevraagd.

Het in 2019 gestarte programma Uptempo! is relevant voor innovaties in de gebouwde omgeving. Dit programma beoogt om de ontwikkelde energieoplossingen uit de innovatieprogramma's te verbinden aan vragende partijen zoals gemeentes, woningcorporaties, gebouweigenaren en particuliere woningeigenaren. Bijkomend voordeel van die vraagbundeling is dat de partijen zo innovatieverspreiding en - opschaling ondersteunen.

Standaardisatie, normering, en certificering

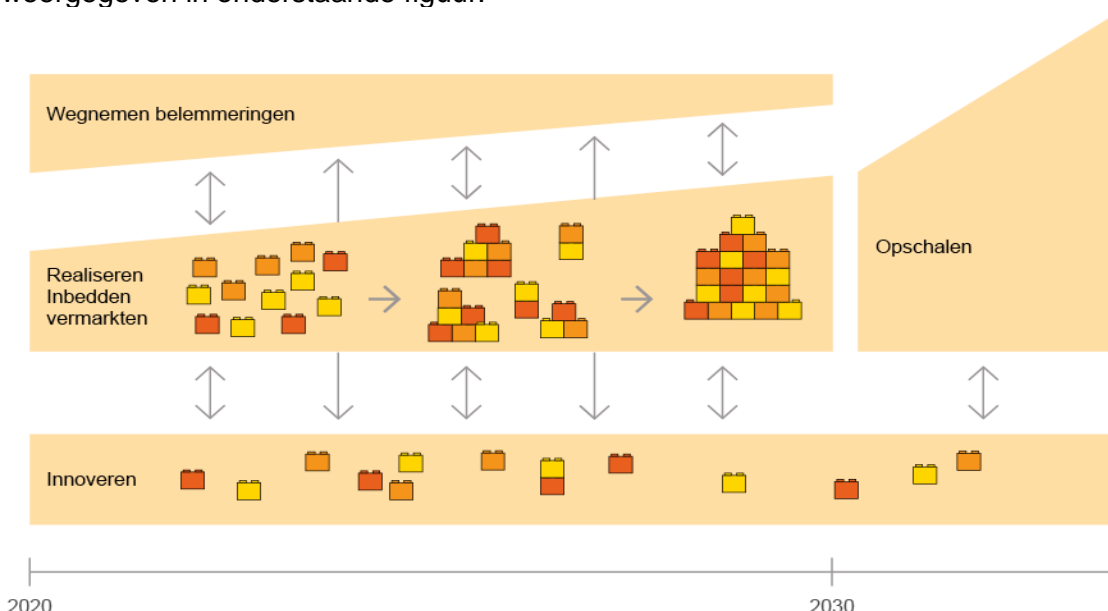
Standaardisatie draagt bij aan de impact van innovaties. Binnen dit MMIP wordt voorzien in een integrale aanpak voor standaardisatie ten dienste van onderzoek, ontwikkeling en innovatie. Dit richt zich op alle fasen van innovatie: van projectidee, uitvoering en evaluatie tot disseminatie. Deze samenhang tussen innovatieprojecten en (internationale) standaardisatie is weergegeven in de onderstaande figuur. Oog voor standaardisatie is belangrijk voor projecten binnen dit MMIP.



Valorisatie, marktcreatie en wettelijke kaders

Vanwege het missiegedreven karakter van dit MMIP is het van belang om ook aandacht te besteden aan valorisatie (aanbodstimulering) en marktcreatie (vraagstimulering). Missies worden immers pas gerealiseerd als innovaties toegepast worden, want dan ontstaat economische en maatschappelijke waarde. Voor valorisatie worden vier sporen geïdentificeerd: het stimuleren van startups, het ontwikkelen van kennis richting marktintroductie (testen, demonstreren, valideren, implementeren), het verspreiden van nieuwe kennis en de ontwikkeling van menselijk kapitaal. Voor marktcreatie worden ook vier sporen voorgesteld: het aankoopbeleid van de overheid, financiële en fiscale prikkels, regelgeving en normering en gedragsbeïnvloeding.

Er is een adaptieve houding nodig bij de uitvoering van dit innovatieprogramma, waarbij er een samenspel plaatsvindt tussen (1) innovatie, (2) het realiseren, inbedden en vermarkten en (3) het wegnemen van belemmeringen. Dit is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Projectvoorstellen moeten inzichtelijk en aannemelijk maken hoe hun oplossingen bijdragen aan het bereiken van de MMIP-missies. Binnen de verschillende instrumenten wordt gezocht naar consortia die expliciet aandacht hebben voor relevante ontwikkelingen in de markt en veranderingen van wettelijke kaders. Van grotere consortia en voorstellen, met name bij de MOOI-regeling, wordt verwacht dat zij een transitiepad schetsen voor verdere uitrol van hun resultaten, met aandacht voor markt en wettelijke kaders.

Consortia die actief zijn binnen dit MMIP worden tevens betrokken bij het signaleren en analyseren van belemmeringen en knelpunten qua wet- en regelgeving. Daarmee organiseren we structurele input waarmee we aansluiting zoeken bij de verschillende gremia die zich richten op (het maken van voorstellen voor) de aanpassing van wettelijke kaders. Er wordt gestreefd naar een actieve dialoog met de ministeries van EZK, BZK en I&W om oplossingen te vinden om deze belemmeringen en knelpunten weg te nemen.



Bijlage 1. Financiering

Op aanvraag beschikbaar.



Bijlage 2. Randvoorwaarden/beleid

Het inzetten van slimme energiediensten wordt beperkt binnen de huidige marktmechanismen en wet- en regelgeving. Het is daarom belangrijk om verder te kijken dan de huidige wet- en regelgeving en om te begrijpen onder welke randvoorwaarden slimme energiesystemen wel of niet kunnen functioneren. Door wet- en regelgeving, netcodes en andere juridische kaders aan te passen of juist gelijk te houden, wordt bepaald op welke wijze technische mogelijkheden daadwerkelijk toegepast kunnen worden. De volgende randvoorwaarden en aandachtspunten voor beleid zijn geïdentificeerd bij elk deelprogramma.

Uit eerdere projecten blijkt dat er technisch veel mogelijkheden zijn voor het organiseren van deze flexibiliteit en slimme diensten, maar dat bedrijven vaak aanlopen tegen knelpunten in wetten en regelgeving en in de ordening van de (energie)markt aan te lopen. Het *Rapport Knelpunten Smart Energy* (TKI Urban Energy, 2021) geeft een overzicht van deze knelpunten.

Deelprogramma 1. Elektrificatie op gebouwniveau

Naast de knelpunten uit het *Rapport Knelpunten Smart Energy* zijn de volgende aandachtspunten geïdentificeerd:

- Gebruik van standaard protocollen voor het plug & play aansturen van verschillende merken, typen en soorten apparaten is van belang voor schaalbare slimme energiediensten en het voorkomen van ongewenste lock-in situaties. Toepassing van deze protocollen zou gestimuleerd of afgedwongen moeten worden, bijvoorbeeld als onderdeel van stimuleringssubsidies voor aanschaf warmtepompen.
- Door het toepassen van thuisbatterijen, slimme laadpalen en slimme warmtepompen kan de energievraag binnen een gebouw worden verschoven. Daardoor kan er juist elektriciteit worden gebruikt als er veel duurzame elektriciteit beschikbaar is in het elektriciteitssysteem. Zo wordt CO₂-uitstoot voorkomen, doordat er juist minder elektriciteit wordt gebruikt als er veel fossiele opwek plaatsvindt. Deze systeemvoordelen zouden een positief moeten meewegen in bouwnormen.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om lekstromen en verstoring van *Power Quality* te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van bijvoorbeeld omvormers.

Deelprogramma 2. Elektrificatie van elektrisch vervoer (cross-over)

Gebruik van standaard protocollen voor het plug & play aansturen van verschillende merken, typen en soorten apparaten is van belang voor schaalbare slimme energiediensten en het voorkomen van ongewenste lock-in situaties. Toepassing van deze protocollen zou gestimuleerd of afgedwongen moeten worden, bijvoorbeeld door dit op te nemen in de concessies voor publieke laadinfrastructuur door lokale overheden. NKL Nederland biedt hiervoor handreikingen.

Bestaande elektriciteitsinfrastructuur voor openbare verlichting (OVL) en de OV-infrastructuur kunnen ook ingezet worden voor bijvoorbeeld het invoeden van zonne-



energie of het aansluiten van laadpunten. Deze netten zijn vaak afgesloten netten met vaak maar een lokale overheid als eigenaar. Zij zouden deze 'parallele benutting' moeten (mogen) faciliteren.

Deelprogramma 3. Elektrificatie van wijken & bedrijventerreinen

Naast de knelpunten uit het *Rapport Knelpunten Smart Energy* zijn de volgende aandachtspunten geïdentificeerd:

- Gebruik van standaard protocollen voor het plug & play aansturen van verschillende merken, typen en soorten apparaten is van belang voor schaalbare slimme energiediensten en het voorkomen van ongewenste lock-in situaties. Toepassing van deze protocollen zou gestimuleerd of afgedwongen moeten worden.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om lekstromen en verstoring van *Power Quality* te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van bijvoorbeeld omvormers.

Deelprogramma 4 Nieuwe kaders voor het elektriciteitssysteem van de gebouwde omgeving

Dit deelprogramma onderzoekt aandachtspunten voor beleid door te kijken naar de marktmodellen, wettelijke kaders en fiscale ordening die nodig is om de innovaties uit dit innovatieprogramma grootschalig in te kunnen zetten. Daarbij is ook aandacht voor eerlijkheidsvragen, sociale dilemma's en verdeelvraagstukken.

Deelprogramma 5. Elektrische infrastructuur in de gebouwde omgeving

Relevante aandachtspunten voor beleid bij dit deelprogramma zijn:

- Lokale en regionale overheden dienen in een vroeg stadium al rekening met de verzwaring van de elektrische infrastructuur en de bijbehorende impact op de fysieke leefomgeving. In overleg met netbeheerders dienen tijdig gebieden te worden aangewezen voor bijvoorbeeld nieuwe onderstations.
- Dit innovatieprogramma verkent oplossingen om verstoring van spanningskwaliteit te reduceren of te voorkomen. Dit vraagt ook om aangescherpte normen in het ontwerp en installatie van omvormers.



Bijlage 3. Achtergrondinformatie

1. Het elektriciteitssysteem onder druk

Door verschillende ontwikkelingen komt het (lokale) elektriciteitssysteem in de gebouwde omgeving onder druk te staan. De ambities in het Klimaatakkoord versnellen deze trend:

- *Warmte- en koudevraag (toename elektriciteitsverbruik en piekvraag)*
Tot 2030 worden 1,5 miljoen woningen verduurzaamd. Afhankelijk van de lokale situatie zijn verschillende alternatieven voor aardgas mogelijk. Circa 33% van de woningen wordt *all-electric*, 33% krijgt een hybride oplossing en 33% wordt aan een warmtenet gekoppeld. In de winter is het gasverbruik circa tien keer hoger dan het elektriciteitsverbruik. Het is daarom niet vanzelfsprekend dat de huidige elektriciteitsaansluiting de functie van een gasaansluiting één-op-één kan overnemen. Warmtepompen en airco's worden in toenemende mate ook ingezet om woningen te koelen, waardoor ook in de zomer een piekvraag ontstaat. Ook wordt afscheid genomen van koken op aardgas. Inductiekoken lijkt de nieuwe standaard te worden. Het piekvermogen van een inbouw inductiekookplaat kan oplopen tot 11 kW. In woningen kan dit leiden tot korte piekvraag in elektriciteit, maar in de horeca zal dit leiden tot langere piekvraag naar elektriciteit.
- *Mobiliteit (toename elektriciteitsverbruik en piekvraag)*
Door de elektrificatie van mobiliteit stijgt de vraag naar elektriciteit. In 2030 zijn er naar schatting 2 miljoen (plug-in hybride) elektrische personenvoertuigen en 1,8 miljoen laadpunten. Het elektriciteitsverbruik is dan ca. 7,1 TWh/jaar. Het opladen van een elektrische auto heeft impact op het elektriciteitssysteem in wijken en op bedrijventerreinen. Laden bij de woning, kantoor of een publieke laadpunt vergt al snel 11 tot 22 kW aan vermogen, terwijl een huishouden doorgaans niet boven de 5 kW vermogen gebruikt. Snel laden vraagt zelfs vermogens van 50 tot 150 kW. Daarnaast zijn elektrische *heavy duty* voertuigen in opkomst, zoals elektrische trucks en bussen. Uiterlijk in 2030 moeten bovendien alle (ruim 5.000) bussen in het openbaar vervoer uitstootvrij zijn. Het laden op de remise, bij logistieke hubs en onderweg (*opportunity charging*) creëert een verdere (piek)vraag.
- *Duurzame en decentrale opwek (toename fluctuerend elektriciteitsaanbod)*
Zonnepanelen (zon-PV) leveren overdag elektriciteit, terwijl de piekvraag van gebouwen veelal in de ochtend en de avond ligt. Daardoor ontstaat piekaanbod van elektriciteit en komt de lokale elektriciteitsinfrastructuur onder druk te staan. Het Klimaatakkoord voorziet dat kleinverbruikers met zon-PV in 2030 zo'n 7 TWh per jaar aan elektriciteit opwekken, maar de verwachting is dat dit doel ruimschoots gehaald zal worden. Daarnaast komen er meer grote zonneweides. Daarvoor is vrijwel altijd uitbreiding van het elektriciteitsnet nodig.
- *Balans van vraag en aanbod van elektriciteit*
In 2030 is naar verwachting 75% van de elektriciteitsproductie afkomstig uit zon en wind. Deze bronnen zijn afhankelijk van weersomstandigheden en het gebruik van elektriciteit zal waarschijnlijk meer fluctueren met nieuwe toepassingen als warmtepompen en elektrische voertuigen. Op de 'day ahead'-markt voor elektriciteit ontstaan in 2030 naar verwachting dagelijks grote fluctuaties in vraag en aanbod van elektriciteit, met overschotten van 10 GW en tekorten van 6 tot 8



GW. Hierdoor is een mix van flexibiliteitsopties nodig, omdat de flexibiliteit niet meer door conventionele elektriciteitscentrales zal worden geleverd. Hierdoor wordt het afstemmen van vraag en aanbod en de opslag en conversie van elektriciteit belangrijker, zowel gedurende de dag als over de seizoenen.

2. Grenzen aan het huidige elektriciteitssysteem

Zonder systeeminnovaties zal de energietransitie tegen verschillende grenzen oplopen:

- Fysieke grenzen aan de elektriciteitsnetten: Congestie is filevorming op het elektriciteitsnet. Als de elektriciteitsnetten ook alle pieken moeten faciliteren, zal het elektriciteitsnet extreem verzaamd moeten worden. De huidige problemen bij het aansluiten van wind- en zonneparken, omdat de lokale infrastructuur niet voldoende is uitgerust voor deze decentrale opwek, kunnen als een voorbode worden beschouwd voor toekomstige problemen die in de gebouwde omgeving en bij bedrijvenparken zullen optreden. Diverse casussen dienen zich nu aan waar bedrijventerreinen in groei en verduurzaming geremd worden doordat de elektriciteitsinfrastructuur ontoereikend is voor de beoogde groei en verduurzaming van de terreinen. En ook in woonwijken ontstaan al problemen door de snelle groei van zonnepanelen.
- Grenzen van netuitbreiding: Congestie en capaciteitsproblemen vragen om verzwaring en uitbreiding van de elektriciteitsinfrastructuur. Op dit moment lopen netbeheerders al tegen de grenzen van hun personele capaciteit aan voor deze verzwaringsoperatie, waardoor het risico bestaat dat de netuitbreidingen niet tijdig genoeg gerealiseerd kunnen worden. De netinvesteringen en de kostenverdeling hiervan worden een issue, en bij duurzame projecten ontstaat het risico op vertraging of annulering. Het kan ook betekenen dat er op een andere plek (bijv. dieper) in het elektriciteitsnet aanpassingen moeten worden gedaan. Bovendien vraagt de uitbreiding van het elektriciteitsnet veel openbare ruimte, waardoor het met name in de gebouwde omgeving steeds moeilijker wordt om nieuwe kabels en stations te bouwen.
- Grenzen aan (de betaalbaarheid van) verduurzaming: de meeste duurzame elektriciteitsproductie is afkomstig uit zon en wind. Deze bronnen zijn afhankelijk van weersomstandigheden en kennen een meer grillig patroon van aanbod. Er zijn oplossingen nodig om op windstille en bewolkte dagen niet alsnog afhankelijk te zijn van fossiele energiebronnen. Wanneer er sprake is van een overvloed aan duurzame elektriciteit, ontstaat het financiële risico dat dit leidt tot een te lage prijs per MWh om de investering in de elektriciteitsopwekking terug te verdienen.
- Grenzen van leveringszekerheid: er zal niet meer aan de piekvraag kunnen worden voldaan, of tekorten in de beschikbaarheid van elektriciteit worden onvoldoende opgevangen. Ook congestie kan de leveringszekerheid in gevaar brengen, doordat er lokaal meer elektriciteit gevraagd wordt dan het lokale net aankan. Als dit optreedt zal opwek of verbruik moeten worden teruggeschakeld op de desbetreffende plek in het net. Wanneer dit niet gebeurt kunnen netcomponenten overbelast raken. Om te voorkomen dat dit grote problemen gaat opleveren zijn de netbeheerders al op veel plekken gestopt met het beschikbaar stellen van transportcapaciteit. Hierdoor kunnen nieuwe bedrijven op sommige



plekken niet meer vestigen of uitbreiden. Ook verduurzaming door middel van elektrificatie is op steeds meer plekken niet meer mogelijk, omdat dit vaak meer transportcapaciteit vergt dan beschikbaar is.

3. Energieflexibiliteit en slimme energiediensten

In dit innovatieprogramma speelt 'energieflexibiliteit' een grote rol. Dit behelst het aanpassen van de vraag en aanbod van elektriciteit in tijd en plaats. Dat kan bijvoorbeeld door de elektriciteitsvraag meer uit te smeren over de dag, of door energieoverschotten op te slaan voor later gebruik. Deze flexibiliteit kan op verschillende manieren worden gerealiseerd in de gebouwde omgeving:

1. Demand-side management: het verhogen of verlagen van de energievraag van bestaande apparaten en machines,
2. Curtailment (het tijdelijk afschakelen of verminderen van de opbrengst van windmolens of zonnepanelen),
3. Opslag (het tijdelijk opslaan van elektriciteitsoverschotten in bijvoorbeeld batterijen of vliegwielen),
4. Conversie (het omzetten van bijvoorbeeld elektriciteit naar warmte).
5. Actief schakelen in de elektriciteitsinfrastructuur.

De eerste vier opties worden in dit MMIP doorgaans 'slimme energiediensten' genoemd. In sommige gevallen gaat het om een expliciete dienst die actief wordt geleverd door een dienstenleverancier, maar vaak gaat het ook om nieuwe functionaliteiten die *by design* een onderdeel zijn van apparaten en installaties.

4. Sociale aspecten en dilemma's

De energietransitie leidt tot een compleet nieuw soort elektriciteitssysteem waarbij op verschillende schaalniveaus, van grote windparken, tot individuele huizen en auto's, zowel energie wordt opgewekt en opgeslagen als gebruikt. Het nieuwe energiesysteem zal daarmee een meer bottom-up karakter krijgen. Het energienet, met alle huishoudens en industrie als deelnemende *prosumers*, wordt dus een compleet nieuw soort markt, draaiend op digitale platformen met een sleutelrol voor data.

Het slagen van deze systeemtransitie is een technische en sociale uitdaging. Vertrouwen op technologische ontwikkeling alleen is niet genoeg, aangezien technologische oplossingen alleen effectief zijn als ze door het publiek worden aangenomen en gebruikt. Bovendien zijn technologische oplossingen doorgaans efficiënter wanneer ze gepaard gaan met gedragsverandering, zoals het afstemmen van de energievraag op het energieaanbod uit hernieuwbare bronnen.

De verandering naar een gedistribueerd elektriciteitssysteem vraagt veel van consumenten, gebruikers van gebouwen en bedrijven, en dat kan leiden tot weerstand. Bovendien kunnen publieke waarden door digitalisering onder druk komen te staan. De meest voor de hand liggende kwesties zijn privacy en veiligheid. Maar ook autonomie, controle over technologie, menselijke waardigheid, rechtvaardigheid en machtsverhoudingen. Nieuwe energiesystemen scheppen nieuwe kwetsbaarheden,



bevorderen nieuwe vormen van maatschappelijke uitsluiting en afhankelijkheden. De publieke acceptatie van slimme energiediensten kan bovendien afnemen als mensen nieuwe risico's en kosten leren kennen. De cruciale vraag is hoe we die markt willen organiseren. Laten we gebeuren dat de platformen en data in handen komen van een paar bedrijven? Met het risico op ongewenste machtsconcentraties (zoals we die ook zien bij digitale platformen in andere sectoren) en aantasting van mensenrechten (bedrijven die in je huiskamer meekijken of minder aantrekkelijke klanten slechtere condities bieden). Of zorgen we voor een eerlijke en democratisch bestuurbare organisatie van die nieuwe markt?

5. Publieke waarden binnen het energiesysteem

Dit innovatieprogramma draagt bij aan de transitie naar het energiesysteem van de toekomst. De cruciale vraag is hoe we dat energiesysteem willen organiseren. Laten we gebeuren dat de platformen en data in handen komen van een paar bedrijven? Met het risico op ongewenste machtsconcentraties (zoals we die ook zien bij digitale platformen in andere sectoren) en aantasting van mensenrechten (bedrijven die in je huiskamer meekijken of minder aantrekkelijke klanten slechtere condities bieden). Of zorgen we voor een eerlijke en democratisch bestuurbare organisatie van die nieuwe markt? Ook in het klimaatakkoord wordt erkend dat *“de grootste uitdaging van deze transformatie geen technische, financiële of bestuurlijke opgave is, maar een sociale opgave. Dit gaat over mensen.”*

Ter inspiratie biedt de [Club van Wageningen](#) een handreiking over inhoudelijke en proceswaarden die relevant kunnen zijn in een digitale energiemaatschappij (zie volgende pagina). Deze waarden worden weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen publieke waarden die actief worden nagestreefd en publieke waarden die door digitalisering onder druk komen te staan. Deze laatste waarden moeten veilig worden gesteld en vragen om een goede inbedding van digitale technieken in de samenleving en in het bijzonder in ons energiesysteem. Afhankelijk van het type innovatie en de beoogde doelgroep kan er een verschil zijn in welke mate bepaalde publieke waarden van belang zijn en hoe deze waarden tegen elkaar worden afgewogen.



Type publieke waarde	Mogelijke uitwerking van publieke waarden (zoals ingevuld door Club van Wageningen)	
Inhoudelijke Waarden	Streef- waarden	<ul style="list-style-type: none"> • Schoonheid ('mensen willen het') • Duurzaamheid • Betaalbaarheid • Beschikbaarheid
	Te borgen waarden	<ul style="list-style-type: none"> • Privacy, met als vraagstukken: gegevensbescherming, privacy, digitaal huisrecht, mentale privacy, surveillance, doelverschuiving • Veiligheid, met als vraagstukken: informatieveiligheid, identiteitsfraude, fysieke veiligheid • Eerlijke machtsverhoudingen, met als vraagstukken: oneerlijke concurrentie, uitbuiting, relatie consument-bedrijf • Controle over technologie, met als vraagstukken: controle en inzicht in algoritmen, verantwoordelijkheid, onvoorspelbaarheid • Autonomie, met als vraagstukken: keuzevrijheid, vrijheid van meningsuiting, manipulatie, paternalisme • Menselijke waardigheid, met als vraagstukken: dehumanisering, instrumentalisering, de-skilling, de-socialisatie, werkloosheid) • Rechtvaardigheid, met als vraagstukken: discriminatie, uitsluiting, gelijke behandeling, stigmatisering
Proceswaarden	<ul style="list-style-type: none"> • Betekenisvolle participatie • Gezamenlijke agendavorming • Verantwoordelijkheid voor de uitvoering (en toezicht) 	



Bijlage 4. (Inter)nationale stand van zaken

1. Innovatiebehoefte vanuit Klimaat- & Coalitieakkoord

(Lokale) systeemintegratie en flexibiliteitsopties zijn nodig voor een betrouwbare, efficiënte, betaalbare, slimme en maatschappelijk gedragen elektriciteitsvoorziening. Alle onderdelen die binnen het systeem energie opwekken of gebruiken raken dankzij verregaande digitalisering verbonden. Dit maakt niet alleen de actuele vraag en het actuele aanbod inzichtelijk, maar helpt ook deze steeds beter te voorspellen en daarop te anticiperen. Diverse apparaten en actoren worden op actieve(re) wijze geïntegreerd in het energiesysteem. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan slimme aansturing van warmtepompen op basis van dynamische elektriciteitsprijzen, slim laden van elektrische auto's om congestie op het net te komen, *power-to-heat* (P2H) met warmtebuffers om voldoende duurzame warmte in de winter beschikbaar te hebben, en *demand-side management* bij (industriële) installaties in de gebouwde omgeving (zoals bijvoorbeeld het flexibel besturen van rioolwaterzuiveringsinstallaties). Daardoor ontstaat ook verbinding maken met andere sectoren, zoals de warmte- en transportsector (zie ook ad 3.3 Energieflexibiliteit en slimme energiediensten).

Het belang van flexibiliteit zal naar verwachting toenemen vanwege de groeiende duurzame productie en de afbouw van fossiel regelbaar vermogen. In de studie 2030, *Demand side flexibility; Quantification of benefits in the EU* van DNV en Smart En zijn de voordelen van vraagsturing opgesomd. Als we in de Europa de volledige potentie van 60 GW aan vraagsturing weten te realiseren zou dit €2,7 miljard zou besparen ten opzichte van het installeren van 60GW aan extra piekvermogen. Ook kan dit daarmee 37,5 miljoen ton aan CO₂ besparen in de energiesector.

Dit wordt onderkend in het klimaatakkoord. Daarin wordt gesteld dat *“Het toenemende belang van flexibiliteit en de omvang van de systeemopgave vragen om voldoende aandacht in de innovatieagenda om de uitdaging waar te kunnen maken en om systeemkosten zo laag mogelijk te houden. Het ontwikkelen van nieuwe flexibiliteitsopties en de kostendaling van bestaande opties, is hier onderdeel van. Technieken van grootschalige (CO₂-vrije) flexibiliteitsopties om de lange termijn te voorzien in flexibiliteit (inclusief weer- en seizoenpatronen en extreme weersituaties) moeten, gezien de lange doorlooptijden, nu al worden doorontwikkeld om op tijd te kunnen worden toegepast”*. Er wordt in het klimaatakkoord geschat dat 15 tot 17 GW aan regelbaar vermogen nodig gaat zijn. Daarom is het niet alleen noodzakelijk dat de flexibiliteit de komende decennia een integraal onderdeel wordt van de inrichting van het elektriciteitssysteem zowel in technisch opzicht, maar ook qua regelgeving en waardepropositie. Beleidsmaatregelen die aanzetten tot elektrificatie moeten ook flexibiliteit volop mogelijk maken en/of behouden. In het klimaatakkoord wordt onder andere ingezet op marktgebaseerde congestiemanagement, een wettelijke basis voor het ‘verzwaren, tenzij’-afwegingskader doorontwikkeling van flexibiliteitsopties.

De recente *FLEXNET-studie* van TNO, een onderzoek gefinancierd door het ministerie van Economische Zaken & Klimaat naar de rol van flexibiliteit in het energiesysteem van 2030-2050, laat een duidelijke rol zien voor flexibiliteit uit de gebouwde omgeving.



Naast elektrolyzers en industriële boilers zullen flexibele warmtepompen en smart charging van elektrische voertuigen namelijk een significante rol spelen om het energiesysteem betaalbaar en betrouwbaar te houden.

Vanuit de netbeheerders wordt het belang van flexibel energiesysteem ook erkend. Dit blijkt bijvoorbeeld ook uit de studie *Warmte & Flexibiliteit* van TenneT en de *Infrastructuurverkenning 2030-2050* van de gezamenlijke netbeheerders. Hierin wordt gesteld dat “*de flexibiliteitsmiddelen die nodig zijn om de grote verschillen tussen aanbod en vraag naar energie te kunnen overbruggen, grotendeels ontwikkeld moeten worden.*” Er wordt aanbevolen de ontwikkeling van flexibiliteitsmiddelen te stimuleren.

2. Nationaal

Vanaf 2011 is er structureel gewerkt aan bovengenoemde innovatiethema's. Pilots en proeftuinen hebben aangetoond dat het mogelijk is om flexibiliteit bij consumenten en bedrijven te ontsluiten en te benutten op het niveau van een gebouw, wijk of bedrijventerrein. Er zijn inzichten ontwikkeld over vraagsturing en opslag en over de rol van de aggregator en van consumenten en bedrijven. Ook is er meer bekend geworden over de mogelijkheden en belemmeringen van wet- en regelgeving. En tenslotte is er meer inzicht in de activiteiten die de markt en netbeheerders wel of niet kunnen ontplooiën op het gebied van stabiliteit en kwaliteit van de lokale energievoorziening. De schaal van de pilots bleef beperkt tot 250 woningen of een enkel bedrijventerrein.

Maar de behoefte aan deze ontwikkelde oplossingen was nog beperkt, o.a. doordat Nederland van oudsher een zeer betrouwbaar elektriciteitssysteem heeft. Mede door de aanwezige regelbare gas- en kolencentrales, hebben we een goedkope en betrouwbare elektriciteitsvoorziening met genoeg regelbare opwekking (flexibiliteit) via *day ahead*, *intra-day* en onbalansmarkten. Deze markten zijn van oudsher voorbehouden aan grotere spelers en richten zich alleen op onbalans op nationaal gebied. Vanwege deze marktkenmerken, maar ook vanwege het nog lage aandeel van (lokale) duurzame energieopwekking, was de urgentie voor innovaties laag en liep Nederland internationaal gezien niet voorop in implementatie.

In de afgelopen jaren heeft al veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op het gebied van slimme energiediensten. De uitrol van grote zonnedaken en laadinfrastructuur bij gebouwen vormt een eerste stimulans om bij bepaalde gebouwen reeds slimme energiediensten toe te gaan passen. Toch bevindt de ontwikkeling van slimme energiediensten voor gebouwen bevindt zich nog in een vroeg ontwikkelstadium. De meeste technische vraagstukken zijn dan wel opgelost, maar er zitten nog grote uitdagingen in het creëren van interoperabiliteit en schaalbare oplossingen met een gezonde businesscase, die op eerlijke, inclusieve en democratische bestuurbare manier zijn georganiseerd. De rapportage *Flexibiliteit in de Gebouwde Omgeving: Een handreiking voor ondernemers* (2021, TKI Urban Energy) beschrijft de kritische succesfactoren voor slimme energiediensten. Belangrijke aandachtspunten zijn: oog voor de wensen van de eindgebruikers, interoperabiliteit tussen apparaten en IT-systemen, en ketensamenwerking tussen bedrijven.



Er heeft veel onderzoek en ontwikkeling plaatsgevonden op het gebied van (slim) laden van elektrisch vervoer. Mede daardoor is Nederland internationaal één van de koplopers. Slim laden is in veel gevallen technisch al mogelijk en er zijn veel kennis en inzichten opgedaan over sociaal-organisatorische en institutionele aspecten van slim laden. Het programma proeftuin *Slimme Laadpleinen* (gecoördineerd door NKL) realiseerde in 2020 46 laadpleinen in 19 gemeenten. Dankzij de inzichten uit deze projecten kunnen laadpleinen grootschalig uitrollen. Het laden van *heavy duty* voertuigen is een recent opkomend fenomeen en vraagt om nadere aandacht.

Door de recente versnelling van lokale duurzame opwek, vooral op plekken in het net die hier niet op berekend waren, wordt de vraag naar flexibiliteit echter luider en hebben de netbeheerders het instrument van congestiemanagement nodig om de stabiliteit van het net te handhaven. Er zijn al meerdere jaren concrete situaties waar wind- en zonneparken niet kunnen aansluiten op het net in verband met congestie, maar recent kort komen er ook meer signalen bij dat er congestie optreedt bij de afname van elektriciteit. Op bedrijventerreinen is dit een groeiend probleem. De verwachting is dat dit ook in wijken en stadscentra gaat spelen, bijvoorbeeld wanneer de bewoners in een straat grootschalig overstappen op elektrisch vervoer of de horeca in een wijk allemaal overstapt op inductiekoken. Daardoor ontstaat een groeiende acute behoefte aan oplossingen die in het kader van dit innovatieprogramma worden ontwikkeld. Batterijsystemen die afgelopen jaar zijn beproefd in onderzoek- en ontwikkelprojecten, vinden daardoor nu een weg naar de markt via demonstratieprojecten en commerciële uitrol.

Vanuit de netbeheerders (zowel TSO en DSO) wordt het belang van flexibiliteit in de gebouwde omgeving steeds duidelijker erkend. Om de inzet van flexibiliteit te faciliteren zijn zij in 2017 gestart met de ontwikkeling van GOPACS, het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen. In 2020 is Liander als eerste regionale netbeheerder daadwerkelijk gestart met congestiemanagement op basis van dit platform. Daarnaast lanceerde TenneT het platform Equigy waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Voor de lancering zijn beide platforms getest in verschillende demonstratieprojecten van de Topsector Energie.

Wat betreft de kaders van het energiesysteem vinden er ook verschillende ontwikkelingen plaats. Met name op het gebied van 'marktgebaseerde oplossingen' wordt veel voortgang geboekt: In 2017 is gestart met de ontwikkeling van het GOPACS, het platform van de netbeheerders om congestie in het net te verminderen. In 2020 is Liander als eerste regionale netbeheerder ook daadwerkelijk gestart met congestiemanagement op basis van dit platform. Daarnaast lanceerde TenneT het platform *Equigy* waarmee de inzet van gedistribueerde decentrale flexibiliteit laagdrempeliger wordt gemaakt. Voor de lancering is dit platform met marktpartijen getest in verschillende demonstratieprojecten.

Maar brede inzet van slimme energiediensten wordt nu echter nog beperkt door het ontbreken van effectieve juridische kaders. In de studie *Handelingsperspectief voor knelpunten marktordering & wetgeving rond Smart Energy* (2021, TKI Urban Energy) is in kaart gebracht welke knelpunten innovatoren ervaren op het gebied van wetgeving



en de ordening van de energiemarkt, en welke oplossingsrichtingen er zijn voor deze knelpunten.

De netbeheerders staan voor een immense opgave om het Nederlandse stroomnet geschikt te maken voor de toekomst. Momenteel hebben ze netbeheerders beperkt *real-time* inzicht in de staat van het distributienetwerk. Daarom beogen de netbeheerders om ruim voor 2030 alle energie-infrastructuur (elektra en warmte) uit te rusten met sensoren die de status en belasting kunnen meten. Daarnaast wordt er ingezet op netverzwaring om de stijgende vraag naar elektriciteit en de integratie van duurzame energie mogelijk te maken.

3. Internationaal

Belangrijke partners voor kennisinstellingen, bedrijven en overheden binnen Europa zitten onder meer in Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, België, Frankrijk, Noorwegen, Denemarken, Zwitserland en Oostenrijk. Het is vooral belangrijk dat deze samenwerkingsverbanden meer structureel vorm krijgen. Veel internationale congressen zijn technologie-georiënteerd (innovatieve producten). Het zou een buitenkans zijn om de procesmatige kant en industriële aanpak waar dit innovatieprogramma zich op richt daar over het voetlicht te brengen. Er is meer grensoverschrijdende afstemming en kennisindeling nodig, met als doel om wederzijdse meerjarige programma's op te stellen over de ontwikkeling van renovatieconcepten, industrialisatie en digitalisering in de bouw en bijvoorbeeld ook over wederzijds leren over wijkgerichte aanpakken. Ook zouden we gezamenlijk kunnen inzetten op EU-programma's. Er zijn ook veelbelovende samenwerkingsverbanden met partijen buiten Europa die verder uitgebreid kunnen worden, bijvoorbeeld in *Mission Innovation*-verband. Zo zijn er bijvoorbeeld kansen op het gebied van kunstmatige intelligentie. Bij de Verenigde Staten en China zouden we meer kennis kunnen ophalen. Het grootste exportpotentieel van ontwikkelde diensten en producten lijkt vooralsnog in buurlanden te liggen zoals Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en België.

Bovengenoemde innovatiethema's spelen in meerder landen en worden ook door de Europese Unie (EU) opgepakt. Het European Strategic Energy Technology Plan (SET Plan), waarmee de EU de overgang naar een klimaatneutraal energiesysteem wil te stimuleren door de ontwikkeling van koolstofarme technologieën op een snelle en kostenconcurrerende manier, definieert bijvoorbeeld de acties *integrating renewable technologies in the energy systems* en *resilience and security of energy systems*.

Op basis van het SET plan heeft het de Europese Commissie *European Technology & Innovation Platforms* (ETIPs) opgericht. Het ETIP *Smart Networks for Energy Transition* (SNET) biedt een roadmap voor research & innovation opgesteld voor 2030 en 2050. Hierin zijn verschillende building blocks en focusthema's aangewezen (zie figuur). Daaruit blijkt dat Europese Commissie wil inzetten op meer samenwerking tussen de netbeheerders van verschillende landen, digitalisatie, een grotere rol voor de consument en lokale systemen, het doorontwikkelingen voor technologieën voor versterking van het elektriciteitsnet en het inzetten van flexibiliteit. Het verder



integreren van de Europese energiemarkt en een grotere samenwerking tussen landen is bij uitstek iets dat op Europees niveau moet worden ontwikkeld, maar op de thema's flexibilisering, lokale opwek, de doorontwikkeling van technologieën en digitalisatie van netwerken liggen kansen voor Nederland. Opvallend is dat er in de roadmap veel aandacht wordt besteed aan het ontwikkelen en integreren van Power-to-Heat en Power-to-Gas, onderwerpen waar kansen liggen voor Nederland gezien onze grootschalige opwek van hernieuwbare elektriciteit en onze waterstofambities.

Onder de noemer BRIDGE¹² zijn al veel projecten uitgevoerd die zich richten op slimme energiediensten en slimme elektrische infrastructuur. Ten opzichte van Nederland vindt er veel inzet plaats op het vlak van kleinschalige en grootschalige opslag. Ook gaat er vanuit Europees beleid en innovatie-inzet veel aandacht uit naar het actief betrekken van burgers in het balanceren van het energiesysteem, meestal in een collectief.

Vanuit de International Energy Agency (IEA) wordt er internationaal samengewerkt en kennis uitgewisseld op diverse innovatiethema's. Voor dit innovatieprogramma relevante thema's zijn: TCP *International Smart Grid Action Network*, waarbinnen gewerkt aan het verzamelen van kennis over verschillende aspecten van smart-grids, zoals kennis over de technologie, beleid en markt; de Users-TCP *Global Observatory on Peer-to-Peer Energy Trading*, dat zich richt op (virtuele) communities waarbij de deelnemers energie uitwisselen.

Ten op zichten van andere landen in de EU scoort Nederland best wel goed op de potentie voor vraaggestuurde flexibiliteit. Volgens de studie *2021 European Market Monitor on Demand Side Flexibility* van Delta EE staat Nederland vooral op het gebied van energiegemeenschappen Nederland bovenaan, mede dankzij de grote mogelijkheden voor energiecoöperaties. Alleen op de mogelijkheden voor het vermarkten van flexibiliteit scoort Nederland relatief laag.

¹² BRIDGE is een initiatief van de Europese Commissie dat subsidieprojecten vanuit Horizon 2020 en Horizon Europe projecten gericht op smart-grids, energieopslag, eilanden, en digitalisering verenigt om een gestructureerd beeld te creëren van dwarsdoorsnijdende problemen die zich voordoen in de demonstratieprojecten en een obstakel voor innovatie kunnen vormen. Het BRIDGE-proces bevordert een continue kennisuitwisseling tussen projecten, waardoor ze met één stem conclusies en aanbevelingen kunnen doen over de toekomstige exploitatie van de projectresultaten, via vier verschillende werkgroepen die de belangrijkste interessegebieden vertegenwoordigen.





TKI URBAN ENERGY

Topsector Energie

TKI Urban Energy

Arthur van Schendelstraat 550D
3511 MH Utrecht

T +31 30 747 00 27

E info@tki-urbanenergy.nl

T www.tki-urbanenergy.nl

