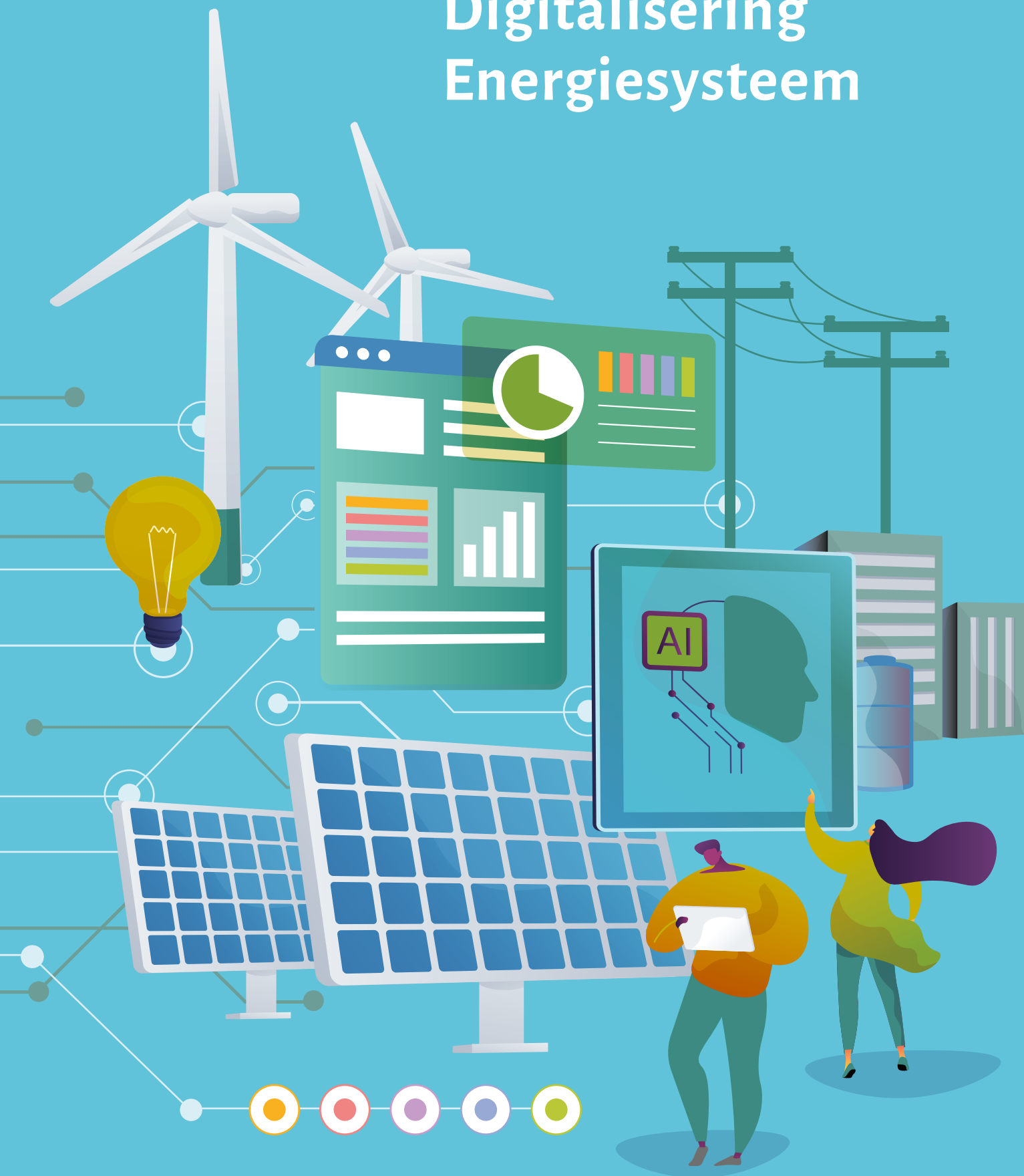


Actieagenda Digitalisering Energiesysteem



Voorwoord

De energietransitie is in volle gang. Digitalisering is daarbij geen bijzaak, maar een doorslaggevende factor om de klimaatdoelen op tijd en op een maatschappelijk verantwoorde manier te bereiken. Met deze actieagenda zetten we als sector een gezamenlijke stap om digitalisering structureel te verankeren in het energiesysteem van de toekomst. De urgentie is groot. Zonder digitale oplossingen blijven netcongestie, hoge kosten en kwetsbaarheden het tempo van de transitie bepalen. Het gaat om meer dan technologische innovatie alleen. Digitale oplossingen moeten en kunnen bijdragen aan publieke belangen als betaalbaarheid, betrouwbaarheid, duurzaamheid, veiligheid, privacy en inclusie. Alleen zo houden we het energiesysteem toekomstbestendig en rechtvaardig.

Deze agenda is tot stand gekomen in coproductie met een breed palet aan partijen uit de energie- en ICT-sector. Experts van netbeheerders, bedrijven, kennisinstellingen, overheden en maatschappelijke organisaties hebben hun kennis, ervaring en visie gedeeld. Hun betrokkenheid en inzet zijn van onschatbare waarde geweest. Ik wil iedereen die heeft bijgedragen – van eerste brainstorm tot laatste review – hartelijk bedanken. Dankzij jullie is deze agenda niet zomaar een stuk papier, maar een concreet actieplan dat door de Topsector Energie met toewijding zal worden gecoördineerd.

De kracht van deze agenda zit in het samenbrengen van inzichten, belangen en oplossingen. We kiezen niet voor één route, maar bouwen aan een ecosysteem waarin gevestigde samenwerkingen worden versterkt en nieuwe netwerken kunnen ontstaan. Alleen zo ontstaat het vertrouwen en de infrastructuur die nodig zijn om digitalisering verantwoord en effectief te laten landen in de energietransitie.

De actieagenda biedt richting, maar is geen blauwdruk. De komende jaren zullen nieuwe ontwikkelingen, technologieën en uitdagingen zich aandienen. Daarom is deze agenda flexibel en uitnodigend: voor iedereen die wil bijdragen aan een duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar energiesysteem. Door digitalisering beleidsmatig te verankeren én het netwerk van samenwerkingen uit te breiden, groeit deze agenda mee met de praktijk.

Mede namens mijn collega's in de stuurgroep nodig ik alle betrokkenen uit om samen de schouders te zetten onder de uitvoering. Laten we digitalisering als gamechanger op de kaart zetten en daar vandaag mee beginnen!

Irene Jansen

Voorzitter stuurgroep Actieagenda Digitalisering Energiesysteem



Samenvatting

Nederland werkt aan een energiesysteem dat duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar is. In het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE) staat hoe dat systeem wordt ingericht en welke keuzes daarbij horen. Digitalisering speelt daarbij een sleutelrol. Het gaat daarbij om het inzetten van digitale en informatietechnologieën en de invloed daarvan op het energiesysteem. Dat moet op een manier gebeuren die maatschappelijk verantwoord is. Dat wil zeggen dat digitale oplossingen moeten bijdragen aan publieke belangen zoals duurzaamheid, veiligheid, privacy en inclusie, zonder andere belangen te schaden.



Hoewel het NPE het belang van digitalisering benadrukt, is nog niet helder hoe dit in de praktijk moet worden aangepakt. Deze actieagenda zet daarin een eerste stap en geeft richting aan de digitalisering van het energiesysteem. De agenda bevat acties die bestaande initiatieven versterken of versnellen, en nieuwe acties die nodig zijn om de doelen van het NPE te halen. De publieke belangen en richtinggevende keuzes uit het NPE vormen daarbij het uitgangspunt. Digitalisering is immers geen doel op zich, maar staat in dienst van de energietransitie.

Deze agenda is een startpunt. De focus ligt nu op de komende jaren, in lijn met het NPE dat in 2028 wordt herijkt. Er is aandacht voor de rol van digitalisering bij urgente uitdagingen zoals netcongestie, de hoge kosten voor infrastructuur, cyberweerbaarheid en de macht van platformen. Ook potentieel disruptieve onderwerpen, zoals de opkomst van

kunstmatige intelligentie, komen aan bod. Daarbij ligt in deze eerste versie van de agenda de nadruk op het elektriciteitssysteem. Digitalisering van andere systemen, zoals warmte en waterstof, valt nu nog buiten de scope. In een latere versie kan dit worden toegevoegd. Ook ontwikkelingen in de energie- en ICT-sector zullen blijven leiden tot nieuwe acties.

Deze agenda is bedoeld voor alle partijen die een rol hebben in de digitalisering van het energiesysteem. Veel van die partijen zijn betrokken geweest bij de totstandkoming van deze agenda, die beschrijft hoe zij de uitvoering ter hand nemen en hoe dat gecoördineerd wordt. De urgentie en het belang van digitalisering vragen immers om een serieuze aanpak. Deze agenda vormt een aanzet voor een ecosysteem dat digitale innovaties in het energiedomein stimuleert en knelpunten helpt oplossen.

Hoewel het NPE het belang van digitalisering benadrukt, is nog niet helder hoe dit in de praktijk moet worden aangepakt. Deze actieagenda zet daarin een eerste stap en geeft richting aan de digitalisering van het energiesysteem.



Vijf samenhangende thema's

Deze agenda is opgebouwd rondom vijf samenhangende, koersbepalende thema's, die richting geven aan waar digitalisering nu al verschil maakt of dat in de toekomst zal doen. Deze thema's

zijn gebaseerd op een analyse van de publieke belangen en hoofdkeuzes uit het NPE, aangevuld met actuele trends en knelpunten in het energiesysteem en het digitale domein.

De vijf thema's zijn:

1

THEMA 1 | Inzicht in het elektriciteitssysteem

Het hebben van inzicht in het systeem is de eerste stap in het ontwikkelen van effectieve digitale oplossingen. Dit vereist betrouwbare metingen, een veilige en gestandaardiseerde uitwisseling van data, en duidelijke afspraken over wie eigenaar is van de gegevens en wie er toegang toe heeft.

2

THEMA 2 | Beter benutten van netwerkcapaciteit

Digitalisering maakt het mogelijk om vraag en aanbod slimmer op elkaar af te stemmen, pieken in het gebruik te verminderen en het netwerk efficiënter te benutten. Daarvoor zijn systemen en algoritmen nodig die goed samenwerken, transparant zijn en controleerbaar blijven.

3

THEMA 3 | Goed toegeruste deelnemers

Huishoudens, bedrijven en collectieven spelen een belangrijke rol in de energietransitie en moeten daarom kunnen 'meedoen'. Digitale oplossingen moeten dus toegankelijk en makkelijk te gebruiken zijn, en data en privacy moeten goed beschermd worden. Ook is belangrijk dat de mensen en organisaties die digitaal nog minder vaardig zijn ondersteund worden.

4

THEMA 4 | Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

Een steeds complexer en meer gedistribueerd energiesysteem vereist een verregaande integratie van de verschillende onderdelen van het systeem. Het systeem moet ook weerbaar zijn, en bestand zijn tegen verstoringen en cyberdreigingen. Ongewenste afhankelijkheden moeten worden vermeden.

4

THEMA 5 | Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Digitalisering kan helpen bij het maken van strategische keuzes, het afstemmen van ruimtelijke plannen en het uitvoeren van infrastructuurprojecten. Daarvoor zijn digitale instrumenten nodig die ondersteunen bij de planning, monitoring en aanleg van het systeem.



Digitale oplossingen voor elk van de thema's

Bij het maken van deze agenda is onderzocht welke behoefte digitalisering kan invullen. In gesprekken met het veld is besproken welke digitale oplossingen aansluiten op die behoefte,

en welke uitdagingen, randvoorwaarden en risico's ermee samenhangen. Deze digitale oplossingen zijn per thema samengebracht in figuur 1.

Figuur 1: Digitale oplossingen voor de vijf thema's van deze actieagenda.

Thema	Digitale oplossingen
1 THEMA 1 Inzicht in het elektriciteitssysteem	1A Bemeten van het elektriciteitssysteem 1B Gemeenschappelijk ecosysteem voor energiedata en -informatie
2 THEMA 2 Beter benutten van netwerkcapaciteit	2A Interoperabiliteit tussen apparaten en EMS'en 2B Monitoren van de actuele toestand van het systeem 2C Afstemmen gelijktijdige vraag en aanbod in de regio en op het bedrijventerrein
3 THEMA 3 Goed toegeruste deelnemers	3A Energieapplicaties 3B Coördinatie van flexibiliteit achter de meter met een EMS 3C Ondersteuning participatieproces 3D Ondersteuning van praktische zaken en (gezamenlijk) inzicht 3E Delen van kennis binnen de buurt
4 THEMA 4 Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem	4A Beter integreren congestiemarkten 4B Vereenvoudigen toegang tot elektriciteitsmarkten 4C Weerbaarheid door de inzet van digitalisering
5 THEMA 5 Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem	5A Gebiedsgerichte planning van het elektriciteitssysteem 5B Monitoringsmethodiek voor voortgang planning 5C Slimmer ontwerpen op basis van gebruiksprofielen 5D Verbetering van de informatievoorziening rondom aanlegprocessen en digitale ondersteuning van monteurs in het veld 5E Integratie van inzichten over arbeidscapaciteit rond planning- en aanlegprocessen



Actieplan met acties per thema

Met de bij het maken van deze agenda betrokken partijen is opgehaald welke acties nodig zijn om de digitale oplossingen te realiseren en wie daar een

rol in speelt. Het betreft zowel lopende als nieuwe acties. De acties zijn per thema geclusterd in actielijnen. De acties zijn weergegeven in figuur 2.

Figuur 2: Overzicht van de acties in deze agenda.

1

THEMA 1 | Inzicht in het elektriciteitssysteem

Actielijn 1.1 | Verbeteren van inzicht in actuele toestand van netwerk en energiestromen

- Actie 1.1.1 Zorg voor adequate bemeting van netwerken
- Actie 1.1.2 Verkrijg inzicht in de toestand van het net, in beschikbare flexibiliteit en in energiestromen door het combineren van verschillende databronnen en data-analyses
- Actie 1.1.3 Ontwikkel een *digital twin* van het elektriciteitssysteem
- Actie 1.1.4 Ontwikkel eisen aan simulatie-tooling voor gebruik in analyses van regionale/ lokale energiesystemen
- Actie 1.1.5 Maak energiestromen in het elektriciteitssysteem herleidbaar

Actielijn 1.2 | Organiseren van energiedata en informatie

- Actie 1.2.1 Ontwerpen en inrichten van het ecosysteem voor energiedata en informatie
- Actie 1.2.2 Maak (realtime) data beschikbaar van elektriciteitsverbruik, opslag en opwek
- Actie 1.2.3 Stel data van netwerkinfrastructuur beschikbaar

2

THEMA 2 | Beter benutten van netwerkcapaciteit

Actielijn 2.1 | Verbeteren benutting van beschikbare netwerkcapaciteit

- Actie 2.1.1 Ontwikkel een uniforme aanpak voor datagedreven risk/health-based asset management

Actielijn 2.2 | Beter afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit

- Actie 2.2.1 Ontwikkel een netbeschermingsmechanisme waarmee netbeheerders (near)real time controle krijgen over flexibiliteit in noodsituaties
- Actie 2.2.2 Ontwikkel blauwdrukarchitectuur en eisen voor digitale coördinatie van elektriciteit in de buurt, op bedrijventerreinen en achter de meter
- Actie 2.2.3 Maak opslag van data door EMS-diensten transparant en interoperabel
- Actie 2.2.4 Ontwikkel een certificeringskader voor EMS-systemen

3

THEMA 3 | Goed toegeruste deelnemers

Actielijn 3.1 Versterken van positie huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven

Actie 3.1.1 Onderzoek hoe energie-applicaties de positie van huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven kunnen versterken en ontwikkel deze

Actielijn 3.2 Ontsluiten van flexibiliteit bij eindgebruikers

Actie 3.2.1 Stimuleer de ontwikkeling en implementatie van aanstuurbare apparaten op basis van gestandaardiseerde communicatieprotocollen

Actie 3.2.2 Stimuleer eindgebruikers om hun elektriciteitsvoorziening te verslimmen

4

THEMA 4 | Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

Actielijn 4.1 Optimaal afstemmen tussen verschillende schaalniveaus en netvlakken

Actie 4.1.1 Onderzoek de rol van digitalisering bij het optimaal inzetten van flexibiliteit uit verschillende bronnen en voor verschillende toepassingen

Actie 4.1.2 Ontwikkel een referentie-architectuur voor het elektriciteitssysteem

Actielijn 4.2 Integrale rol van digitalisering in het elektriciteitssysteem

Actie 4.2.1 Ontwikkel een toekomstvisie op de rol van digitalisering in het energiesysteem

Actie 4.2.2 Onderzoek hoe kennis en ontwikkeling van verslimming van het elektriciteits-systeem bij elkaar gebracht en gecoördineerd kan worden

Actie 4.2.3 Onderzoek de implicaties van AI op het energiesysteem

Actie 4.2.4 Breng bestaande en missende maatregelen voor het adresseren van risico's en randvoorwaarden van digitalisering in kaart

Actielijn 4.3 Versterken weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

Actie 4.3.1 Stel een integrale aanpak op voor de rol van en randvoorwaarden voor digitalisering bij het verhogen van de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

5

THEMA 5 | Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Actielijn 5.1 Gezamenlijk en gebiedsgericht plannen van het elektriciteitssysteem

Actie 5.1.1 Stimuleer de ontwikkeling en het gebruik van gebiedsgerichte planningsmodellen voor de afstemming tussen ruimtelijke ontwikkelingen en het energiesysteem

Actie 5.1.2 Maak afspraken over de methodiek voor monitoring op beleid, die de verbinding legt tussen nationale monitors en regionale monitors

Actielijn 5.2 Versnellen van aanleg van elektriciteitsinfrastructuur

Actie 5.2.1 Ontwikkel arbeidsondersteunende digitalisering

Actie 5.2.2 Uniformeer en automatiseer processen voor aanleg van infrastructuur

Actielijn 5.3 Ontwikkeling van digitale skills in de energiesector

Actie 5.3.1 Versterk de digitale skills van betrokkenen in aanlegprocessen

Actie 5.3.2 Versterk de digitale skills van installateurs en energie adviseurs

In deze agenda is aangegeven op welke termijn de acties moeten worden uitgevoerd, maar ze zijn nog niet scherp geprioriteerd. Dat moet gebeuren na oplevering van de agenda. Om daarbij vanuit urgentie prioriteiten te kunnen stellen, zijn de

thema's wel alvast gespiegeld aan de actuele uitdagingen met betrekking tot het energiesysteem, zoals die in deze agenda zijn geïdentificeerd. Tabel 1 bevat het resultaat.

Tabel 1: Relatie tussen de actuele uitdagingen en de vijf thema's van deze agenda.

Actuele uitdagingen	1 THEMA 1 Inzicht in het elektriciteits-systeem	2 THEMA 2 Beter benutten van netwerk-capaciteit	3 THEMA 3 Goed toegeruste deelnemers	4 THEMA 4 Geïntegreerd en weerbaar systeem	5 THEMA 5 Planning, aanleg en monitoring
1. Netcongestie	×	×	×		×
2. Hoge kosten infrastructuur	×	×			×
3. De groeiende rol van 'decentraal'		×	×	×	
4. Geopolitieke spanningen en afhankelijkheden	×	×		×	
5. De macht van platformen			×	×	
6. Cyberweerbaarheid			×	×	
7. Kunstmatige intelligentie (AI)	×	×	×	×	×

Uitvoering van de agenda

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei is verantwoordelijk voor de actieagenda en het NPE. Dit ministerie heeft het initiatief genomen voor de ontwikkeling van de actie-

agenda en is verantwoordelijk voor het vastleggen van uitgangspunten en afspraken en het scheppen van randvoorwaarden, zoals wet- en regelgeving.

De Topsector Energie coördineert na oplevering de uitvoering en het onderhoud van de agenda. In het vierde kwartaal van 2025 stelt de Topsector een programmaplan op, waarin de details worden uitgewerkt. De uitvoering van het plan start in het eerste kwartaal van 2026. De bij het maken van

deze agenda betrokken partijen worden geconsulteerd bij het maken van het plan en betrokken bij de uitvoering. Het ministerie van Klimaat en Groene Groei heeft een structureel uitvoeringsbudget gereserveerd voor de coördinerende taken van de Topsector.



Tot slot

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei heeft samen met TNO de verantwoordelijkheid genomen voor het opstellen van deze agenda. De acties zijn in samenwerking met een groot aantal partijen uit

de energie- en ICT-sector opgesteld. De colofon vermeldt de namen van de betrokkenen, die met grote inzet hebben bijgedragen aan de totstandkoming van de agenda.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	14
1.1	Aanleiding en doelstelling van de actieagenda	15
1.2	Afbakening tot het elektriciteitssysteem	17
1.3	De methode: van NPE naar actieagenda	18
1.4	Beleidscontext van de agenda	19
1.5	Leeswijzer en structuur van de agenda	20
2	Digitalisering van het elektriciteitssysteem	22
2.1	Maatschappelijk verantwoord digitaliseren	23
2.2	De vijf hoofdthema's van deze agenda	24
2.3	Bijdrage aan het realiseren van de hoofdkeuzes van het NPE	28
2.4	Actuele uitdagingen in relatie tot deze agenda	31
2.5	Doorkijkje naar een snel veranderende toekomst	36
3	Digitale oplossingen per thema	38
3.1	Digitale oplossingen voor thema 1 (inzicht in het elektriciteitssysteem)	40
3.2	Digitale oplossingen voor thema 2 (beter benutten van netwerkcapaciteit)	42
3.3	Digitale oplossingen voor thema 3 (goed toegeruste deelnemers)	45
3.4	Digitale oplossingen voor thema 4 (geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem)	48
3.5	Digitale oplossingen voor thema 5 (planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem)	50
4	Actieagenda voor het digitaliseren van het elektriciteitssysteem	54
4.1	Acties onder thema 1: inzicht in het elektriciteitssysteem	58
4.2	Acties onder thema 2: beter benutten van netwerkcapaciteit	66
4.3	Acties onder thema 3: goed toegeruste deelnemers	70
4.4	Acties onder thema 4: geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem	74
4.5	Acties onder thema 5: planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem	82
5	Uitvoering van de agenda	88
5.1	Uitvoering als programma, met vier hoofdtaken	89
5.2	Governancestructuur van het programma	90
	Bijlage 1. Colofon	92
	Bijlage 2. Begrippen en afkortingen	94
	Bijlage 3. Toepassingsgebieden uit de analyse	97
	Bijlage 4. Beleidscontext van de actieagenda	100
	Bijlage 5. Eindnoten	102

1 Inleiding

Nederland werkt aan een energiesysteem dat duurzaam, betaalbaar en betrouwbaar is. Hernieuwbare bronnen zoals zon, wind en aardwarmte spelen hierin een sleutelrol. De overheid werkt hiervoor samen met bedrijven, netbeheerders, kennisinstellingen en maatschappelijke organisaties. In het Nationaal Plan Energiesysteem (NPE), gepubliceerd in december 2023, staat hoe het energiesysteem wordt ingericht en welke keuzes daarvoor nodig zijn. Het plan vormt de basis voor een klimaatneutraal energiesysteem.





1.1 Aanleiding en doelstelling van de actieagenda

Het NPE ziet digitalisering als essentieel voor het toekomstige energiesysteem. Het is urgent en belangrijk voor het halen van de klimaatdoelen en om economische redenen.¹ Digitalisering gaat niet alleen om de toepassing van digitale technologieën, maar ook om hoe publieke belangen kunnen worden versterkt of onder druk worden gezet. Maatschappelijk verantwoorde digitalisering maakt het energiesysteem slimmer en efficiënter, met aandacht voor betaalbaarheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid. Het tekstkader op deze pagina's geeft een mogelijke voorstelling van hoe zo'n gedigitaliseerd energiesysteem er in de toekomst uit zou kunnen zien.

Hoewel het NPE het belang van digitalisering benadrukt, is nog onduidelijk hoe dit in de praktijk moet worden georganiseerd. Er gebeurt al veel, maar het speelveld is versnipperd en een overkoepelend plan ontbreekt. Dat is niet zo gek. Er is sprake van twee grote transities die op elkaar inwerken: de energietransitie en digitalisering. Onbekend is nog hoe deze zich op de lange termijn ontwikkelen. Hoe zal bijvoorbeeld de omslag van een centraal naar een meer decentraal georiënteerd systeem precies verlopen? En welke rol gaat waterstof spelen, of warmte? Hoe ontwikkelen AI, edge computing en cloud computing zich, en wat betekent dat voor het energiesysteem van de toekomst? Veel is nog in beweging en dat maakt het maken van plannen moeilijk, maar ook noodzakelijk.

Tegen die achtergrond is deze actieagenda ontwikkeld. Het doel is om richting te geven aan de verdere digitalisering van het Nederlandse energiesysteem, op basis van de keuzes en publieke belangen uit het NPE. Deze eerste

versie brengt lopende initiatieven in kaart en formuleert acties om ze te versterken en versnellen, zonder in de uitwerking al helemaal volledig te zijn. De agenda zal de komende jaren worden geactualiseerd en aangevuld. De nadruk ligt nu nog op de eerstkomende jaren, in overeenstemming met de looptijd van het NPE dat in 2028 wordt herijkt. Zo worden acute problemen zoals netcongestie en de hoge kosten van het netwerk en concreet geadresseerd, terwijl potentieel disruptieve onderwerpen voor de langere termijn vooral nog aangestipt worden – als startpunt voor een latere uitwerking.

De agenda richt zich op alle partijen die betrokken zijn bij de digitalisering van het energiesysteem en wil hen helpen om koers te houden. Hij beschrijft daarom ook hoe de uitvoering en verdere ontwikkeling van de agenda gecoördineerd worden, en hoe het veld daarbij betrokken wordt. Zo maakt de agenda een begin met het samenstellen van een ecosysteem om digitale innovaties te stimuleren en knelpunten weg te nemen. De urgentie en het belang van het onderwerp vragen immers om een serieuze opvolging, en ontwikkelingen in het energie- en ICT-domein zullen leiden tot vervolgacties. Deze agenda is een startschot, en zet digitalisering van het energiesysteem op de kaart.

Het ministerie van Klimaat en Groene Groei heeft het maken van de agenda samen met TNO ter hand genomen en de acties zijn opgesteld in coproductie met een groot aantal partijen uit de energie- en ICT-sector. De colofon bevat de namen van de betrokkenen. Zij hebben met grote inzet bijgedragen aan de totstandkoming van de agenda.

Digitalisering als bouwsteen van het energiesysteem van morgen: een mogelijke toekomst

Digitale innovaties zoals energiemanagementsystemen, frequentie-ondersteunende batterijen en *peer-to-peer* energieplatforms met automatische afrekening veranderen fundamenteel hoe ons energiesysteem werkt. Uit een centraal systeem, met productie in handen van enkele grote aanbieders, en een grote rol voor nationale energieleveranciers, ontstaat geleidelijk een gedistribueerd en dynamisch systeem waarin ook miljoenen kleine bronnen en gebruikers realtime actief samenwerken. Mits goed toegepast, maakt digitalisering dit systeem slim, flexibel en zelflerend: het voorspelt, stuurt bij en optimaliseert voortdurend.

Deze transitie verandert ook hoe we naar de toekomst van het energiesysteem kijken. Wat in het huidige systeem nog als knelpunt wordt ervaren – zoals schaarste aan duurzaam aanbod, piekbelasting of beperkte transportcapaciteit – hoeft in een vergaand gedigitaliseerd en innovatief energiesysteem geen belemmering meer te zijn. Productie en verbruik hoeven niet langer gelijktijdig plaats te vinden, en transport over lange afstanden wordt minder noodzakelijk. Slimme technologieën maken het mogelijk om energie lokaal op te wekken, op te slaan, om te zetten of vraag tijdelijk uit te stellen. Zo ontstaat een systeem dat minder afhankelijk is van zware

infrastructuur en beter gebruikmaakt van wat er lokaal beschikbaar is.

Dit maakt ruimte voor oplossingen die in het oude, lineair georganiseerde systeem niet mogelijk waren. Daardoor kan er in de marktordening ook ruimte komen om fundamenteel andere dingen te doen dan voorheen: huishoudens worden actieve spelers op energiemarkten, bedrijven stemmen onderdelen van hun processen automatisch af op dynamische tarieven en netbelasting, en energiecoöperaties beheren collectieve batterijen of warmtenetten. Tegelijkertijd ontwikkelen software-aanbieders realtime platforms die al deze elementen met elkaar verbinden. Hiermee ontstaan nieuwe vormen van zeggenschap en democratisering van het energiesysteem. Digitalisering is ondersteunend aan het energiesysteem, maar ook de katalysator voor een nieuwe voorstelling van hoe het nieuwe energiesysteem kan functioneren.

Deze ontwikkelingen vinden plaats binnen een meerlaags systeem, waarin ook internationale koppelingen en bestaande marktrollen een belangrijke rol blijven spelen voor het waarborgen van leveringszekerheid en systeemintegratie. Tegelijkertijd kunnen door digitalisering ook marktrollen veranderen of verdwijnen, naarmate andere vormen van coördinatie, sturing en samenwerking ontstaan.

Wat in het huidige systeem nog als knelpunt wordt ervaren – zoals schaarste aan duurzaam aanbod, piekbelasting of beperkte transportcapaciteit – hoeft in een vergaand gedigitaliseerd en innovatief energiesysteem geen belemmering meer te zijn.



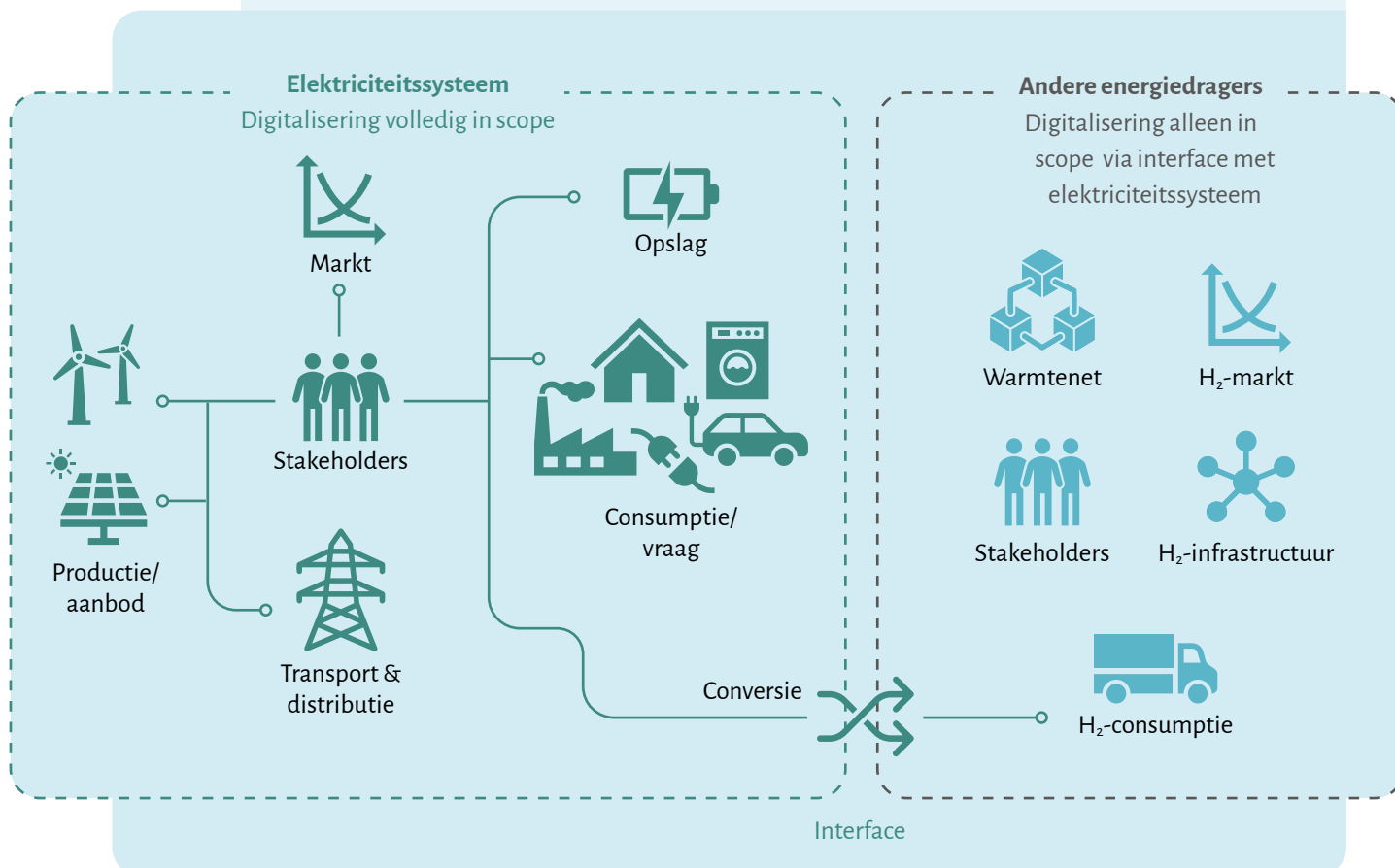
1.2 Afbakening tot het elektriciteitssysteem

Deze actieagenda richt zich in deze fase uitsluitend op het elektriciteitssysteem, zoals weergegeven in figuur 3. De acties in de agenda bestrijken alle ontwikkelfasen van dit systeem: van beleid, planning, ontwerp en voortgangsbewaking tot operationele aansturing en monitoring.² Daarbij gaat het om data, informatie, functionaliteiten, methoden en technieken. Generieke aspecten zoals datadeling, datakwaliteit, cybersecurity en beschikbaarheid en beheer van het systeem vallen binnen scope, alsook specifieke elementen zoals semantische interoperabiliteit, stuuralgoritmes, functionele eisen, systeemarchitectuur en de digitale infrastructuur zelf.

De beperking tot het elektriciteitssysteem was een praktische keuze om relatief snel tot een eerste

agenda te komen. De keuze is ook ingegeven door het sterk toenemende belang van elektriciteit binnen de energietransitie. Waar elektriciteit nu ongeveer 20% van de energiemix uitmaakt, voorziet het NPE dat dit oploopt tot 50 à 70% in 2050. Digitalisering biedt bovendien juist binnen het elektriciteitssysteem grote kansen. Denk aan realtime sturing, flexibiliteitsoplossingen en het op nieuwe manieren participeren van eindgebruikers. Hoewel koppelingen met het warmte-, waterstof- en koolstofsysteem waar relevant worden benoemd, valt de digitalisering van die systemen nu nog buiten de scope van deze agenda. In een latere versie kunnen ze worden toegevoegd.

Figuur 3: Digitalisering van elektriciteitssysteem en van de koppeling met andere energiedragers zijn in scope.



Tot slot, deze agenda richt zich op digitalisering van het elektriciteitssysteem. De verduurzaming van digitalisering zelf – denk bijvoorbeeld aan het energiegebruik van datacenters – valt hier buiten scope maar wordt behandeld in het Actieplan Duurzame Digitalisering van het ministerie van Economische Zaken.³ Ook keuzes over de herinrichting van het energiesysteem, zoals

tariefstructuren of marktmodellen, vallen buiten deze agenda.⁴ Zulke keuzes zijn politiek van aard en vragen om een bredere discussie. Deze agenda stuurt dus niet op één toekomstbeeld, maar zorgt ervoor dat – ongeacht de richting – het digitale fundament maatschappelijk verantwoord wordt ingericht.

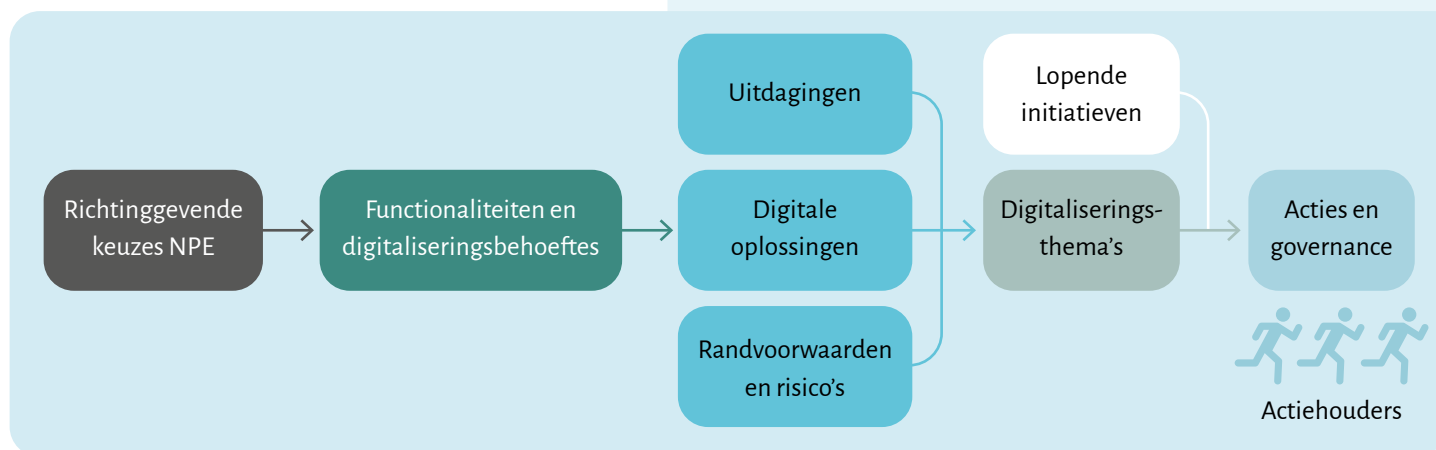


1.3 De methode: van NPE naar actieagenda

Voor het opstellen van deze agenda is het NPE als uitgangspunt genomen. Daarbij is in grote lijnen de aanpak uit figuur 4 gevolgd. Voor de vijf richtinggevende keuzes uit het NPE (zie paragraaf 2.3) is bekeken welke digitale functionaliteiten⁵ kunnen bijdragen aan het realiseren ervan. Zo ontstaat een beeld van de digitaliseringsbehoefte.⁶ In gesprekken met het

veld is besproken welke digitale oplossingen daarop aansluiten, en welke uitdagingen, randvoorwaarden en risico's daarbij horen. De resultaten van deze analyse zijn vertaald naar vijf centrale thema's (die in paragraaf 2.1 worden geïntroduceerd). Vervolgens is met betrokken partijen opgehaald welke acties nodig zijn om de digitale oplossingen te realiseren, en wie daar een rol in spelen.

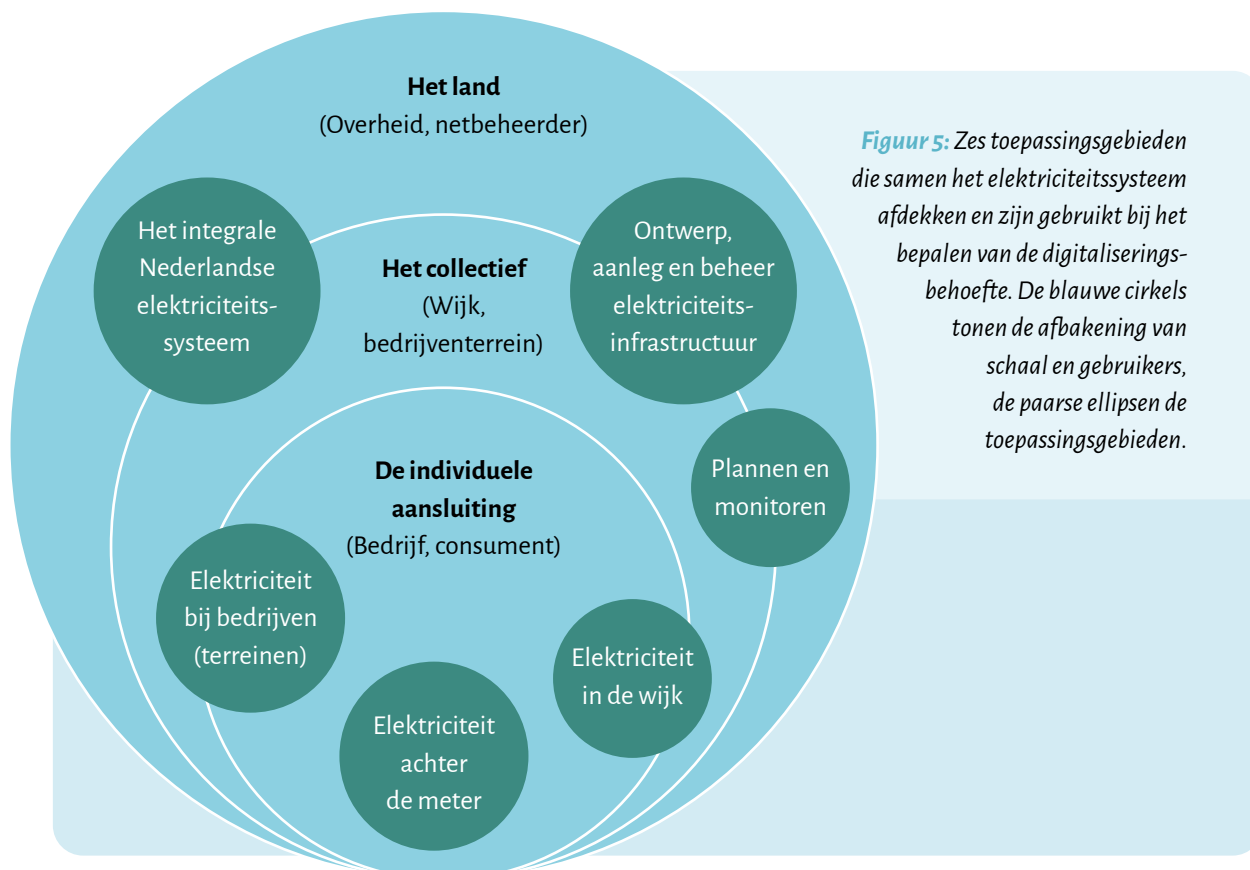
Figuur 4: De methode van NPE naar actieagenda.



De achterliggende gedachte bij deze aanpak is dat het digitale systeem een integraal onderdeel moet zijn van het plannen, ontwerpen en beheren van het elektriciteitssysteem. Om dat concreet te maken zijn zes toepassingsgebieden benoemd die samen het hele systeem afdekken. Ze boden houvast bij het bepalen van de digitaliseringsbehoefte en de bijbehorende uitdagingen, die

per schaalniveau (land, regio, aansluiting) en type gebruiker (individuele gebruiker, collectief, netbeheerder) verschillen. Figuur 5 laat zien welke toepassingsgebieden zijn gebruikt. De uitwerking ervan staat in Bijlage 3.

Naast de analyse per toepassingsgebied is ook gekeken naar het elektriciteitssysteem als geheel.



Digitalisering brengt namelijk overkoepelende uitdagingen en risico's met zich mee, die een gecoördineerde aanpak vragen. Er is risico op versnippering als partijen eigen oplossingen kiezen voor lokale problemen. Die oplossingen moeten uiteindelijk samenwerken als één groot IT-systeem. Daarom is een samenhangende aanpak nodig, met standaarden voor interoperabiliteit, duidelijke

richtlijnen en een referentiearchitectuur. Ook is het een uitdaging om de uitvoering van alle acties te waarborgen, omdat voortgang op de ene actie direct invloed kan hebben op andere. Het is daarom belangrijk dat bouwers, uitvoerders en gebruikers betrokken blijven bij de uitvoering. Dit benadrukt het belang van deze agenda en van een gezamenlijke aanpak.

1.4 Beleidscontext van de agenda

Deze actieagenda staat niet op zichzelf. Naast de koppeling met het NPE sluit de agenda aan op andere beleidsstukken, programma's en strategieën. Dit geldt zowel op nationaal als Europees niveau. De agenda bouwt bijvoorbeeld voort op het actieplan Digitalisering van het Energiesysteem, dat in oktober 2022 is gepubliceerd door de Europe-

se Commissie en de basis vormt voor toekomstige EU-uitvoeringsbesluiten op dit gebied.

Bijlage 4 bevat een overzicht van de belangrijkste beleidsdocumenten. De acties in deze agenda moeten in die context worden bekeken. Waar relevant, wordt de tekst verwezen naar deze beleidskaders



1.5 Leeswijzer en structuur van de agenda

Deze agenda is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 1 beschrijft de aanleiding, doelstelling, scope en context van de agenda, en de methode die is gevolgd voor het opstellen van de agenda.

Hoofdstuk 2 introduceert vijf koersbepalende thema's, die de rode draad vormen in deze agenda. Ze volgen uit een analyse van wat maatschappelijk verantwoord digitaliseren betekent binnen het (toekomstige) elektriciteitssysteem. De analyse begint met de publieke belangen en richtinggevende keuzes uit het NPE, maar ook actuele ontwikkelingen in het energiesysteem komen aan bod en worden gerelateerd aan de thema's.

Hoofdstuk 3 benoemt voor elk van de thema's concrete digitale oplossingen voor het elektriciteits-systeem, inclusief de bijbehorende uitdagingen, randvoorwaarden en risico's. Ter illustratie bevat het hoofdstuk een aantal praktijkvoorbeelden van digitalisering.

Hoofdstuk 4 bevat het actieplan. Dit is opgesteld met de partijen die betrokken waren bij het maken van deze agenda. De acties zijn geclusterd in actielijnen en geordend volgens de vijf thema's van deze agenda.

Hoofdstuk 5 beschrijft hoe uitvoering en onderhoud van de agenda in samenhang gecoördineerd en georganiseerd worden, en hoe het veld daarbij betrokken wordt.

De **bijlagen** bevatten onder andere een lijst van de begrippen en afkortingen in deze agenda.

Figuur 6 schetst de structuur van de agenda.

Digitalisering brengt overkoepelende uitdagingen en risico's met zich mee, die een gecoördineerde aanpak vragen.

Figuur 6: Structuur van de Actieagenda Digitalisering Energiesysteem.
De vijf koersbepalende thema's vormen een rode draad in deze agenda.

Hoofdstuk 1

Inleiding, met aanleiding, doelstelling, scope, methode en context van de agenda

Hoofdstuk 2

Vijf hoofdthema's voor de ADE, die volgen uit een analyse van de rol van digitalisering in het (toekomstige) elektriciteitssysteem

Hoofdstuk 3

Digitale oplossingen per thema, die volgen uit een analyse van zes toepassingsgebieden die samen het elektriciteitssysteem beschrijven

Hoofdstuk 4

Actielijnen en acties per thema, voor het op maatschappelijk verantwoorde wijze digitaliseren van het elektriciteitssysteem

THEMA 1

1 Inzicht in het elektriciteitssysteem

Twee

digitaliseringsoplossingen, met hun uitdagingen, randvoorwaarden en risico's

Twee

actielijnen, met samen acht acties

THEMA 2

2 Beter benutten van netwerkcapaciteit

Drie

digitaliseringsoplossingen, met hun uitdagingen, randvoorwaarden en risico's

Twee

actielijnen, met samen vijf acties

THEMA 3

3 Goed toegeruste deelnemers

Vijf

digitaliseringsoplossingen, met hun uitdagingen, randvoorwaarden en risico's

Twee

actielijnen, met samen drie acties

THEMA 4

4 Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

Twee

digitaliseringsoplossingen, met hun uitdagingen, randvoorwaarden en risico's

Drie

actielijnen, met samen zeven acties

THEMA 5

5 Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Vijf

digitaliseringsoplossingen, met hun uitdagingen, randvoorwaarden en risico's

Drie

actielijnen, met samen zes acties

Hoofdstuk 5

Uitvoering van de ADE, over hoe coördinatie, onderhoud en doorontwikkeling van de agenda worden georganiseerd

2

Digitalisering van het elektriciteitssysteem

Dit hoofdstuk gaat over de rol van maatschappelijk verantwoorde digitalisering in het elektriciteitssysteem, nu en in de toekomst. Eerst wordt uitgelegd wat met dat begrip wordt bedoeld. Daarna worden de vijf centrale thema's van deze agenda uitgewerkt. Vervolgens laat paragraaf 2.3 zien hoe de keuzes uit het NPE richting geven aan verantwoord digitaliseren. Daarna komen actuele vraagstukken in de energiesector aan bod en wordt verkend hoe digitalisering kan bijdragen aan oplossingen. Tot slot biedt paragraaf 2.5 een doorkijkje naar de kansen van digitalisering op de langere termijn.





2.1 Maatschappelijk verantwoord digitaliseren

Digitalisering is geen doel op zich, maar een middel. In deze agenda staat het in dienst van de energietransitie. In een samenleving waarin digitalisering steeds belangrijker wordt, is een digitaal sterk energiesysteem zelfs een voorwaarde voor het slagen van die transitie. Die transitie draait op haar beurt om publieke belangen zoals energie-onafhankelijkheid en verduurzaming. Maatschappelijk verantwoorde digitalisering betekent dat digitale toepassingen bijdragen aan die publieke belangen, zonder andere belangen te schaden.⁷ Het gaat dus om het verantwoord benutten van de kansen die digitalisering biedt. Met dat in gedachten worden hieronder de belangrijkste publieke belangen uit het NPE kort toegelicht en gekoppeld aan de digitalisering van het elektriciteitssysteem.

Betaalbaar en economisch krachtig

Elektriciteit moet betaalbaar blijven en de maatschappelijke kosten van het systeem moeten zo laag mogelijk zijn. Digitalisering helpt hierbij door meer inzicht te geven en systemen efficiënter aan te sturen. Zo kunnen infrastructuurkosten worden beperkt, zoals ook blijkt uit het interdepartementale beleidsonderzoek (IBO) over bekostiging.⁸ Digitale technologieën bieden daarnaast economische kansen. Het creëren van een gelijk speelveld voor alle deelnemers is een voorwaarde om deze kansen te verzilveren. Ook is waakzaamheid nodig voor afhankelijkheid van grote digitale dienstverleners. Digitale strategische autonomie is daarom belangrijk. Deze autonomie is bovendien essentieel om de democratische zeggenschap over de gedigitaliseerde energievoorziening te waarborgen.

Betrouwbaar en veilig

Leveringszekerheid, of beter gezegd energiezekerheid, is essentieel. Digitalisering maakt het mogelijk om sneller inzicht te krijgen in netbelasting en gericht onderhoud te plegen. Dat voorkomt storingen en verhoogt de veiligheid. Voorwaarde is wel dat digitale technologieën zelf betrouwbaar en veilig zijn. Cyberweerbaarheid, eigenaarschap van data en bescherming van privacy moeten goed geregeld zijn.

Duurzaam

Een klimaatneutraal elektriciteitssysteem vraagt om slimme integratie van duurzame bronnen. Digitale technologieën zijn hiervoor onmisbaar. Tegelijk moeten deze technologieën zelf ook duurzaam zijn, bijvoorbeeld in energieverbruik en materiaalgebruik. Dit wordt behandeld in het Actieplan Duurzame Digitalisering van het ministerie van Economische Zaken, dat in paragraaf 1.2 al werd aangehaald.

Rechtvaardig en participatief

Iedereen moet kunnen meedoen. Digitalisering kan helpen om verdelingsvraagstukken inzichtelijk te maken en participatie te bevorderen. Maar niet iedereen beschikt over dezelfde digitale vaardigheden. Oplossingen moeten daarom geschikt en toegankelijk zijn voor alle gebruikers, individueel of als collectief.

Ruimte en milieu

De energietransitie vraagt om ruimtelijke keuzes. Digitalisering kan helpen om data uit verschillende bronnen te combineren en ruimtelijke afwegingen beter te onderbouwen. Dat ondersteunt integrale besluitvorming, inpassing met andere energiedragers en draagt bij aan een leefbare omgeving. Digitalisering kan ook leiden tot efficiëntere combinaties van infrastructuur, waardoor minder ruimte nodig is. Aan de andere kant gebruikt digitalisering ook ruimte, denk aan datacentra.

Transparante afweging van belangen

Bij complexe besluiten kunnen belangen botsen. Digitalisering kan helpen om deze afwegingen inzichtelijk te maken. Dashboards, *digital twins* en open data kunnen daar een rol bij spelen.⁹ Tegelijk kunnen algoritmen besluitvorming ook ondoorzichtig maken, als niet helder is hoe belangen tegen elkaar afgewogen worden. Transparantie en uitlegbaarheid zijn daarom essentieel.

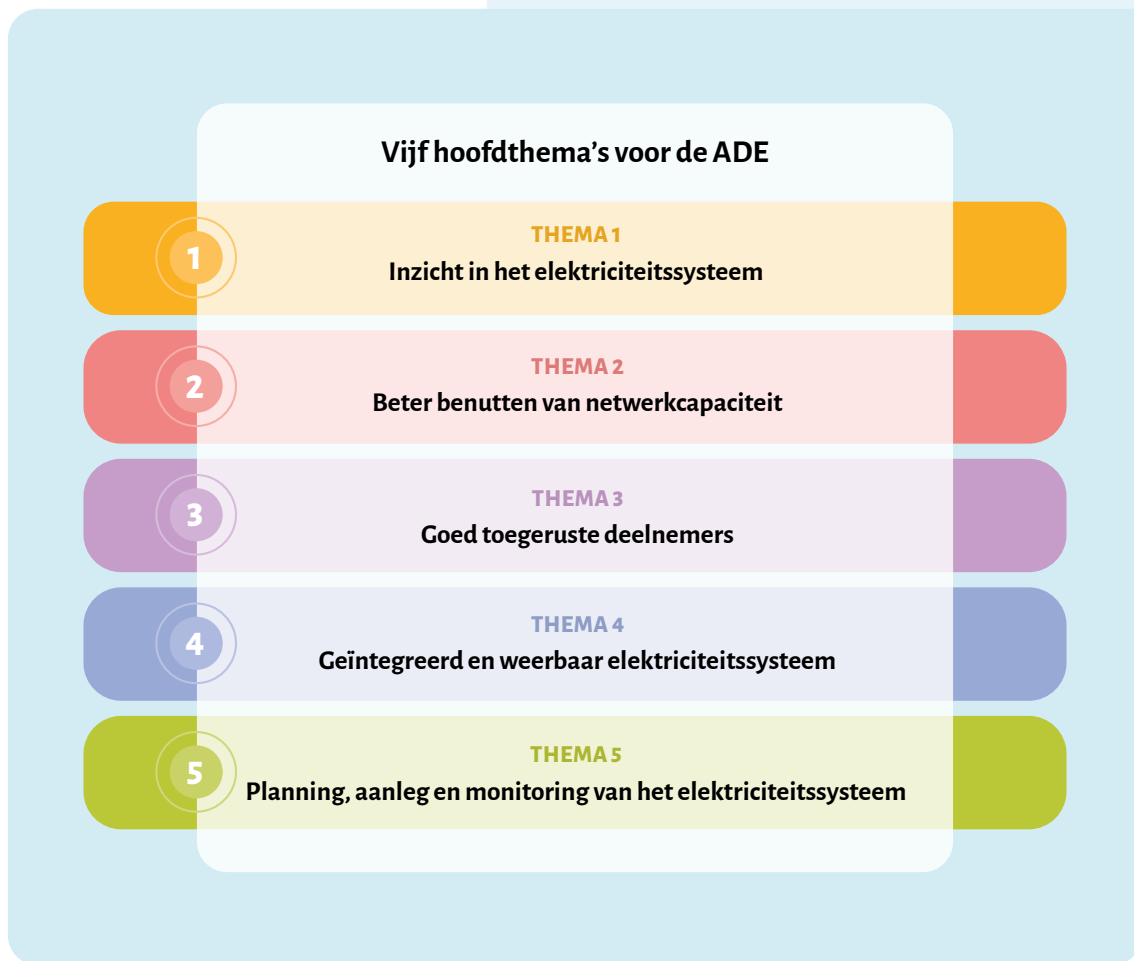


2.2 De vijf hoofdthema's van deze agenda

Deze agenda is gestructureerd volgens de vijf hoofdthema's van deze agenda en zoals weergegeven in figuur 7. Deze thema's zijn gebaseerd op de analyse in dit hoofdstuk en geven richting aan

waar digitalisering verschil maakt of kan maken. Ze zijn, met andere woorden, koersbepalend voor deze agenda. Hieronder worden ze toegelicht.

Figuur 7: De vijf hoofdthema's van deze agenda.



Het hebben van inzicht in het elektriciteitssysteem is de eerste stap naar effectieve digitalisering.

1

2.2.1 THEMA 1 | Inzicht in het elektriciteitssysteem

Het hebben van inzicht in het elektriciteitssysteem is de eerste stap naar effectieve digitalisering. Een deel van het systeem is nog niet of onvoldoende gedigitaliseerd. Daardoor ontbreekt zicht op wat er nu gebeurt of wat er in de toekomst te verwachten valt. Een belangrijk onderdeel is het inzichtelijk maken van de huidige status van het systeem.

Daarmee kunnen voorspellingen worden gedaan over onderhoud, systeemaanpassingen, beschikbare flexibiliteit en energiestromen. Hiervoor is het nodig om netwerken en onderdelen te bemeten en data te verzamelen. Dit helpt marktpartijen ook om beter aan te sluiten op de energiemarkten.

Data is ook nodig voor de planning, inrichting en monitoring van het systeem. Daarbij gaat het ook om informatie voor onderzoek naar effectief beleid. Hiervoor moet duidelijk zijn welke data nodig is en hoe die wordt omgezet in bruikbare informatie.

Beschikbare data moet toegankelijk en bruikbaar worden gemaakt. Dat betekent niet dat alle data zomaar gedeeld wordt. Er zijn duidelijke afspraken nodig over wie data verzamelt, wie toegang krijgt en onder welke voorwaarden. Daarbij gelden bestaande wettelijke kaders.

Eigenaarschap en datakwaliteit moeten dus goed geregeld zijn. Gevoelige informatie mag alleen beschikbaar zijn voor bevoegde partijen. Denk aan data over verbruik, opslag en opwek: die moet veilig, gestandaardiseerd en efficiënt beschikbaar zijn. Cruciaal is dat betrokkenen er vertrouwen in hebben dat goed met hun data wordt omgesprongen. Een deel van deze afspraken is vastgelegd in de nieuwe Energiewet, die op 1 januari 2026 in werking treedt. Op Europees niveau biedt de Data Act een overkoepelend kader met regels over eigendom, toegang en privacybescherming.¹⁰

2

2.2.2 THEMA 2 | Beter benutten van netwerkcapaciteit

In veel situaties moeten vraag en aanbod binnen de grenzen van de beschikbare netcapaciteit op elkaar worden afgestemd. Dit gebeurt op korte tijdschalen: uren, minuten of zelfs seconden. Het speelt bijvoorbeeld bij het aanpakken van netcongestie en bij het groeiende aandeel zon en wind in het systeem. Ook het beperken van infrastructuurkosten vraagt om slimme afstemming. Daarvoor is een verschuiving nodig van een centraal geregeld systeem naar een combinatie met decentrale sturing. Grootschalige opwek en lokaal afstemmen moeten daarbij samenkomen.

Digitalisering speelt hierin een sleutelrol. Het maakt het mogelijk om opwek en verbruik beter te voorspellen en af te stemmen. Dit vermindert piekbelasting en helpt het net efficiënter te benutten, waardoor de vraag naar netcapaciteit en investeringen in uitbreiding van de capaciteit kunnen worden gedempt. Verbruik dat gestuurd wordt door externe signalen,

zoals lokaal aanbod, elektriciteitsprijzen of netbelasting, maakt het systeem responsiever op variaties in zon- en windenergie. Door lokaal slim te sturen met opslag of andere energiedragers kan het net optimaal worden benut. Ook het op gunstige momenten uitwisselen tussen netvlakken wordt mogelijk.

Een belangrijke randvoorwaarde voor deze digitale aansturing is interoperabiliteit. Apparaten, systemen en platforms moeten gegevens kunnen uitwisselen en op elkaar reageren, ongeacht merk of leverancier. Standaardisatie is hierbij essentieel, omdat veel verschillende partijen actief zijn op het net. Transparantie is ook cruciaal. Digitale sturing verloopt vaak via algoritmen en geautomatiseerde processen. Die kunnen complex en ondoorzichtig zijn. Het moet duidelijk zijn hoe beslissingen tot stand komen. Controleerbaarheid is daarom een belangrijke voorwaarde voor een betrouwbaar energiesysteem.

3

2.2.3 THEMA 3 | Goed toegeruste deelnemers

Dit thema richt zich op het helpen van deelnemers bij het efficiënt en toekomstbestendig inrichten van hun energievoorziening. Daarnaast zorgt het ervoor dat zij met hun energieflexibiliteit kunnen bijdragen aan een goed werkend elektriciteits-systeem. Denk aan huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven zoals energiehub's of energiegemeenschappen. Digitale oplossingen kunnen hen helpen om inzicht te krijgen in energieverbruik en -opwek, energie te besparen, deel te nemen aan markten en te reageren op prijsprikkels. Het is belangrijk dat deze oplossingen aansluiten op de wensen en vaardigheden van alle gebruikers. Toegankelijkheid en gebruiksgemak staan daarbij centraal.

Daarnaast is bescherming tegen ongewenste effecten van digitalisering van belang. Gebruikers moeten controle houden over hun data en toegang tot energie hebben zonder dat hun privacy of andere rechten worden geschaad. Dat vraagt om duidelijke afspraken over eigenaarschap en toegang. Ook zijn maatregelen nodig tegen platformmacht, datamisbruik en cyberdreigingen. Digitale oplossingen moeten bovendien rekening houden met verschillen in digitale vaardigheden. Alleen dan kunnen alle deelnemers volwaardig meedoen.

4

2.2.4 THEMA 4 | Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

De energietransitie verandert het elektriciteits-systeem ingrijpend. Een van oudsher relatief overzichtelijk centraal geregeld systeem ontwikkelt zich snel tot een systeem waarin productie en consumptie op alle schaalniveaus plaatsvinden. Dit vraagt om een andere vorm van besturing: van een centraal naar gedistribueerd geregeld systeem. De aansturing van deze schaalniveaus moet goed op elkaar worden afgestemd, ook met de systemen in omliggende landen. Daarvoor zijn betere voorspellingen nodig en de mogelijkheid om snel elektriciteit en transportcapaciteit te verhandelen. Digitalisering speelt hierin al een belangrijke rol, maar er is ruimte voor verbetering. Dat is onderdeel van de acties binnen dit thema.

Het gebruik van digitale systemen brengt ook risico's met zich mee. Cyberweerbaarheid is essentieel voor een veilige en betrouwbare elektriciteitsvoorziening. Dat betekent bescherming tegen aanvallen én veerkracht bij incidenten. Een veerkrachtig systeem kan incidenten detecteren, erop reageren,

schade beperken, herstellen en ervan leren. Zo wordt het systeem minder kwetsbaar. Tegelijk is het belangrijk om ongewenste afhankelijkheden te voorkomen, bijvoorbeeld van buitenlandse cloud-diensten of dominante tech-bedrijven. Digitalisering moet het systeem versterken, niet verzwakken.

Betrouwbare digitale communicatie met vitale infrastructuur, zoals het elektriciteitsnet, is cruciaal. Een cyberaanval op een telecomnetwerk mag geen gevolgen hebben voor het elektriciteitssysteem, en andersom. Digitalisering kan ook helpen om sneller te zien waar en wanneer zich onverwachte gebeurtenissen voordoen, zoals het falen van een component of een fysieke aanval. Hoewel het voorkomen van incidenten vooropstaat, moet het systeem voorbereid zijn op verstoringen. Het moet blijven functioneren als het internet uitvalt. Sturing blijft nodig, onder andere door netbeheerders, om de veerkracht te vergroten en vitale processen in stand te houden.

2.2.5 THEMA 5 | Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Dit laatste thema gaat over de digitale middelen die nodig zijn voor de planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem. Digitalisering speelt ook hierbij een grote rol. Zo wordt het bijvoorbeeld steeds belangrijker om de inrichting van het elektriciteitssysteem te koppelen aan de ruimtelijke ordening van een regio. Energie en ruimte zijn niet meer los van elkaar te zien. Maatschappelijke opgaven moeten worden afgestemd op de mogelijkheden en beperkingen van het systeem, en andersom.

Om alle belanghebbenden samen te brengen is er behoefte aan gedeelde inzichten over ruimtelijke planning en planning van het elektriciteitssysteem. Hiervoor zijn planningsmodellen en een goede informatiebasis nodig die ondersteuning bieden op nationaal en regionaal niveau. Het bewaken van de voortgang van de inrichting vraagt om aanpassing van bestaande monitormethodieken, zoals de Klimaat- en Energieverkenning (KEV) van het PBL en de Monitor Leveringszekerheid van TenneT. Deze moeten meer in lijn gebracht worden met de behoefte om ruimtelijke inrichting en beleid van de regio's te koppelen aan nationale ambities. Digitale

oplossingen zoals scenariomodellen, visualisatietools en *digital twins* kunnen hierbij helpen. Ook kunnen effecten van beleid zichtbaar worden in de monitors, wat direct een stuurinstrument is voor beleidsvorming.

Datadeelplatforms zijn onmisbaar in dit proces. Ze dragen bij aan het ontwikkelen en verbeteren van het systeem. Digitalisering speelt ook een rol bij het versnellen en vereenvoudigen van aanlegprocessen, zoals vergunningverlening, ontwerp en uitvoering. Onderhoud kan efficiënter worden uitgevoerd doordat data inzicht geeft in de toestand van componenten, zodat op het juiste moment actie kan worden ondernomen.

Het gebruik van digitale middelen vraagt om nieuwe vaardigheden. Dat geldt voor gemeenten, netbeheerders, lokale initiatieven, uitvoerders en ontwikkelaars. Misschien is technologie niet de grootste uitdaging, maar de mens. Aandacht voor de menselijke kant is dan ook noodzakelijk om digitalisering op alle niveaus succesvol te laten zijn. Daarom is dit onderdeel van het thema.

Het gebruik van digitale middelen vraagt om nieuwe vaardigheden. Dat geldt voor gemeenten, netbeheerders, lokale initiatieven, uitvoerders en ontwikkelaars. Misschien is technologie niet de grootste uitdaging, maar de mens.



2.3 Bijdrage aan het realiseren van de hoofdkeuzes van het NPE

Vanuit de eerdergenoemde publieke belangen formuleert het NPE vijf hoofdkeuzes. Hieronder wordt uitgelegd hoe digitalisering bijdraagt aan

het invullen van deze keuzes. Tabel 2 laat zien hoe de keuzes samenhangen met de vijf thema's van deze agenda.

Tabel 2: Relatie tussen de vijf hoofdkeuzes uit het NPE en de thema's van de agenda.

Hoofdkeuze NPE	1	2	3	4	5
	THEMA 1 Inzicht in het elektriciteits-systeem	THEMA 2 Beter benutten van netwerk-capaciteit	THEMA 3 Goed toegeruste deelnemers	THEMA 4 Geïntegreerd en weerbaar systeem	THEMA 5 Planning, aanleg en monitoring
1. Maximaal aanbod	×	×		×	×
2. Energiebesparing	×		×		
3. Slim inzetten energie en infrastructuur	×	×	×	×	×
4. Internationale samenwerking				×	×
5. Samen sturen		×	×		×

Digitalisering maakt het mogelijk om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Daardoor kunnen grote hoeveelheden duurzame energie flexibel en betrouwbaar in het elektriciteitsnet worden opgenomen.

2.3.1 Hoofdkeuze 1: Maximaal aanbod

Digitalisering maakt het mogelijk om vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Daardoor kunnen grote hoeveelheden duurzame energie flexibel en betrouwbaar in het elektriciteitsnet worden opgenomen. Het systeem kan zo beter omgaan met de wisselvalligheid van zon en wind. Door data te verzamelen, te monitoren en te analyseren, ontstaat realtime inzicht in opwek, vraag, opslag en flexibiliteit. Dat helpt om het systeem in balans te houden en duurzame energie optimaal te benutten.

Digitalisering maakt snelle coördinatie en reactie op veranderingen mogelijk en is daarmee onmisbaar voor een veerkrachtig energie-

systeem. Tegelijk is een deel van het net nog beperkt gedigitaliseerd. Daardoor ontbreekt op sommige plekken zicht op de actuele belasting of terug levering. Ook zijn veel onderdelen, zoals transformatoren en lokale installaties, nog niet slim aan te sturen.

Digitalisering helpt ook bij het ontwikkelen en aanleggen van energie-infrastructuur. Denk aan digitale kaarten, voorspellingen van de vraag en analyses van knelpunten. Door die informatie te combineren in slimme toepassingen, wordt energieplanologie eenvoudiger en kunnen uitbreidingen van het net sneller worden gepland.

2.3.2 Hoofdkeuze 2: Energiebesparing

Digitalisering helpt bedrijven en huishoudens om energie te besparen. Door inzicht te geven in verbruik en processen te optimaliseren, wordt energie slimmer gebruikt. Apps tonen realtime verbruik en piekbelasting, waardoor gebruikers hun gedrag kunnen aanpassen. Slimme systemen gaan nog verder en sturen apparaten en processen automatisch aan. Dat maakt het energiegebruik efficiënter en verlaagt de kosten. In de industrie leidt dit tot slimmere productie en betere keuzes in energiedragers.

Het is wel belangrijk dat digitaal inzicht ook tot actie leidt. Betrokkenheid van burgers en bedrijven is daarbij onmisbaar. Zonder gedragsverandering blijft het effect beperkt. Tegelijk vraagt digitalisering aandacht voor privacy, toegankelijkheid en het voorkomen van zogenaamde *rebound*-effecten.¹¹ Als deze punten goed worden meegenomen, draagt digitalisering bij aan structurele en meetbare energiebesparing.

2.3.3 Hoofdkeuze 3: Slim inzetten energie en infrastructuur

Digitalisering helpt om het elektriciteitsverbruik beter af te stemmen op het beschikbare aanbod en de capaciteit van het net. Ook maakt digitalisering het mogelijk om de bestaande infrastructuur efficiënter te gebruiken. Door apparaten slim aan te sturen, kan het verbruik worden verschoven

naar momenten waarop er voldoende ruimte op het net is. Dat verlaagt de piekbelasting en spreidt het gebruik over de dag. Bij overbelasting kunnen opwekkers zoals zonnepanelen automatisch en deels worden uitgeschakeld, zodat het systeem stabiel blijft, ook bij een hoog aandeel hernieuwbare

energie. Ook maakt digitalisering sturing mogelijk op de gelijktijdigheid van lokale opwek en lokaal gebruik, waardoor de behoefte aan transport over het net afneemt.

Daarvoor is het belangrijk dat apparaten en installaties digitaal aanstuurbaar zijn. Ook moeten er

duidelijke afspraken zijn over wanneer en hoe die sturing plaatsvindt. Alleen dan draagt digitalisering veilig en effectief bij aan een flexibel en betrouwbaar elektriciteitssysteem.

2.3.4 Hoofdkeuze 4: Internationale samenwerking

Een Europees geïntegreerd elektriciteitsnet zorgt voor meer leveringszekerheid, lagere kosten en versnelt de overstap naar duurzame energie. Digitalisering helpt landen om het elektriciteitsstelsel beter samen te plannen. Dankzij uniforme datastandaarden en betere informatie-uitwisseling wordt duidelijk wat de gevolgen zijn van nationale keuzes. Dat is belangrijk in een stelsel waarin elektriciteit vrij over grenzen wordt verhandeld. Digitalisering maakt ook de markt efficiënter en ondersteunt grensoverschrijdend netbeheer. Samenwerking op het gebied van cyberweerbaarheid is nodig om grensoverschrijdende risico's te beheersen.

Op Europees niveau lopen al verschillende initiatieven. ENTSO-E en DSO Entity (de Europese verenigingen van Transmission System Operators (TSO's) resp. Distribution System Operators (DSO's)) hebben al jaren gezamenlijke digitaliseringssystemen in gebruik. Die maken grensoverschrijdende handel

mogelijk en zorgen voor coördinatie van de Europese netveiligheid. Deze systemen worden continu verbeterd om steeds meer energieproducten internationaal te kunnen aanbieden, verhandelen en afnemen. De genoemde Europese initiatieven geven richting, stimuleren en worden uiteindelijk verplicht.

Een ander voorbeeld is het EU-actieplan voor digitalisering van het energiesysteem uit 2022. Dat richt zich op datastandaarden, interoperabiliteit en cyberbeveiliging.¹² Ook het EU Grid-actieplan uit 2023 is belangrijk. Dat focust op versterking en digitalisering van netten en betere afstemming tussen lidstaten.¹³ Op het gebied van cyberweerbaarheid zijn er regels zoals de NIS2-richtlijn, de Cyber Resilience Act en de Network Code on Cybersecurity. Al deze plannen en regels zijn bedoeld om de digitale weerbaarheid van lidstaten en het Europese elektriciteitsnet te versterken.

2.3.5 Hoofdkeuze 5: Samen sturen

Met 'samen sturen' wordt bedoeld dat keuzes over het elektriciteitssysteem niet van bovenaf worden opgelegd, maar samen met overheden, burgers en bedrijven worden gemaakt. Digitalisering kan die samenwerking op verschillende manieren versterken. *Energietools* en beheersystemen helpen burgers en bedrijven om lokaal opgewekte stroom te delen en vraag, opslag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Dit gebeurt bijvoorbeeld in energie-

hubs en energiegemeenschappen. Ook bevordert digitalisering de samenwerking tussen overheden, netbeheerders, bedrijven en maatschappelijke organisaties. Door data en inzichten te delen ontstaat een gedeeld beeld en worden besluiten beter onderbouwd.

Digitale middelen maken het bovendien mogelijk om burgers en bedrijven actief te betrekken bij

keuzes, bijvoorbeeld via interactieve platforms of toegankelijke informatie. Tot slot helpen digitale toepassingen om de voortgang en impact van de

energietransitie zichtbaar te maken, op lokaal, regionaal en landelijk niveau.



2.4 Actuele uitdagingen in relatie tot deze agenda

Deze paragraaf beschrijft zeven actuele uitdagingen en trends in zowel het elektriciteitssysteem als het digitale domein. Ze hebben alle zeven invloed

op hoe digitalisering wordt ingezet. In tabel 3 is te zien hoe ze raken aan de vijf thema's van deze agenda.

Tabel 3: Relatie tussen de actuele uitdagingen uit deze paragraaf en de vijf thema's van deze agenda.

Actuele uitdagingen	1 THEMA 1 Inzicht in het elektriciteits-systeem	2 THEMA 2 Beter benutten van netwerk-capaciteit	3 THEMA 3 Goed toegeruste deelnemers	4 THEMA 4 Geïntegreerd en weerbaar systeem	5 THEMA 5 Planning, aanleg en monitoring
1. Netcongestie	×	×	×		×
2. Hoge kosten infrastructuur	×	×			×
3. De groeiende rol van 'decentraal'		×	×	×	
4. Geopolitieke spanningen en afhankelijkheden	×	×		×	
5. De macht van platformen			×	×	
6. Cyberweerbaarheid			×	×	
7. Kunstmatige intelligentie (AI)	×	×	×	×	×

2.4.1 Netcongestie

Netcongestie zal de komende jaren steeds meer invloed hebben op de Nederlandse economie. Het vertraagt belangrijke maatschappelijke doelen, zoals verduurzaming en woningbouw, en maakt het lastiger om klimaatdoelen te halen, zoals het terugdringen van de CO₂-uitstoot. Het aanpakken en voorkomen van netcongestie is daarom dé uitdaging binnen het elektriciteitssysteem. Om dit aan te pakken is het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) gestart.¹⁴ Dit programma bestaat uit drie actielijnen: 'Slimmer inzicht' (betere datage-dreven besluitvorming), 'Beter benutten' (slimmer gebruik van het bestaande net) en 'Sneller bouwen' (versnelling van netuitbreiding). Digitalisering speelt binnen al deze lijnen een grote rol. De uitvoering ervan ligt bij de LAN-organisatie.

Een actueel vraagstuk is of financiële prikkels kunnen helpen om netcongestie te verminderen. Denk aan nettarieven die afhankelijk zijn van tijd

of volume (zie ook beleidsoptie 3.1 uit het in paragraaf 2.1 aangehaalde IBO-rapport). Tot nu toe was dit technisch en wettelijk niet of lastig uitvoerbaar.¹⁵ Digitalisering kan hier verandering in brengen, door actuele netinformatie te combineren met gebruikersdata. Zo ontstaat de mogelijkheid om gericht te sturen op verbruik. Een alternatief is om elektriciteit zoveel mogelijk binnen het eigen netvlak te houden. Ook dat wordt mogelijk dankzij digitalisering. In Oostenrijk is bijvoorbeeld een tariefprikkel ingevoerd voor kleinverbruikers, om lokale opwek en gebruik beter op elkaar af te stemmen. Zulke maatregelen vragen om digitale ondersteuning, zowel in techniek als in dataverwerking.

Het LAN richt zich vooral op acties die snel resultaat opleveren. Dat is logisch gezien de urgentie van het probleem van netcongestie. Tegelijkertijd is het belangrijk om ook naar oplossingen voor de lange termijn te kijken. Dat komt verderop in dit hoofdstuk aan bod.

2.4.2 Hoge kosten infrastructuur

Door de groeiende vraag naar elektriciteit en de huidige netcongestie moet het elektriciteitsnet flink worden uitgebreid. Volgens het IBO gaat het tot 2040 om een investering van 108 miljard euro voor het net op land, en na 2040 loopt dit bedrag waarschijnlijk nog verder op.¹⁶ Deze kosten worden uiteindelijk verwerkt in de nettarieven. Digitalisering kan helpen om die kosten te beperken. Door het net slimmer te gebruiken en lokale opwek en verbruik beter op elkaar af te stemmen, neemt de druk op uitbreiding af. Flexibel elektriciteitsgebruik, aangestuurd via apps of een EMS, helpt pieken te verminderen. Verbruik kan worden verschoven naar momenten waarop er meer ruimte is op het net. Zowel kleine als grote verbruikers kunnen inspelen op prijs- en capaciteitsignalen. Zo wordt uitbreiding deels minder urgent. Toch blijft netverzwaring in veel gevallen nodig. Het is lastig om de besparing door digitalisering precies uit te drukken, maar het IBO laat zien dat alleen al

het inzetten van een HEMS in combinatie met slimme aanstuurbare apparaten bij kleinverbruikers kan zorgen voor 27% besparing op de aanlegkosten van het laagspanningsnet.¹⁷ Dat zijn flinke bedragen.

Digitalisering maakt het ook mogelijk om het net gecontroleerd zwaarder te belasten. Met realtime data over (thermische) belasting en capaciteit kunnen netbeheerders beter onderbouwde keuzes maken. Zo kunnen investeringen worden uitgesteld of beperkt. Ook op het gebied van energieplanologie biedt digitalisering kansen. Door betere datadeling tussen netbeheerders en overheden kan gericht worden gestuurd op waar opwek, opslag en verbruik plaatsvinden. Zo wordt schaarse netcapaciteit efficiënter benut en worden investeringen beter gepland. Daarnaast helpt digitalisering bij efficiënter onderhoud, waardoor niet alleen de investeringskosten, maar ook de onderhoudskosten van het net kunnen dalen.

2.4.3 De groeiende rol van ‘decentraal’

Decentrale oplossingen zijn onmisbaar voor de energietransitie. In een toekomstbestendig energiesysteem worden opwek, opslag en verbruik steeds vaker lokaal geregeld. Dat zorgt voor een efficiënter gebruik van het elektriciteitsnet. Veel van de benodigde flexibiliteit – zoals stuurbare opwek en afstembaar verbruik – komt uit dit decentrale systeem. Digitalisering helpt om die flexibiliteit beschikbaar te maken. Door lokaal vraag en aanbod op elkaar af te stemmen, is er minder transportcapaciteit nodig op hogere netvlakken. Zo helpt het decentrale systeem ook om netcongestie te verminderen.

Digitale technologie maakt het mogelijk om apparaten zoals omvormers, warmtepompen, laadpalen en thuisbatterijen te monitoren en aan te sturen. Zo ontstaat flexibiliteit achter de meter en wordt het net lokaal beter beheersbaar. In de kamerbrief over de decentrale ontwikkeling van het energiesysteem worden drie hoofdkeuzes genoemd. Hieronder staat hoe digitalisering daaraan bijdraagt.¹⁸

- **Hoofdkeuze A** - Op elk schaalniveau worden vraag en aanbod van energie zoveel mogelijk op elkaar afgestemd. Energiemanagementsystemen zorgen dat lokaal opgewekte energie direct wordt

benut, wat pieken verlaagt en transport over het net beperkt. Digitalisering maakt dit mogelijk, mits systemen goed samenwerken en beveiligd zijn. Ook financiële prikkels, zoals tijdsafhankelijke nettarieven, kunnen dankzij digitalisering helpen om netcongestie te verminderen.

- **Hoofdkeuze B** - Het energiesysteem krijgt per definitie gebiedsgericht vorm en wordt onderdeel van de ruimtelijke ordening. Digitale tools maken het mogelijk om scenario's door te rekenen en toekomstige knelpunten te voorspellen. Dit helpt gemeenten bij het maken van slimme keuzes voor de inrichting van wijken, bedrijven-terreinen en energiehubs. Voorwaarde is dat data uit verschillende bronnen beter ontsloten en gecombineerd wordt.
- **Hoofdkeuze C** - De energietransitie vraagt ook om sociaal-maatschappelijke regie. Digitalisering geeft gebruikers inzicht in hun energiegedrag en biedt handvatten om actief mee te doen. Denk aan apps, dashboards of buurtinitiatieven. Ook maakt digitalisering inspraak en besluitvorming transparanter, mits er rekening wordt gehouden met de wensen en digitale vaardigheden van gebruikers.

2.4.4 Geopolitieke spanningen en afhankelijkheden

De veranderende geopolitieke verhoudingen hebben ook hun weerslag op het elektriciteitsstelsel. Nederland en Europa zijn op energiegebied afhankelijk van het buitenland. Dat geldt vooral voor olie en gas, maar ook voor grondstoffen die nodig zijn voor hernieuwbare energietechnologieën. Hierdoor kan energie worden ingezet als geopolitiek drukmiddel. Ook kunnen conflicten elders, via toeleveringsketens, leiden tot hogere energieprijzen. Deze internationale afhankelijkheid maakt dit bij uitstek een Europese uitdaging.

Tegelijkertijd heeft Nederland hierin een eigen verantwoordelijkheid en belang. Dit benadrukt de noodzaak om in te zetten op strategische autonomie: minder afhankelijkheid van externe bronnen. Wat betreft energie zit het verschil in afhankelijkheid tussen fossiele brandstoffen vooral in de gebruiksduur; waar fossiele brandstoffen continu en permanent aangevoerd dienen te worden levert de import van technologieën zoals zonnepanelen voor de gehele gebruiksduur energie zekerheid. Dat betekent dus concreet: inzetten op meer gebruik van diverse hernieuw-

bare energietechnologieën. Digitalisering speelt een sleutelrol in die omschakeling.

Bij de inzet van digitale technologieën is het belangrijk om controle te houden over cruciale digitale capaciteiten. Dat is nu nog te weinig het geval: digitale soevereiniteit is een issue. Veel digitale diensten zijn in handen van grote, vaak buitenlandse, tech-bedrijven. Denk aan clouddiensten, software, telecommunicatie en hardware. Als deze diensten op grote schaal worden toegepast in het elektriciteitssysteem, ontstaat het risico dat ze als drukmiddel worden ingezet. Ook kunnen buitenlandse overheden via ‘achterdeurtjes’ toegang krijgen tot gevoelige informatie.

De huidige geopolitieke situatie brengt risico's met zich mee – zowel op energie- als op digitaal gebied. Volledige autonomie is echter niet realistisch. Het zelf ontwikkelen van digitale diensten vereist grote investeringen en is technisch complex. Europa en Nederland staan daarom voor een lastig dilemma: enerzijds versnelt het gebruik van bestaande digitale diensten de energietransitie, anderzijds ontstaan daarmee nieuwe afhankelijkheden. De vraag is in hoeverre we bereid zijn te investeren in strategische digitale autonomie. Deze actieagenda maakt die afweging niet, maar legt haar wel bloot. Dit gebeurt met name in thema 4.

2.4.5 De macht van platformen

Afhankelijkheid brengt niet alleen risico's met zich mee op geopolitiek of nationaal niveau, maar ook voor individuele gebruikers. Zelfs zonder inmenging van buitenlandse overheden kan het riskant zijn om te veel te leunen op een klein aantal leveranciers. Sommige bedrijven ontwerpen hun systemen zo dat alleen hun eigen producten met elkaar werken. Denk aan een elektrische auto die alleen samenwerkt met een thuisbatterij of omvormer van hetzelfde merk. Dit beperkt de keuzevrijheid en vergroot de kans op ongewenste marktmacht. Ook kunnen bedrijven zo dominant worden dat overstappen bijna onmogelijk is: een klassiek voorbeeld van *vendor lock-in*. Dit speelt niet alleen bij consumenten, maar ook bij grootverbruikers en netbeheerders. Het is belangrijk om te voorkomen dat infrastructuur die ooit bewust in publieke handen is gehouden, door grootschalige digitalisering alsnog afhankelijk wordt van commerciële partijen. Platformmacht en *lock-in* zijn dan ook ongewenst. Daarom worden ze ook benoemd in de Digital Markets Act, een Europese verordening die grote digitale platforms moet reguleren.¹⁹

De uitdaging is om de kracht van digitale technologie en de innovatiekracht van grote tech-bedrijven te benutten, zonder afhankelijk te worden van een beperkt aantal spelers. Deze actieagenda gaat hierop in binnen de thema's 3 en 4. Europese samenwerking is daarbij essentieel. Denk aan afspraken over interoperabiliteit, open standaarden, strategische ontwikkeling, open-source componenten, co-innovatie en transparantie. Die kunnen bijdragen aan een eerlijker en veerkrachtiger digitaal energiesysteem. Een belangrijk aandachtspunt is ook het vergroten van bewustwording rondom uitwisselbaarheid (*'interchangeability'*) van digitale energieproducten: de mogelijkheid om onderdelen te vervangen of combineren zonder vast te zitten aan één leverancier. Inzicht in hoe systemen zijn opgebouwd en welke mate van vervangbaarheid ze bieden, kan bedrijven en huishoudens helpen bij het maken van toekomstbestendige keuzes.

Naast het voorkomen van incidenten is veerkracht essentieel.
Want zelfs goed beveiligde systemen kunnen getroffen worden.
Het elektriciteitssysteem moet zo zijn ingericht dat de schade
beperkt blijft en dat er geleerd wordt van fouten.

2.4.6 Cyberweerbaarheid

De inzet van digitale technologie in het elektriciteits-systeem brengt nieuwe kwetsbaarheden met zich mee. Kwaadwillende aanvallen vormen een reëel risico. Volgens het jaarverslag 2024 van de MIVD nemen de cyberdreigingen in de energiesector toe.²⁰ Dat benadrukt de urgentie. Maar ook menselijke fouten kunnen grote gevolgen hebben. Denk aan het recente incident met CrowdStrike, waarbij een fout in een software-update wereldwijd 8,5 miljoen systemen platlegde.²¹ Zulke voorvallen laten zien dat ook onbedoelde fouten in de digitale keten grote impact kunnen hebben. Het is daarom belangrijk om zicht te krijgen op kwetsbare onderdelen in het systeem en maatregelen te nemen om die te beschermen.

Naast het voorkomen van incidenten is veerkracht essentieel. Want zelfs goed beveiligde systemen kunnen getroffen worden. Het elektriciteitssysteem moet zo zijn ingericht dat de schade beperkt blijft en dat er geleerd wordt van fouten. Die combinatie van preventie en herstelvermogen noemen we cyberweerbaarheid. Digitalisering biedt kansen voor lagere kosten en meer leveringszekerheid, maar vraagt ook om structurele borging van die weerbaarheid. In tegenstelling tot geopolitieke afhankelijkheden is dit geen keuze, maar een noodzaak. Daarom staat dit onderwerp centraal in thema 4 van de actieagenda.

2.4.7 Kunstmatige intelligentie

Kunstmatige intelligentie, of AI, ontwikkelt zich razendsnel. Dankzij vooruitgang in de informatica en de groei van rekenkracht en opslagcapaciteit versnelt deze trend. Dat biedt grote kansen. AI past binnen een bredere beweging waarin complexe modellen en algoritmen steeds vaker worden ingezet. In het publieke debat ligt de nadruk vaak op generatieve AI zoals ChatGPT, maar de toepassingen zijn veel breder. AI-modellen leren van grote hoeveelheden data, herkennen patronen en nemen

op basis daarvan beslissingen. Binnen het elektriciteitssysteem kunnen ze bijvoorbeeld helpen bij het voorspellen van vraag en aanbod, het doorrekenen van scenario's of het plannen van onderhoud. De mogelijkheden zijn dus groot. Zo zou AI de manier waarop het energiesysteem werkt wel eens kunnen veranderen.

Er zijn ook risico's. AI kan door bedrijven worden ingezet voor eigen doelen, wat ongewenste effecten

op het energiesysteem kan hebben. Zelfs als AI wenselijke doelen nastreeft, kunnen er onbedoelde bijeffecten zijn. AI kan ook met verkeerde data worden gevoed, bewust of onbewust, wat schade kan veroorzaken. Dit is zorgelijk voor een vitaal systeem als het energiesysteem. Beslissingen moeten uitlegbaar zijn om fouten te herstellen en vertrouwen te behouden. Ondoorzichtige keuzes kunnen tot

frustratie leiden. Het is moeilijk te controleren of een beslissing door kwaadwillenden is beïnvloed. Daarom zijn verantwoorde inzet van AI en cyberweerbaarheid nauw verbonden. De uitdaging is om AI-kansen te benutten zonder afhankelijk te worden van onbegrijpelijke systemen. Daarom groeit de aandacht voor *explainable AI* – kunstmatige intelligentie die uitlegbaar en controleerbaar is.²²



2.5 Doorkijkje naar een snel veranderende toekomst

Veel digitale ontwikkelingen richten zich nu op actuele knelpunten, zoals netcongestie. Tegelijkertijd staan we aan het begin van een periode waarin digitale technologie het energiesysteem ingrijpend zal veranderen. Apparaten van burgers en bedrijven – zoals omvormers, laadpalen, batterijen en warmtepompen – worden onderdeel van het systeem en wisselen actief informatie uit met marktpartijen en netbeheerders. Denk aan zelflerende algoritmes, omvormers die lokaal de netfrequentie stabiliseren, of software die realtime beslist over opslag en uitwisseling van energie. Om zulke innovaties de ruimte te geven, is een sterk ecosysteem nodig: een samenhangend geheel van partijen én randvoorwaarden – van bedrijven, kennisinstellingen en overheden tot wetgeving, standaarden en stimuleringsregelingen.

Tijdens bijeenkomsten zoals de driedaagse van Transform in mei 2025²³ worden toekomstscenario's verkend om beter zicht te krijgen op de richting en onzekerheden van het energiesysteem. Ook de Technology Radar van E.DSO (European Distribution System Operators) identificeert en analyseert trends en stimuleert innovatie.²⁴ Op basis daarvan kunnen *no-regret* maatregelen worden bepaald: acties die in elk toekomstbeeld waardevol zijn. Voor digitalisering gaat het dan bijvoorbeeld om het waarborgen van interoperabiliteit, het opzetten van open datastandaarden, het versterken van

cybersecurity en transparantie, en het vergroten van digitale expertise. De scenario's helpen om robuuste keuzes te maken onder onzekerheid, maar vragen om een bredere vertaling naar beleid en praktijk.

Ook het inrichten van testomgevingen is zo'n maatregel. Op verschillende plekken werken netbeheerders, bedrijven en universiteiten samen in energiehub's en regelvrije zones, zoals The Green Village op de campus van de TU Delft. Daar worden innovaties direct toegepast, met actieve betrokkenheid van ondernemers en gebruikers. Zulke proeftuinen laten zien wat werkt, hoe gedrag verandert en welke spelregels nodig zijn. Ze maken ook zichtbaar wat nog ontbreekt, zoals technische standaarden, beleidskaders of samenwerkingsvormen. Regelvrije zones functioneren vaak als *regulatory sandboxes*: experimenteerruimtes waarin tijdelijk wordt afgeweken van bestaande regels. Dat biedt ruimte voor innovatie én voor beleidsmakers om te leren en regels aan te passen. Proeftuinen leveren daarin waardevolle inzichten, mits er voldoende ruimte is om te leren én op te schalen.

Naast stapsgewijze vernieuwing dienen zich ook meer disruptieve technologieën aan die het energiesysteem fundamenteel kunnen veranderen. Denk aan *peer-to-peer* energiehandel, AI-gestuurde

netoptimalisatie, zelflerende algoritmes voor vraagrespons of blockchain-gebaseerde afrekenmodellen. Zulke toepassingen maken nieuwe vormen van samenwerking en waardecreatie mogelijk, vaak buiten de bestaande marktlogica om. Tegelijk vragen ze om structurele veranderingen: nieuwe marktmodellen, aangepaste wetgeving en andere vormen van governance. Denk aan processen waarin burgers en bedrijven actief meedoen aan capaciteitsplanning – een wezenlijk andere rolverdeling dan nu.

Dergelijke veranderingen kosten tijd, zeker als er nog verdeeldheid over bestaat of als de innovatie

nog onvoldoende wordt herkend. Disruptieve technologieën worden lang niet altijd als kans gezien. Een adaptieve aanpak – leren, testen, bijstellen en ruimte houden voor verandering – helpt om flexibel te blijven in een toekomst die zich niet lineair laat voorspellen. Instrumenten zoals de E.DSO Technology Radar zijn waardevol om dit soort opkomende technologieën vroegtijdig te signaleren en te verkennen in beleid, marktinrichting en netontwikkeling, en om via aanvullend onderzoek gericht bij te sturen.

Een adaptieve aanpak – leren, testen, bijstellen en ruimte houden voor verandering – helpt om flexibel te blijven in een toekomst die zich niet lineair laat voorspellen.



Digitale oplossingen per thema

In het vorige hoofdstuk kwamen de hoofdthema's van deze agenda aan bod. Dit hoofdstuk beschrijft de digitale oplossingen die bij elk thema horen. Deze oplossingen zijn bepaald aan de hand van verschillende perspectieven op het elektriciteitssysteem. De perspectieven zijn een combinatie van de schaalgrootte (aansluiting, gebied, land) en gebruikers (individueel, collectief, netbeheer). Meer uitleg hierover staat in Bijlage 3. Door vanuit deze perspectieven te denken, ontstaat een zo volledig mogelijk beeld van het elektriciteitssysteem. Figuur 8 geeft een overzicht van de digitale oplossingen per thema.



Figuur 8: Digitale oplossingen per thema.

Thema	Digitale oplossingen
1 THEMA 1 Inzicht in het elektriciteitssysteem	1A Bemeten van het elektriciteitssysteem 1B Gemeenschappelijk ecosysteem voor energiedata en -informatie
2 THEMA 2 Beter benutten van netwerkcapaciteit	2A Interoperabiliteit tussen apparaten en EMS'en 2B Monitoren van de actuele toestand van het systeem 2C Afstemmen gelijktijdige vraag en aanbod in de regio en op het bedrijventerrein
3 THEMA 3 Goed toegeruste deelnemers	3A Energieapplicaties 3B Coördinatie van flexibiliteit achter de meter met een EMS 3C Ondersteuning participatieproces 3D Ondersteuning van praktische zaken en (gezamenlijk) inzicht 3E Delen van kennis binnen de buurt
4 THEMA 4 Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem	4A Beter integreren congestiemarkten 4B Vereenvoudigen toegang tot elektriciteitsmarkten 4C Weerbaarheid door de inzet van digitalisering
5 THEMA 5 Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem	5A Gebiedsgerichte planning van het elektriciteitssysteem 5B Monitoringsmethodiek voor voortgang planning 5C Slimmer ontwerpen op basis van gebruiksprofielen 5D Verbetering van de informatievoorziening rondom aanlegprocessen en digitale ondersteuning van monteurs in het veld 5E Integratie van inzichten over arbeidscapaciteit rond planning- en aanlegprocessen



3.1 Digitale oplossingen voor **THEMA 1:** Inzicht in het elektriciteitssysteem

Digitale oplossing 1A

Bemeten van het elektriciteitssysteem

Het gaat hier om digitaal inzicht in energiestromen, de dynamische toestand van het net, de configuratie van het netwerk en van netwerkkassetten en de aangesloten apparatuur 'achter de meter'. Dit inzicht is cruciaal voor het effectiever en efficiënter aanleggen en gebruiken van de netwerkinfrastructuur. Het biedt ook ondersteuning voor het afroepen van congestie en het plannen van aanleg of verzwaring van netwerkcapaciteit. Het delen van deze inzichten maakt besluitvorming transparant en bevordert een participatief systeem.

De grootste uitdaging is dat er nog niet overal voldoende wordt gemeten. Dat geldt vooral voor de knooppunten bij laagspanning. Aansluitingen

worden wel bemeten met slimme meters, maar die data is niet altijd beschikbaar of bruikbaar. De in mei 2022 door de Autoriteit Persoonsgegevens (AP) goedgekeurde gedragscode slim netbeheer maakt het mogelijk slimme-meterdata te gebruiken voor monitoring en capaciteitsplanning van LS-netten. Inmiddels zijn 10 use cases operationeel.²⁵ Veel inzichten zijn echter nog niet beschikbaar voor de partijen voor wie dat van belang is.

Daarnaast wordt gewerkt aan de NEXTGen slimme meter. Hiermee kunnen gepersonaliseerde profielen per aansluiting worden gecreëerd voor marktpartijen, zodat zij beter kunnen voorspellen en nomineren.

Digitale oplossing 1B

Gemeenschappelijk ecosysteem voor energiedata en -informatie

Voor het plannen, inrichten, monitoren, beheren en vormgeven van beleid rond het elektriciteits-systeem is uiteenlopende data en informatie nodig. Het data- en informatie-ecosysteem moet zorgen dat de juiste gegevens beschikbaar zijn voor alle partijen die ze nodig hebben, onder de juiste voorwaarden. Daar kunnen ook authentieke modellen deel van uitmaken, die ruwe data omzetten in bruikbare informatie (zie ook thema 5 over planningsmodellen). Hiervoor is een stelsel van afspraken nodig dat vraag en aanbod van data bij elkaar brengt, rollen en verantwoordelijkheden vastlegt, inclusief rechten en plichten, en ondersteund wordt door een digitaal systeem dat deze afspraken uitvoert.

De grootste uitdaging ligt in het organiseren en beheren van vraag en aanbod van data. Er zijn al verschillende initiatieven voor het aanbieden van energiedata, zoals Het Normo, Netbeheer Nederland, VIVET en Energie.data. Ook bredere stelsels zoals de basisregistraties, de meerjarenvisie 'Zicht op Nederland' van het Beraad voor Geo-informatie, het DMI-ecosysteem en het Federatief Datastelsel van de overheid zijn relevant. Er is meer duidelijkheid nodig over welke data wanneer vereist is, welke data wettelijk beschikbaar moet zijn, waar deze te vinden is, waarvoor deze gebruikt mag worden, in welke vorm, waar de witte vlekken zitten en hoe de kwaliteit geborgd blijft. Dit vereist heldere afspraken.

3.1.1 Randvoorwaarden en risico's bij dit thema

Om digitale oplossingen goed te implementeren, moeten ze als volwaardig onderdeel van de energie-infrastructuur worden beschouwd, niet als aanvulling. Momenteel bevinden we ons in een transitieperiode. Digitale oplossingen worden vaak nog als aanvulling gezien bij het ontwerp of de aanleg van fysieke infrastructuur. Eerst wordt bijvoorbeeld een fysiek ontwerp gemaakt, daarna worden digitale sensoren geïnstalleerd of wordt nagedacht over de rol van digitale middelen. Balans tussen fysiek en digitaal ontwerpen is essentieel om de maximale potentie van digitale technologieën te benutten.

Privacy en eigendom van data zijn cruciaal, evenals het beveiligen van toegang tot deze data. Veel inzichten die ontstaan uit het verzamelen en verwerken van data zijn gevoelig. Dit kan gaan om privacygevoelige data, zoals slimme-meterdata (waarvoor in 2022 de 'Gedragscode Slim Netbeheer' is vastgesteld), of informatie over vitale infrastructuur die misbruikt kan worden om de robuustheid van het elektriciteitssysteem te ondermijnen, zoals netwerkinformatie (GIS-data in combinatie met

informatie over topologie). Het beschermen van privacy en eigenaarschap bij het gebruik en delen van data van gebruikers is een voorwaarde voor een rechtvaardig en betrouwbaar elektriciteitssysteem. Ook betaalbaarheid en duurzaamheid zijn randvoorwaarden: digitale ontwikkelingen gaan snel, en apparatuur veroudert snel. Het vervangen van bijvoorbeeld slimme meters is niet alleen kostbaar, maar ook slecht voor het milieu. De uitrol van de slimme meter wordt bovendien betaald met publieke gelden.

Bij het data-ecosysteem zijn de FAIR-principes van toepassing: vindbaar (Findable), toegankelijk (Accessible), interoperabel en herbruikbaar (Reusable). Aanvullend zijn traceerbaarheid, betrouwbaarheid, optelbaarheid en uniformiteit van belang. Randvoorwaardelijk is het beheer over deze datastructuur, waarbij rechten en plichten horen over toegang en gebruik. Data ligt niet bij één partij, maar komt uit meerdere bronnen, bestaand en nieuw. Privacy en security moeten worden gewaarborgd bij het opzetten van het systeem en voldoen aan wettelijke eisen.

Voorbeeld | **Starlings-pilot in Rotterdam**

In de Rotterdamse haven is een veelbelovende pilot gestart. Zes bedrijven en twee netbeheerders wisselen voor het eerst op grote schaal 'virtueel' energie- en nutsdata uit. Via een digitaal orkestratieplatform en een clusterenergiemanagementsysteem (CEMS) wordt getest hoe energieverbruik achter de meter kan worden geoptimaliseerd. Dit gebeurt bijvoorbeeld door restwarmte of stoom slim uit te wisselen. De commerciële waarde van deze uitwisseling wordt via een digitaal handelsplatform vastgesteld.

Deze aanpak, geïnspireerd op de wendbaarheid en synergie van spreekuizen, toont hoe digitalisering binnen industriële clusters kan leiden tot meer flexibiliteit, lagere kosten, minder CO₂-uitstoot en minder netcongestie. De pilot van 2 miljoen euro geldt als een vooruitstrevend voorbeeld van hoe digitalisering en data-uitwisseling een sleutelrol spelen in de industriële energietransitie. Resultaten worden in de herfst van 2025 verwacht.



3.2 Digitale oplossingen voor **THEMA 2:** Beter benutten van netwerkcapaciteit

Digitale oplossing 2A

Interoperabiliteit tussen apparaten en energiemanagementsystemen

Om de flexibiliteit van een apparaat te ontsluiten, is communicatie met het apparaat noodzakelijk, ook bij gebruik van apparaten van verschillende leveranciers. Bij veel apparaten is dit momenteel niet mogelijk. Waar dit wel of gedeeltelijk kan, is er een grote verscheidenheid aan oplossingen. Dit betekent dat EMS-ontwikkelaars veel tijd en kosten kwijt zijn aan het integreren van de flexibiliteit van apparaten in hun systemen, zonder garantie op interoperabiliteit. Dit vormt een belangrijke barrière bij het ontsluiten van flexibiliteit achter de meter.

De grootste uitdaging is het versnellen van de convergentie naar één enkele standaard of een

beperkte set standaarden. Deze standaarden moeten zorgen voor interoperabiliteit en tegelijkertijd ruimte bieden voor nieuwe energiemangement-innovaties en veilige communicatie. Er zijn verschillende Europese en mondiale standaarden beschikbaar, maar prikkels om deze daadwerkelijk in producten te integreren ontbreken vaak. Dit komt onder meer door het ontbreken van een stabiele langetermijnvisie op verdienmodellen en het gebrek aan EMS-partijen in het internationale speelveld van standaardisatie en regulering.

Digitale oplossing 2B

Monitoren van de actuele toestand van het systeem

Netbeheerders kunnen meten of voorspellen hoeveel capaciteit op elk moment nog gebruikt kan worden zonder veiligheidsmarges te overschrijden, en wanneer een aanpassing nodig is (aanstuurbare apparaten, *condition/predictive based maintenance*). Slimmer management van elektriciteitsinfrastructuur zorgt ervoor dat meer vermogen kan worden aangesloten op bestaande netwerken en dat de beschikbare netwerkcapaciteit beter benut wordt

(hogere gemiddelde benuttingsgraad). Dit vermindert de noodzaak voor investeringen in infrastructuur en beperkt knelpunten in economische en duurzame ontwikkelingen.

De grootste uitdaging is het beperkte inzicht in de actuele toestand van het net, de componenten van het systeem en de energiestromen.

De grootste uitdaging is het versnellen van de convergentie naar één enkele standaard of een beperkte set standaarden.

Voorbeeld | Upgrade van *control rooms* bij netbeheerders

Netbeheerders in Nederland moderniseren hun *control rooms* om het groeiend aantal decentrale bronnen, batterijen en flexibele gebruikers veilig en efficiënt te integreren in een hybride energiesysteem. De nieuwe generatie *control rooms* maakt gebruik van realtime datastromen, AI-ondersteunde besluitvorming en digitale sturing van decentraal vermogen. Slimmere, datagedreven en adaptieve *control rooms* kunnen het net dichter bij de fysieke grens gebruiken, met meer veiligheid en flexibiliteit.

Een voorbeeld uit Noorwegen en Zweden toont aan dat met een datagedreven monitoring- en beslissingssysteem 600 MW extra transportcapaciteit op kritieke verbindingen kon worden vrijgemaakt zonder fysieke netverzwaring.

In Nederland blijft dit potentieel vaak onderbenut door handmatige processen en verouderde tools.

Digitale Oplossing 2C

Afstemmen gelijktijdige vraag en aanbod in de regio en op het bedrijventerrein

Een goede afstemming tussen vraag en aanbod van elektriciteit op wijk- en bedrijventerreinniveau helpt om pieken te voorkomen, het energienet efficiënt te gebruiken en ruimte te maken op het bestaande net. Dit gebeurt door huishoudens en bedrijven hun elektriciteitsverbruik en -opwekking op elkaar te laten afstemmen, gezamenlijk opslag te gebruiken en afspraken te maken over wanneer elektrische apparaten of voertuigen worden ingeschakeld. Het Local4local-programma van Energie Samen is hier een voorbeeld van. Het groeiende potentieel aan flexibele apparaten, zoals thuis- of buurtbatterijen, slim laden en bi-directioneel laden, maakt het steeds waardevoller en haalbaarder om vraag en aanbod slim op elkaar af te stemmen.

De grootste uitdagingen zijn vergelijkbaar met die van oplossing 2A en 2B: apparaten hebben geen gestandaardiseerde communicatiemogelijkheid. Daarnaast ontbreekt het aan een bruikbare

architectuur en wettelijke randvoorwaarden voor dergelijke slimme systemen. Het gebrek aan data van bijvoorbeeld het lokale elektriciteitsnetwerk speelt een rol, evenals de beschikbaarheid en de voorwaarden waaronder deze data gebruikt mag worden (zie ook thema 1). Voor grootverbruikers die willen samenwerken in een energiehub worden de voorwaarden nu deels geregeld in het GTO.²⁶ Het blijft echter een uitdaging om deze voorwaarden passend en aantrekkelijk te maken voor bedrijven. Daarnaast zijn er momenteel weinig *incentives* voor gebruikers om te investeren in slimme apparaten en EMS-systemen. Een aanvullende uitdaging is dat er momenten kunnen zijn waarop er in een regio of bedrijventerrein te weinig flexibiliteit beschikbaar is om netwerkproblemen te voorkomen. In dat geval is het belangrijk dat de netbeheerder direct digitaal kan bijsturen om het overschot aan vraag of aanbod te verminderen en uitval te voorkomen.

Voorbeeld | **GridShield**

Het GridShield-project richt zich op het ontwikkelen van een robuuste *fallback*-strategie voor het elektriciteitsnet. Dit is gericht op veilig schakelen en beperken van de belasting wanneer het systeem dreigt te worden overschreden.

In een praktijkcasus met een installatiebedrijf bleek dat zonder dergelijke *fallback*-functionaliteit de aansluiting al snel boven de contractwaarde uitkomt, met alle risico's van dien.

Het project combineert realtime monitoring, data-analyse en slimme sturing van lokale

installaties zoals gebouwbeheer- en laad-systemen. Dit maakt het mogelijk om bij uitval van communicatie of centrale aansturing nog steeds lokaal correct te reageren – een cruciaal aspect van digitale weerbaarheid. De whitepapers van GridShield geven bovendien inzicht in praktische belemmeringen bij de implementatie van sturingssoftware en de afstemming met netbeheer en contractafspraken.²⁷

3.2.1 Randvoorwaarden en risico's bij dit thema

Het gebruik van slimme energiebeheeroplossingen en het actiever sturen op netwerkcapaciteit brengt hogere risico's op overbelasting met zich mee, omdat meer aansluitcapaciteit zal worden toegestaan op het net. Dit vereist een robuuste digitale infrastructuur met transparante operationele aansturing en adequate cybersecurity en mogelijk ook aanpassingen in regulering. Standaardisatie van data-uitwisseling en goed inzicht in de toestand van de netwerkinfrastructuur zijn hierbij essentieel.

Een belangrijke randvoorwaarde voor goede afstemming is het gebruik van gestandaardiseerde en breed geaccepteerde protocollen voor communicatie tussen slimme apparaten en EMS-systemen. De IT-component van apparaten wordt steeds belangrijker, bijvoorbeeld wanneer ze flexibiliteit leveren. Dit stelt eisen aan de IT-ondersteuning van een apparaat, ook als de fabrikant failliet gaat. Als Europese coördinatie ontbreekt, kunnen nationale oplossingen nodig zijn. Tegelijk blijft afstemming op Europees niveau belangrijk.

Bij het coördineren van elektriciteitsstromen zullen de systemen grote vermogens aansturen. Dat kan flink doorwerken op het lokale energienet.

Zonder duidelijke eisen aan de coördinatie kunnen er serieuze systeemrisico's ontstaan. Steeds meer partijen – van energiehubs tot mkb'ers, bedrijvenscoöperaties en energiegemeenschappen van burgers – gaan dergelijke systemen toepassen. Niet al deze spelers beschikken over voldoende kennis van IT, dataveiligheid of systeemintegratie. Daardoor is er niet altijd professionele kennis aanwezig over IT of dataveiligheid. De kans bestaat dan dat gekozen wordt voor digitale systemen die niet robuust, schaalbaar of veilig genoeg zijn. Dit risico kan worden verkleind met professionele ondersteuning, certificering, duidelijke standaarden en toegankelijke richtlijnen.

Er is ook een risico op platformmacht en afhankelijkheid van leveranciers van apparaten en ICT. De digitalisering die nodig is voor deze oplossingen is niet voor iedereen vanzelfsprekend. Het vraagt om investeringen en enige technische kennis of ondersteuning. Tegelijk moet er ruimte blijven voor buurtbewoners om niet mee te doen. Zonder goede ondersteuning dreigt bovendien dat elk initiatief – en dat kunnen er duizenden zijn – zelf moet uitzoeken hoe de digitalisering geregeld moet worden.

Voorbeeld | **Balanswijk/Merwede (Utrecht)**

In het Utrechtse nieuwbouwgebied Merwede/Balanswijk slaan grote verbruikers, waaronder het warmtebedrijf, de handen ineen omdat zij individueel geen netaansluiting meer kunnen krijgen. Via onderlinge afstemming en een groepstransportcontract (GTO) werken zij samen binnen een afgesproken vermogensbudget.

Deze samenwerking tussen grootverbruikers in woonwijken versnelt de ontwikkeling van energie-hubs in de gebouwde omgeving. Waar bedrijven-terreinen vaak nog kunnen uitwijken of wachten, hebben projectontwikkelaars in nieuwbouwwijken geen keus: zonder aansluiting geen woningbouw,

en zonder collectieve aansluiting geen grootverbruik. Dit leidt tot innovatieve vormen van afstemming, data-uitwisseling en gezamenlijke sturing. Dit vraagt om digitale platformen, slimme allocatie van vermogen en nieuwe net-codes, zeker als straks ook kleinverbruikers met wachttijden te maken krijgen.

Merwede laat zien hoe digitalisering en samenwerking tussen gebruikers, netbeheerder en warmtebedrijf leiden tot nieuwe institutionele en technische oplossingen die niet alleen energie-efficiënt zijn, maar ook maatschappelijk noodzakelijk.



3.3 Digitale oplossingen voor **THEMA 3:** Goed toegeruste deelnemers

Oplossingen onder thema 3 richten zich op digitalisering die consumenten en bedrijven helpt hun energievoorziening efficiënter en duurzamer in te richten. Daarnaast zorgt het ervoor dat zij actief kunnen deelnemen aan het elektriciteits-

systeem en met hun energieflexibiliteit het systeem kunnen ondersteunen. In deze actieagenda beperkt dit zich tot de rol van digitalisering, in de wetenschap dat er meer nodig is om deelnemers goed toe te rusten.

Digitale oplossing 3A

Energieapplicaties

Er zijn diverse energieapplicaties die deelnemers in het elektriciteitssysteem ondersteunen. Denk aan apps voor energiebesparing bij huishoudens en bedrijven, tools voor collectieve verduurzaming, toepassingen binnen EMS-systemen en apps die bijdragen aan besluitvorming in energiegemeenschappen. Een energiebesparingsapp

helpt gebruikers hun verbruik beter te begrijpen, apparaten automatisch aan te sturen en te reageren op prijsprikkels. Zo krijgen mensen meer grip op hun energiegebruik en wordt deelname aan het energiesysteem eenvoudiger. Een ander voorbeeld is Buurtnet, een pilot-app van regionale netbeheerders. Deze app laat bewoners zien hoe zwaar

het elektriciteitsnet in hun wijk wordt belast en geeft advies over het beste moment om energie-intensieve apparaten te gebruiken. Zo helpt de app overbelasting te voorkomen en duurzame energie beter te benutten.

De grootste uitdaging ligt in het afstemmen van energieapplicaties op de behoeften en vaardigheden van alle gebruikers, niet alleen op voorlopers en enthousiastelingen. Veel mensen vinden energie ingewikkeld of hebben weinig tijd en digitale

ervaring. Een app moet daarom intuïtief, laagdrempelig en motiverend zijn. Alleen als een applicatie goed aansluit op het dagelijks leven, wordt deze echt gebruikt en draagt deze bij aan energiebesparing en verlichting van het systeem. Digitale oplossingen worden soms te technisch gedreven ontwikkeld, waardoor de gebruiker uit het oog raakt. Daarom is het belangrijk om goed te volgen wat wel en niet werkt, en ervaringen – positief en negatief – actief op te halen en te delen. Hiervoor is een probleemeigenaar nodig.

Digitale oplossing 3B

Coördinatie van flexibiliteit achter de meter met een EMS

Wanneer achter de meter meerdere slimme apparaten actief zijn, is coördinatie noodzakelijk. Dit geldt vooral voor vier apparaten met hoog vermogen: de omvormer van zonnepanelen, thuisbatterij, laadpaal en warmtepomp of airco. Op korte termijn blijft de impact beperkt, omdat het aantal slimme apparaten nog laag is en de mogelijkheden voor flexibiliteit beperkt zijn. Op langere termijn kunnen echter ongewenste effecten ontstaan. Als apparaten zelfstandig optimaliseren op dynamische energietarieven, kan dat leiden tot inefficiënt gebruik van netwerkcapaciteit. Het EMS-systeem kan hier een centrale rol spelen als koppelvlak tussen de regionale netbeheerder en de gebruiker voor het benutten van flexibiliteit.

De grootste uitdagingen zijn het gebrek aan kennis over energiemanagementsystemen en de onduidelijkheid over hun meerwaarde voor gebruikers. Installateurs moeten goed advies kunnen geven over installatie en gebruik en dat vereist (nieuwe) digitale *skills*. Investeren in een EMS vraagt om duidelijkheid over het verdienmodel. Het verdwijnen van saldering en de komst van dynamische tarieven maken EMS'en wel aantrekkelijker, maar dat zal niet genoeg zijn om consumenten te overtuigen. Een goed portfolio aan flexdiensten ontbreekt hier nog. In een whitepaper over de cyberveerbaarheid van EMS'en heeft de Topsector Energie hiervoor een aantal aanbevelingen op een rij gezet.²⁸

Digitale oplossing 3C

Ondersteuning participatieproces

Op lokaal niveau kunnen bewoners, bedrijven en organisaties samenwerken in energie-gemeenschappen binnen hun wijk. Daarbij stemmen zij plannen af, nemen ze besluiten en delen ze ervaringen om samen tot effectieve en gedragen oplossingen te komen. Door digitale middelen te gebruiken in het participatieproces ontstaat een breder draagvlak. Dit versterkt de democratische legitimiteit van de besluiten.

De uitdagingen bij digitale oplossingen 3C, 3D en 3E draaien om vertrouwen, privacy, kennis en verdienmodellen. Digitale participatie-instrumenten moeten eenvoudig en betrouwbaar zijn. Onduidelijke interfaces of onduidelijkheid over hoe input wordt verwerkt, kunnen leiden tot wantrouwen en minder betrokkenheid. Platforms voor participatie, organisatie en kennisdeling verwerken persoonsgegevens en soms gevoelige informatie. Zonder

goede beveiliging en dataminimalisatie ontstaan risico's op privacy schending of datalekken.

Veel energiegemeenschappen draaien op vrijwilligers en missen structurele middelen voor het uitbesteden van beheer, onderhoud en updates van de digitale systemen bij de aanbieders ervan. Ook is er maar beperkt sprake van kennisuitwisseling ten aanzien van het inkopen van deze ondersteuning en het afsluiten van onderhoudscontracten.

Daardoor neemt het risico op verouderde of slecht werkende toepassingen toe. Veel digitale oplossingen hebben bovendien geen helder verdienmodel. Zonder structurele financiering of ondersteuning zijn ze lastig op te zetten en in stand te houden. Hierdoor kunnen initiatieven stilvallen zodra subsidies stoppen, of ontstaat afhankelijkheid van commerciële partijen met minder oog voor publieke belangen.

Digitale oplossing 3D

Ondersteuning van praktische zaken en (gezamenlijk) inzicht

Voor de dagelijkse organisatie (bij bijvoorbeeld een energiecoöperatie) bieden digitale systemen ondersteuning bij ledenbeheer, facturatie en onderlinge communicatie. Daarnaast maken inzichtelijke dashboards het mogelijk om individueel of als buurt gezamenlijk het energieverbruik en de inzet van energieflexibiliteit te monitoren, waardoor

bewoners individueel of gezamenlijk beter kunnen sturen op energiebesparing en duurzaam gedrag. Dit creëert bewustzijn en bevordert onderlinge samenwerking voor collectief energiegebruik.

De uitdagingen staan genoemd onder oplossing 3C.

Digitale oplossing 3E

Delen van kennis binnen de buurt

Digitale platforms kunnen dienen als centrale hubs voor kennisdeling binnen de gemeenschap. Het gaat bijvoorbeeld om het delen van informatie over verduurzamingsmaatregelen zoals isolatie, installatie van zonnepanelen, kosten en uitvoerders. Daarnaast kunnen deze platforms informatie bieden over lopende initiatieven en mogelijkheden voor collectieve acties binnen de buurt. Naast

kennisdeling binnen de buurt kunnen platforms ook op landelijke schaal een rol spelen in de informatievoorziening over digitalisering voor de energietransitie.

De uitdagingen staan genoemd onder oplossing 3C.

3.3.1 Randvoorwaarden en risico's bij dit thema

Om digitale toepassingen echt te laten werken voor energiegemeenschappen, huishoudens en bedrijven, moeten ze goed aansluiten bij wat bewoners en lokale ondernemers nodig hebben

en herkennen. Er is ook een risico dat mensen wel worden geraadpleegd, maar dat hun inbreng uiteindelijk niets verandert. Dat kan leiden tot schijninvloed.

Niet iedereen heeft dezelfde digitale vaardigheden. Daardoor kunnen sommige mensen buitengesloten raken of moeite hebben met het gebruik van digitale middelen. De benodigde technologie is vaak niet zomaar beschikbaar voor iedereen. Er zijn kosten aan verbonden en gebruikers hebben soms technische kennis of hulp nodig. Dat moet goed geregeld worden, zodat er geen kloof ontstaat tussen mensen die wel of niet mee kunnen (of willen) doen met digitaliseringsinitiatieven.

Voor oplossingen binnen dit thema, waarbij deelnemers het energiesysteem ondersteunen door

energieflexibiliteit in te zetten, is data van huishoudens en bedrijven nodig. Die data moet beschikbaar zijn, maar ook veilig en zorgvuldig worden gedeeld. Het is belangrijk om rekening te houden met wie eigenaar is van de data en met de privacy van betrokkenen. Er is ook een risico dat één partij te veel macht krijgt, bijvoorbeeld bij gezamenlijke inkoopacties. Die kunnen leiden tot vendor lock-in, ofwel een situatie waarbij een afhankelijkheid ontstaat van de software of hardware van één aanbieder. Daarom is het belangrijk om regels af te spreken en te werken met open standaarden en duidelijke afspraken.



3.4 Digitale oplossingen voor **THEMA 4:** Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

Digitale oplossing 4A

Beter integreren congestiemarkten

De rollen en verantwoordelijkheden op de elektriciteitsmarkt zijn duidelijk vastgelegd. Voor afgeleide markten, zoals congestiemarkten, is dat minder vanzelfsprekend. Daar is vaak onduidelijk wie welke rol vervult. Deze markten lopen dwars door bestaande verantwoordelijkheden heen, wat coördinatie lastig maakt. Zo kan het oplossen van congestie op de ene plek juist elders nieuwe problemen veroorzaken. Het moet daarom helder zijn wat een actie op de ene markt betekent voor een andere. De platforms waarop deze markten draaien zijn meestal al digitaal ingericht, maar moeten nog met elkaar worden verbonden. Een voorbeeld is GOPACS²⁹, een digitaal platform dat

netbeheerders gebruiken om congestie aan te pakken via ondersteunende diensten.

De grootste uitdagingen voor de oplossingen 4A en 4B zijn driedig. De handelsmarkten voor elektriciteit wisselen te weinig informatie uit, waardoor deze niet optimaal functioneren. Daarnaast zijn de toetredingsdrempels hoog, wat het voor kleinere spelers lastig maakt om hun flexibele duurzame capaciteit in te zetten. Tot slot is het belangrijk dat de markt goed werkt en dat prijsvorming eerlijk verloopt, zonder machtsmisbruik of strategisch gedrag zoals gaming.

Het is belangrijk dat prijsvorming eerlijk verloopt

Digitale oplossing 4B

Vereenvoudigen toegang tot elektriciteitsmarkten

De drempels op de elektriciteitsmarkten zijn nog te hoog om alle beschikbare flexibele capaciteit goed te benutten. Oorspronkelijk waren deze markten vooral bedoeld voor grote producenten en afnemers op het hoog- en middenspanningsnet. Door de opkomst van duurzame opwekking zijn er nu veel meer kleinere spelers op verschillende netniveaus die willen en kunnen meedoen, mits de wetgeving dat toelaat. De hoge drempels zijn begrijpelijk om de betrouwbaarheid van het systeem te waarborgen, maar zorgen er ook voor dat een

deel van de duurzame flexibiliteit onbenut blijft. Dat is zonde. Partijen moeten zich bijvoorbeeld apart registreren bij verschillende markten en marktplatformen. Eén standaardaanmelding zou voldoende moeten zijn. Zo ontstaat er ruimte voor kleinere partijen met flexibele assets of aggregators met veel verspreide kleine vermogens.

De uitdagingen staan genoemd onder oplossing 4A.

Digitale oplossing 4C

Weerbaarheid door de inzet van digitalisering

Digitalisering kan de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem versterken. Hiermee kunnen risicovolle situaties sneller worden herkend, zodat tijdig kan worden ingegrepen. Daarnaast maakt digitalisering maatregelen mogelijk die de impact van een incident verkleinen, zoals *islanding*.³⁰ Ook speelt digitalisering een belangrijke rol bij herstel na een groot incident. In een steeds complexer en

meer decentraal elektriciteitssysteem speelt digitalisering daarbij een steeds belangrijker rol.

De grootste uitdaging bij deze oplossing is ervoor te zorgen dat de ingezette digitalisering niet zelf nieuwe weerbaarheidsrisico's veroorzaakt. Dit kan gebeuren als digitalisering faalt, onverwacht gedrag vertoont of als ICT-leveranciers te veel macht krijgen.

3.4.1 Randvoorwaarden en risico's bij dit thema

Nu meer partijen actief worden op de elektriciteitsmarkten, neemt het risico op fouten toe. Het aanmelden en beoordelen van deelnemers moet daarom praktischer worden ingericht, zonder de drempel zelf te verlagen. Tegelijk speelt cyberveiligheid een belangrijke rol. Marktplatforms moeten robuust zijn, en alle deelnemers moeten voldoen aan duidelijke normen voor digitale veiligheid.

Onder dit thema vallen ook overkoepelende risico's en randvoorwaarden die vanuit de publieke belangen gelden voor het gehele elektriciteits-

systeem en alle thema's. Cyberveiligheid en -weerbaarheid spelen bijvoorbeeld een belangrijke rol. Digitale oplossingen moeten robuust zijn en alle deelnemers moeten voldoen aan de normen voor digitale veiligheid. Deze randvoorwaarde moet expliciet worden geadresseerd. Daarnaast is het belangrijk om vanuit een integraal perspectief na te denken over een lange termijnvisie op het digitale energiesysteem en de rol van AI hierin. Dit geeft richting aan de digitale ontwikkelingen. Coördinatie van innovatieactiviteiten is daarbij essentieel.



3.5 Digitale oplossingen voor **THEMA 5:** Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Digitale oplossing 5A

Gebiedsgerichte planning van het elektriciteitssysteem

Samen sturen betekent dat alle betrokken partijen gezamenlijk het energiesysteem plannen, met speciale aandacht voor de gevolgen voor het elektriciteitsnet. Dit vereist goede afstemming over de inrichting van een gebied, de technische mogelijkheden binnen de infrastructuur, de oplossingen die gebruikers kunnen inzetten en het beleid van lokale overheden.

Bij dit proces zijn verschillende vakgebieden betrokken, zoals energie, ruimtelijke ordening, woningbouw en waterbeheer. De samenwerking vindt plaats tussen decentrale overheden, netbeheerders, gebruikers, marktpartijen en maatschappelijke organisaties. Zij hebben behoefte aan de inzichten die digitale, visuele en geografische tools en modellen kunnen bieden. Denk bijvoorbeeld aan het zichtbaar maken van de impact van ruimtelijke keuzes op

het elektriciteitsnet en omgekeerd, de impact van keuzes in het elektriciteitsnet op publieke ruimte of natuur. Ook kunnen digitale hulpmiddelen de dialoog tussen ketenpartners ondersteunen.

De grootste uitdaging ligt in het goed laten aansluiten van modellen en hun uitkomsten op de processen waarin ze worden gebruikt. Dit vraagt om duidelijke afspraken over wat de instrumenten moeten kunnen, welke resultaten ze opleveren en welke (energie)data daarvoor nodig zijn. Tegelijk is het integraal plannen en volgen van gebiedsontwikkeling in combinatie met energiesystemen een nieuw werkveld. Daarin ontstaan nieuwe vormen van samenwerking tussen overheden, planologen en netbeheerders. Verschillende domeinen komen samen, elk met hun eigen taal en werkwijze.

Voorbeeld | **Virtual Energy System Port of Rotterdam**

Het Virtueel Energiesysteem helpt om het energiesysteem van de Rotterdamse haven toekomstbestendig te maken. Dit gebeurt door knelpunten vroegtijdig te signaleren, scenario's te analyseren en mogelijke oplossingen en gezamenlijke kansen te toetsen op haalbaarheid en concurrentiekracht. Het is een complexe opgave waarbij verschillende energiedragers zoals elektriciteit, waterstof, warmte

en gas samenkomen. Ook de hele keten van opwekking tot gebruik en verschillende schaalniveaus – van sub-cluster tot havenbreed – spelen een rol. In 2025 moet een proof-of-value met drie use cases en diverse marktpartijen de eerste resultaten opleveren. Daarbij wordt zoveel mogelijk aangesloten op bestaande standaarden, beschikbare data en actuele businessvraagstukken.

De grootste uitdaging is het maken van duidelijke afspraken over regionale en nationale monitors, de koppeling daartussen en de methodes voor optelbaarheid. Het is nodig om goed te definiëren welke informatie een monitor moet bevatten en hoe die informatie wordt vastgelegd en gedeeld.

Digitale oplossing 5B

Monitoring methodiek voor voortgang planning

De voortgang van de uitvoering van de plannen wordt gevolgd via monitors zoals de Klimaat- en Energieverkenning (KEV)³¹ en de Monitor Energiesysteem³². De KEV, een jaarlijkse publicatie van het PBL, maakt duidelijk wat het voorgenomen beleid oplevert. De Monitor Energiesysteem toont hoe het energiesysteem zich ontwikkelt, zoals beschreven in het NPE. Monitors geven een beeld van de huidige situatie en kijken vooruit om te bepalen of doelen worden gehaald. Wat ontbreekt, is sturing via regionale monitors. Provincies zouden gemeenten moeten laten zien hoe de regionale invulling van het NPE eruitziet en wat gezamenlijke plannen betekenen voor het geheel. Dit vraagstuk omvat ook het monitoren van de ontwikkeling van de beschikbare

netcapaciteit. Dit kan onderdeel zijn van de pMIEK integraal programmeren cyclus. Digitalisering kan helpen door structuur te bieden en regionale monitors samen te voegen.

De grootste uitdaging is het maken van duidelijke afspraken over regionale en nationale monitors, de koppeling daartussen en de methodes voor optelbaarheid. Het is nodig om goed te definiëren welke informatie een monitor moet bevatten en hoe die informatie wordt vastgelegd en gedeeld. Een uniforme aanpak met eenduidige data en heldere informatieproducten helpt het proces vooruit. Zo worden regionalisering, optelbaarheid en monitoring makkelijker.

Digitale oplossing 5C

Slimmer ontwerpen op basis van gebruiksprofielen

Deze oplossing richt zich op het slimmer ontwerpen van elektriciteitsinfrastructuur, gebaseerd op daadwerkelijk gebruik. Enerzijds gebeurt dit door (groot) gebruikers met een elkaar aanvullend verbruiksprofiel te combineren op dezelfde infrastructuur. Anderzijds wordt er meer aansluitvermogen toegestaan, waarbij het werkelijke gebruik wordt gemonitord en er indien nodig wordt ingegrepen (*risk-based asset management*). Zo kan meer vermogen worden aangesloten op bestaande netwerken en wordt de

beschikbare capaciteit beter benut. Dit leidt tot een hogere gemiddelde benuttingsgraad. Daardoor zijn minder investeringen in nieuwe infrastructuur nodig en ontstaan er minder knelpunten voor economische en duurzame ontwikkelingen.

De uitdaging is vooral om gegevens en informatie te verzamelen over het huidige en mogelijke gebruik van het netwerk, uitgesplitst naar aansluitingen per verzorgingsgebied van energiestations.

Digitale oplossing 5D

Verbetering van de informatievoorziening rondom aanlegprocessen en digitale ondersteuning van monteurs in het veld

Bij aanlegprocessen draait het om een digitale administratie van alle informatie die nodig is voor het plannen en uitvoeren van de aanleg van infrastructuur. Daarbij hoort ook het stroomlijnen van toeleveringsketens, zoals gezamenlijke inkoop door netbeheerders en het harmoniseren van specificaties. Dit vraagt om gedeelde modellen, gezamenlijke databases en het digitaal uitwisselen van plannings- en prioriteiten. Voor monteurs is er ondersteuning via *virtual reality*, generatieve AI en spraakherkenning, die helpen bij het verwerken en

vastleggen van data. *Virtual reality* kan ook worden ingezet voor opleiding, terwijl robotisering monteurs tijdens hun werk kan ondersteunen.

De uitdagingen liggen vooral in arbeidsondersteunende innovaties die gebruikmaken van data, informatie en modellen. Denk aan toepassingen zoals *virtual reality* en generatieve AI, die monteurs helpen bij het plannen, prioriteren, uitvoeren en vastleggen van werkzaamheden in het veld.

Voorbeeld | Slimme UX voor storingsmonteurs

Door een herontwerp van de gebruikersinterface voor storingsmonteurs bij een energiepartij is de verwerkingstijd van een werkbond drastisch verkort: van 45 minuten naar 2 minuten. Tegelijkertijd wordt veel nauwkeurigere data vastgelegd, direct geschikt voor gebruik in de tekenkamer. Dit levert niet alleen

een aanzienlijke tijdsbesparing op (19 FTE per jaar), maar het verhoogt ook de datakwaliteit en verkleint de kans op fouten. Dit is een sterk voorbeeld van hoe gebruikersgerichte digitale oplossingen in het veld zorgen voor systeemvoordelen in ontwerp, planning en uitvoering.

Digitale oplossing 5E

Integratie van inzichten over arbeidscapaciteit rond planning- en aanlegprocessen

Het 'maakbaarheidsgat' is in bredere zin vooral een uitvoeringsprobleem. De (on)beschikbaarheid van arbeidskrachten speelt hierbij een belangrijke rol.³³ Arbeidsbesparende innovaties kunnen helpen dit tekort op te vangen.³⁴ Daarnaast gaat de problematiek over doorlooptijden van vergunningsprocedures, ruimtelijke inpassingsprocedures, stikstofregels die mogelijk beperkend zijn voor de uitvoering van projecten, en de leveringszekerheid van grondstoffen, materialen en systeemelementen.

De grootste uitdagingen liggen bij het stroomlijnen van informatie over in- en uitstroom van mensen in relevante beroepen, opleiding en omscholingstrajecten, de aanwas van arbeidskrachten uit relevante opleidingen, zicht op uitvoeringscapaciteit bij netbeheerders en bij uitvoerders en innovatie in, en adoptie van arbeidsbesparende technologieën.

Voorbeeld | **LUNA – Landelijke Uitwisseling Netbeheerder Aannemer**

Met de applicatie LUNA is in een *proof-of-concept* de gegevensuitwisseling tussen netbeheerders en aannemers gestandaardiseerd en gedigitaliseerd. Wat voorheen traag en foutgevoelig verliep via losse documenten en spreadsheets, gebeurt nu via een centrale interface met gestructureerde velden, validatie en koppelingen. Dit zorgt voor snellere en

betrouwbaardere overdracht van uitvoeringsgegevens, met directe impact op de snelheid van bouwwerkzaamheden. LUNA laat zien hoe digitalisering van werkprocessen cruciaal is om de uitvoeringscapaciteit in de energiesector op peil te houden.

3.5.1 Randvoorwaarden en risico's bij dit thema

Digitale vaardigheden zijn essentieel om processen en werkzaamheden digitaal te ondersteunen. Medewerkers moeten digitale informatie en hulpmiddelen kunnen begrijpen en gebruiken. Dit geldt voor iedereen die operationeel betrokken is, zoals planners en monteurs bij netbeheerders en aannemers. Bij het gebruik van geavanceerde technologieën, zoals (Generatieve) AI en *virtual reality*, bestaat het risico op ongewenste invloed of afhankelijkheid van grote technologiebedrijven. Daarom is het belangrijk om bij de keuze voor digitale tools goed na te denken over de risico's, zodat de betrouwbaarheid en veiligheid van het elektriciteitssysteem gewaarborgd blijven.

Planningsmodellen helpen door inzicht en informatie te bieden. Samenwerking vraagt om gedeelde informatie, uitgangspunten en belangen. Modellen zijn vereenvoudigingen van de werkelijkheid en moeten zorgvuldig worden toegepast. Energieplanologie is een nieuw vakgebied dat de dialoog tussen overheden, netbeheerders, marktpartijen en maatschappelijke organisaties kan versterken. De vraag moet altijd leidend zijn bij het kiezen van instrumenten, niet andersom.

4

Actieagenda voor het digitaliseren van het elektriciteitssysteem

Dit hoofdstuk bevat het actieplan, met acties die voortkomen uit de digitale oplossingen in hoofdstuk 3.³⁵ Het gaat om acties die bijdragen aan de realisatie van digitale oplossingen, het waarborgen van publieke belangen, het beperken van risico's en het invullen van randvoorwaarden. De acties zijn opgesteld in overleg met de betrokken partijen en zijn gegroepeerd in actielijnen, verdeeld over de vijf thema's van deze agenda. Figuur 9 laat zien hoe de actielijnen en acties zijn opgebouwd.





Een beknopte toelichting van de actielijnen per thema:

1

THEMA 1 | Inzicht in het elektriciteitssysteem

De acties binnen **Thema 1** zijn gericht op het verkrijgen van datagedreven inzicht in het elektriciteits-systeem (actielijn 1.1) en het delen van dat inzicht met verschillende gebruikers, inclusief de toegang tot relevante data (actielijn 1.2). Deze twee actielijnen vormen samen de informatiebasis voor zowel planning als operationele aansturing.

2

THEMA 2 | Beter benutten van netwerkcapaciteit

De acties binnen **Thema 2** zijn gericht op een betere benutting van de beschikbare netwerkcapaciteit. Actielijn 2.1 focust op slimmer plannen en beheren van infrastructuur door netbeheerders. Actielijn 2.2 helpt eindgebruikers bij het beter afstemmen van vraag en aanbod.

3

THEMA 3 | Goed toegeruste deelnemers

De acties binnen **Thema 3** zijn gericht op het ondersteunen burgers en bedrijven (actielijn 3.1) en zorgen dat apparatuur bij gebruikers slim kan worden aangestuurd voor digitale toepassingen (actielijn 3.2).

4

THEMA 4 | Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

De acties binnen **Thema 4** zijn gericht op de werking van het digitale elektriciteitssysteem als geheel. Actielijn 4.1 focust op de afstemming tussen partijen op verschillende systeemniveau's. Actielijn 4.2 waarborgt de veiligheid en robuustheid van het digitale systeem.

4

THEMA 5 | Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

De acties binnen **Thema 5** zijn gericht op de digitalisering van het plannen en aanleggen van het elektriciteits-systeem. Actielijn 5.1 gaat over het gebiedsgericht plannen met digitale middelen. Actielijn 5.2 ondersteunt de uitvoering van werkzaamheden en processen. Actielijn 5.3 richt zich op de ontwikkeling van digitale vaardigheden bij energieprofessionals, zodat zij veilig en effectief met digitale oplossingen kunnen werken.

In de volgende paragrafen worden de acties toegelicht. Elke toelichting begint met een korte beschrijving van de actie en de status van de actie in relatie tot de doelsituatie. Vervolgens worden de eerste stappen in de uitvoering beschreven. Ook worden de actiehouder(s) en andere betrokken partijen genoemd. Als de actiehouder nog niet is bepaald, wordt dat aangegeven. Tot slot wordt er

een tijdslijn gekoppeld aan elke actie, met onderscheid tussen korte termijn (afmaken binnen een jaar), middellange termijn (afmaken binnen 1 tot 3 jaar) en lange termijn (afmaken na 3 jaar). Na lancering van de actieagenda worden de acties met de betrokken partijen verder uitgewerkt in concrete projecten of activiteiten, zoals wordt beschreven in hoofdstuk 5.

Figuur 9: Overzicht van de actielijnen en acties per thema

1

THEMA 1 | Inzicht in het elektriciteitssysteem

Actielijn 1.1 Verbeteren van inzicht in actuele toestand van netwerk en energiestromen

- Actie 1.1.1 Zorg voor adequate bemeting van netwerken
- Actie 1.1.2 Verkrijg inzicht in de toestand van het net, in beschikbare flexibiliteit en in energiestromen door het combineren van verschillende databronnen en data-analyses
- Actie 1.1.3 Ontwikkel een *digital twin* van het elektriciteitssysteem
- Actie 1.1.4 Ontwikkel eisen aan simulatie-tooling voor gebruik in analyses van regionale/ lokale energiesystemen
- Actie 1.1.5 Maak energiestromen in het elektriciteitssysteem herleidbaar

Actielijn 1.2 Organiseren van energiedata en informatie

- Actie 1.2.1 Ontwerpen en inrichten van het ecosysteem voor energiedata en informatie
- Actie 1.2.2 Maak (realtime) data beschikbaar van elektriciteitsverbruik, opslag en opwek
- Actie 1.2.3 Stel data van netwerkinfrastructuur beschikbaar

2

THEMA 2 | Beter benutten van netwerkcapaciteit

Actielijn 2.1 Verbeteren benutting van beschikbare netwerkcapaciteit

- Actie 2.1.1 Ontwikkel een uniforme aanpak voor datagedreven risk/health-based asset management

Actielijn 2.2 Beter afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit

- Actie 2.2.1 Ontwikkel een netbeschermingsmechanisme waarmee netbeheerders (near)real time controle krijgen over flexibiliteit in noodsituaties
- Actie 2.2.2 Ontwikkel blauwdrukarchitectuur en eisen voor digitale coördinatie van elektriciteit in de buurt, op bedrijventerreinen en achter de meter
- Actie 2.2.3 Maak opslag van data door EMS-diensten transparant en interoperabel
- Actie 2.2.4 Ontwikkel een certificeringskader voor EMS-systemen

3

THEMA 3 | Goed toegeruste deelnemers

Actielijn 3.1 Versterken van positie huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven

Actie 3.1.1 Onderzoek hoe energie-applicaties de positie van huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven kunnen versterken en ontwikkel deze

Actielijn 3.2 Ontsluiten van flexibiliteit bij eindgebruikers

Actie 3.2.1 Stimuleer de ontwikkeling en implementatie van aanstuurbare apparaten op basis van gestandaardiseerde communicatieprotocollen

Actie 3.2.2 Stimuleer eindgebruikers om hun elektriciteitsvoorziening te verslimmen

4

THEMA 4 | Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

Actielijn 4.1 Optimaal afstemmen tussen verschillende schaalniveaus en netvlakken

Actie 4.1.1 Onderzoek de rol van digitalisering bij het optimaal inzetten van flexibiliteit uit verschillende bronnen en voor verschillende toepassingen

Actie 4.1.2 Ontwikkel een referentie-architectuur voor het elektriciteitssysteem

Actielijn 4.2 Integrale rol van digitalisering in het elektriciteitssysteem

Actie 4.2.1 Ontwikkel een toekomstvisie op de rol van digitalisering in het energiesysteem

Actie 4.2.2 Onderzoek hoe kennis en ontwikkeling van verslimming van het elektriciteits-systeem bij elkaar gebracht en gecoördineerd kan worden

Actie 4.2.3 Onderzoek de implicaties van AI op het energiesysteem

Actie 4.2.4 Breng bestaande en missende maatregelen voor het adresseren van risico's en randvoorwaarden van digitalisering in kaart

Actielijn 4.3 Versterken weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

Actie 4.3.1 Stel een integrale aanpak op voor de rol van en randvoorwaarden voor digitalisering bij het verhogen van de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

5

THEMA 5 | Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

Actielijn 5.1 Gezamenlijk en gebiedsgericht plannen van het elektriciteitssysteem

Actie 5.1.1 Stimuleer de ontwikkeling en het gebruik van gebiedsgerichte planningsmodellen voor de afstemming tussen ruimtelijke ontwikkelingen en het energiesysteem

Actie 5.1.2 Maak afspraken over de methodiek voor monitoring op beleid, die de verbinding legt tussen nationale monitors en regionale monitors

Actielijn 5.2 Versnellen van aanleg van elektriciteitsinfrastructuur

Actie 5.2.1 Ontwikkel arbeidsondersteunende digitalisering

Actie 5.2.2 Uniformeer en automatiseer processen voor aanleg van infrastructuur

Actielijn 5.3 Ontwikkeling van digitale skills in de energiesector

Actie 5.3.1 Versterk de digitale skills van betrokkenen in aanlegprocessen

Actie 5.3.2 Versterk de digitale skills van installateurs en energie adviseurs



4.1 Acties onder **THEMA 1:** Inzicht in het elektriciteitssysteem

4.1.1 Verbeteren van inzicht in actuele toestand van netwerk en energiestromen

Actielijn 1.1

Verbeteren van inzicht in actuele toestand van netwerk en energiestromen

Doel

De acties binnen deze actielijn zorgen ervoor dat alle belanghebbenden inzicht krijgen in de toestand van het net door middel van metingen en analyses. Deze inzichten worden op een eenduidige manier beschikbaar gesteld. Randvoorwaarden voor het delen van data, zoals privacy en data-gevoeligheid, worden in actielijn 1.2 behandeld.

Wat levert het op?

Inzicht in de toestand van het elektriciteitssysteem is essentieel om netwerkcapaciteit optimaal te benutten en congestie te voorkomen. Dit inzicht helpt het elektriciteitssysteem betaalbaar en betrouwbaar te houden, zowel nu als in de toekomst.

Dit inzicht kan betrekking hebben op de actuele situatie om operationeel bij te sturen, maar ook op de operationele toestand in het verleden om ontwikkelingen te identificeren. Het gaat hierbij om inzicht met de juiste tijdsresolutie in relevante grootheden zoals stroom, spanning, vermogen en temperatuur.

Actie 1.1.1 | Zorg voor adequate bemeting van netwerken

Deze actie richt zich op het ontwikkelen en toepassen van sensoren voor directe meting van de toestand van het net op cruciale punten in de netwerkinfrastructuur en op alle netvlakken. Het is niet nodig om sensoren bij alle netwerkelementen aan te brengen. Door meetdata te combineren met externe data en data-analyses uit te voeren, kan adequaat inzicht verkregen worden. Zie actie 1.1.2 voor meer details daarover.

Status en gaps

Hogere netvlakken zijn op dit moment beter bemeten dan lagere netvlakken. Op hoog-

spanning wordt de meetfrequentie verhoogd om meer inzicht te krijgen in dynamisch gedrag van het netwerk. Vooral op laagspanning is veel infrastructuur nog niet bemeten. Regionale netbeheerders werken in hun netdigitaliseringsprogramma's aan het uitbreiden van deze bemeting. Daarnaast zijn sommige zaken nog weinig of helemaal niet bemeten, zoals de temperatuur van ondergrondse kabels en andere omgevingscondities van de infrastructuur.

Deze actie wordt momenteel gedeeltelijk opgepakt vanuit het Landelijk Actieplan Netcongestie (LAN),

dat zich daarbij vooral richt op het uitbreiden van bestaande bemeting en minder op nieuwe vormen van bemeting.

Relevante stappen

- Bepaal proefondervindelijk wat de gewenste balans is tussen meten met sensoren door netbeheerders, externe databronnen en data-analyse.
- Bepaal de *gap* tussen de gewenste bemeting en de huidige bemeting van netwerkinfrastructuur voor verschillende doelen.
- (Continueer de) installatie van sensoren (vooral laagspanning).

- Ontwikkel zo nodig nieuwe sensoren (bijvoorbeeld voor temperatuurmeting van ondergrondse kabels, ten behoeve van *health-based* netwerkmanagement).

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders/Netbeheer Nederland, in samenwerking met leveranciers van sensoren, kennispartijen, gebruikers van inzichten in netwerken, VNG en eventueel ACM.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. De behoefte is groot en urgent. Lopende activiteiten vanuit het LAN doorzetten en uitbreiden.

Actie 1.1.2 | Verkrijg inzicht in de toestand van het net, in beschikbare flexibiliteit en in energiestromen door het combineren van verschillende databronnen en data-analyses

Deze actie zorgt ervoor dat inzichten in de toestand van het net, beschikbare flexibiliteit en energiestromen kunnen worden opgebouwd door het combineren en analyseren van sensordata en data uit andere databronnen, bijvoorbeeld met behulp van AI.

Status en gaps

Voor het plannen van netwerkcapaciteit worden prognoses opgesteld van de verwachte belasting. Ook vinden er al vormen van *state estimation* voor netwerkelementen plaats. In sommige delen van de netwerkinfrastructuur wordt gebruik

gemaakt van slimme-meterdata³⁶ of van andere databronnen, maar dit dekt het hele netwerk nog (lang) niet af. Zo ontbreekt inzicht in beschikbare flexibiliteit van aangesloten partijen momenteel bijna volledig.

In de Actieagenda Netcongestie Laagspanningsnetten wordt gewerkt aan beter inzicht in de toestand van het net. Verkrijgen van kwantitatief inzicht in flexibiliteit is op dit moment nog niet structureel in ontwikkeling, maar hier is en wordt wel onderzoek naar gedaan door kennisinstellingen.

In sommige delen van de netwerkinfrastructuur wordt gebruik gemaakt van slimme-meterdata of van andere databronnen, maar dit dekt het hele netwerk nog (lang) niet af. Zo ontbreekt inzicht in beschikbare flexibiliteit van aangesloten partijen momenteel bijna volledig.

Relevante stappen

- Bepaal de belangrijkste *gaps* tussen de gewenste inzichten en de huidige inzichten van netwerk-infrastructuur.
- Bepaal wat relevante externe databronnen zijn en maak afspraken voor het gebruik hiervan door netbeheerders. Denk hierbij in het bijzonder aan data energie-intensieve apparaten als laadpalen, omvormers en warmtepompen.
- Ontwikkel analysemethoden om op basis van meetdata inzicht te krijgen in de actuele dynamische toestand van het net. Denk hierbij aan fysische modellen en AI.
- Ontwikkel analysemethoden en vergaar informatie over beschikbare flexibiliteit bij aangesloten partijen (hoeveel flexibiliteit, wanneer, hoe lang, welke responstijden).

- Creëer waar nodig juridische ruimte om data van derde partijen te gebruiken ten behoeve van het elektriciteitssysteem.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders/Netbeheer Nederland/GOPACS, in samenwerking met datagebruikers, energieleveranciers, VNG en partijen met externe databronnen en meetdata (zoals meetbedrijven), kennisinstellingen, ACM.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Lopende acties in Actie-agenda Netcongestie Laagspanningsnetten en in het LAN voortzetten. Acties rond kwantificering van flexibiliteit opstarten.

Actie 1.1.3 | Ontwikkel een *digital twin* van het elektriciteitssysteem

Deze actie richt zich op het ontwikkelen van een *digital twin* van het nationale elektriciteitssysteem om effecten van ontwikkelingen en maatregelen door te rekenen met een hoge tijdsresolutie; denk aan onderwerpen als dynamische stabiliteit, *power quality* en frequentiestabiliteit. Deze *digital twin* is bedoeld voor netbeheerders en voor partijen die de impact van hun verduurzamingsmaatregelen of slimme oplossingen rond congestie-management, planning en balanshandhaving willen bepalen.

Status en gaps

TenneT heeft in samenwerking met TU Delft al *digital twins* ontwikkeld van onderdelen van hun netwerk. Ook zijn er, met name in samenwerking met TU Eindhoven en Universiteit Twente, simulatietools ontwikkeld van delen van netwerken van regionale netbeheerders. Er lopen op dit moment meerdere initiatieven richting de ontwikkeling van een *digital twin* van het volledige systeem:

- TenneT (in samenspraak met de regionale netbeheerders), NWO en het programma Systeemintegratie van de Topsector Energie zetten een wetenschappelijk programma (NWO KIC) op voor

het ontwikkelen van kennis voor de *digital twin* (geïntegreerde simulatiemodellen voor verschillende use cases). De tender voor dit programma zal eind 2025 opengesteld worden.

- De kwartiermaker Digital Twin werkt in opdracht van het ministerie van KGG en de Topsector Energie Systeemintegratie aan een plan en samenwerkingsverband voor het opzetten van de 'Faciliteit Digital Twin Elektriciteitssysteem'. Hiervoor zal in Q3 2025 een subsidieaanvraag gedaan worden.
- Er bestaan meerdere decentrale initiatieven waarin overheden en andere partijen werken aan de ontwikkeling van *digital twins* van het lokale energiesysteem, vaak gekoppeld aan de ontwikkeling van energiehubs, warmteprogramma's en scenario's voor het Nationaal Programma Regionale Energiestrategie (RES). Dit gebeurt bijvoorbeeld binnen het DMI-ecosysteem.

Relevante stappen

- Benut en ontwikkel bestaande en nieuwe simulatiemodellen voor verschillende aspecten van het elektriciteitssysteem, die gezamenlijk een netwerk van *digital twins* vormen.

- Maak netwerkdata beschikbaar als input voor *digital twins*. Zorg er daarbij voor dat gevoelige data niet publiek inzichtelijk wordt.
- Realiseer een publieke faciliteit voor de *digital twin* van het elektriciteitssysteem.
- Verbind de nationale referentiearchitectuur voor digitale tweelingen aan de ontwikkeling van een *digital twin* voor het nationale elektriciteitssysteem.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders/Netbeheer Nederland, NWO, Topsector Energie, IPO/provincies, in samenwerking met onderzoeksinstituten en gebruikers van de

digital twin van het nationale elektriciteitssysteem. Daarnaast ook initiatiefnemers (zoals decentrale overheden en het DMI-ecosysteem) van de ontwikkeling van *digital twins* van decentrale energiesystemen, die complementair zijn aan de beoogde nationale *digital twin*.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Lopende lokale initiatieven voortzetten om nu al concrete plannen te maken van het energiesysteem. Nationale *digital twin* opstarten. Dit vergt een behoorlijke doorlooptijd om te realiseren.

Actie 1.1.4 | Ontwikkel eisen aan simulatie-tooling voor gebruik in analyses van regionale/lokale energiesystemen

Simulatie-tooling helpt om van data tot inzicht te komen. Voor specifieke vraagstukken zijn verschillende simulatiemodellen nuttig, zoals voor bedrijventerreinen, energiehubs, opslag en dergelijke. Hiervoor is al een breed scala aan modellen beschikbaar, maar de koppeling met het data-ecosysteem moet nog wel gemaakt worden.

Status en gaps

Er zijn al veel simulatiemodellen, voor de evenzovele vragen die er zijn. Uniformering van (energie)data als invoer en uniformering van uitkomsten helpen deze onderdeel te laten zijn van het energiedata-ecosysteem (zie actie 1.1.2 en actielijn 1.2). Vanuit Topsector Energie Systeemintegratie wordt eind 2025 een project gestart dat onder andere de genoemde uniformering in scope heeft.

Relevante stappen

- Stel eisen aan en richtlijnen op voor de invoer, aannames en uitkomsten van energiesimulatiemodellen, voor betere integratie in het data-ecosysteem.
- Zorg voor bruikbare koppelingen met het data-ecosysteem.

- Integreer de planningsdata van energiehubs en energiegemeenschappen via een standaard en open interface in de planningssystemen van de netbeheerders.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met kennispartijen, Topsector Energie, VNG, IPO/provincies, ministerie van KGG, ministerie van VRO.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Starten in Topsector-project en in ecosysteem uitbouwen.

Actie 1.1.5 | Maak energiestromen in het elektriciteitssysteem herleidbaar

Zorg ervoor dat energiestromen voor elektriciteit herleidbaar worden, zodat veroorzakers van hoge netbelasting kunnen worden herkend en 'groene elektronen' bewijsbaar worden. Hierdoor:

- Worden gerichte acties mogelijk tegen congestie. Daarbij kunnen invoeding, consumptie en transport beter op elkaar afgestemd worden, vooral met de partijen die veel belasting veroorzaken.
- Kunnen afrekeningsmechanismen worden gecreëerd voor groene elektriciteit, waarbij consumptie van elektriciteit echt wordt gekoppeld aan productie van groene elektriciteit op hetzelfde moment.

Status en gaps

Herleidbaarheid is op dit moment nog slechts beperkt mogelijk. In GOPACS wordt expliciet rekening gehouden met de plek in het netwerk waar vraag of aanbod voorkomt. Voor groene energie bestaan er

Certificaten van Oorsprong (CvO), maar deze garanderen niet dat energie die wordt afgenomen op alle momenten daadwerkelijk duurzaam is.

Relevante stappen

- Onderzoek welke herleidbaarheid precies nodig is voor welke doelen en hoe deze herleidbaarheid uniform ingericht kan worden.
- Richt deze herleidbaarheid in.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met kennispartijen, ACM, netbeheerders, VNG, IPO/provincies, energieleveranciers en gebruikers.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Uitvoering in de komende 3 jaar.

4.1.2 Organiseren van energiedata en informatie

Actielijn 1.2

Organiseren van energiedata en informatie

Doel

Acties binnen deze actielijn hebben als doel data uit diverse bronnen veilig, acceptabel, gebruiksvriendelijk en liefst uniform beschikbaar te maken voor verschillende toepassingen bij diverse partijen. Dit betreft data over infrastructuur, aangesloten apparaten, gebruik en energiestromen.

Wat levert het op?

Het verantwoord beschikbaar maken van deze data zorgt ervoor dat partijen betrokken bij de inrichting en het management van het elektriciteitssysteem betere keuzes kunnen maken en slimme oplossingen ontwikkelen. Door data uniform en veilig beschikbaar te maken, wordt veel werk voorkomen om telkens opnieuw data beschikbaar te maken voor verschillende doelen. Dit draagt bij aan een betaalbaar en betrouwbaar energiesysteem en geeft deelnemers de mogelijkheid om actief te participeren. De genoemde inzichten zorgen bovendien voor transparantie over de toestand van het systeem, zodat keuzes beter begrepen kunnen worden.

Het energiedata-ecosysteem brengt vraag en aanbod van energiedata samen.

Actie 1.2.1 | Ontwerpen en inrichten van het ecosysteem voor energiedata en informatie

Het energiedata-ecosysteem brengt vraag en aanbod van energiedata samen. Het maakt gebruik van bestaande bronnen en structuren, verrijkt waar nodig, structureert en zorgt voor beheer. Kwaliteit, actualiteit, toegankelijkheid, veiligheid, privacy en beschikbaarheid van data worden geregeld door afspraken met betrokken partijen.

Status en gaps

Op verschillende plekken is data over het elektriciteitssysteem beschikbaar, zoals bij het CBS, netbeheerders, het Nationaal Energie Dashboard en Het Normo. Voor gebruikers is het vaak onduidelijk waar welke data beschikbaar is. Hierdoor kost het veel tijd om data te vergaren of lukt het soms niet om de juiste data te verkrijgen.

Er zijn al verschillende plekken waar onderdelen van een ecosysteem bestaan of worden ontwikkeld: VIVET, NBNL-producten rond Data Delen (de routekaart 'Data delen voor de energietransitie'³⁷), Energie.data, MFF en het NWO-KIC 'Data delen'³⁸. TenneT ontwikkelt het concept van een Digital Spine voor het realtime uitwisselen van operationele data tussen gebruikers en de TSO. Dit zijn allemaal puzzelstukjes die een rol spelen in dit publiek-private ecosysteem en de technische invulling daarvan.

Kortom, er bestaan al verschillende databronnen, maar deze dekken niet de volledige behoefte af. Daarnaast ontbreekt het nog aan een duidelijk afsprakenstelsel dat de processen rondom verzamelen en delen van data volledig afdekt. Ook is het wettelijk kader voor energiedata beperkt tot de verantwoordelijkheden van de GUE.

Relevante stappen

- Inventariseer initiële use cases waarvoor dit ecosysteem opgezet gaat worden. Probeer niet alles in een keer vast te leggen, maar doe dit in een iteratief proces.
- Definieer hiervoor met de bijbehorende stakeholders de benodigde data en datastructuren.
- Bepaal of en hoe van data informatieproducten gemaakt moeten worden met specifieke modellen (inrichten van informatieketens).
- Voer een gap analyse uit op basis van de huidige situatie en de doelen en toepassingen (zie ook actie 1.2.2).
- Ontwerp het ecosysteem, het afsprakenstelsel en de technische architectuur. Doe dit iteratief, in stappen op basis van geselecteerde use cases.
- Richt de borging van het ecosysteem in, met heldere afspraken over rollen en verantwoordelijkheden.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Ministerie van KGG, in samenwerking met het ministerie van VRO, het DMI-ecosysteem, DSGO, GIR, Het Normo, Netbeheer Nederland, Energie.data, Topsector Energie, VIVET, VNG, IPO/provincies, RVO, TNO, energiedata-specialisten, adviesbureaus, Energie Nederland.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. De behoefte aan energiedata is hoog, er lopen al initiatieven die voortgezet moeten worden. Start met het opzetten van het ecosysteem en laat dit op middellange termijn volwassen worden.

Actie 1.2.2 | Maak (realtime) data beschikbaar van elektriciteitsverbruik, opslag en opwek

Deze actie zorgt ervoor dat data van invoeding en afname van elektriciteit van aansluitingen en apparaten, evenals de actuele belasting van netwerkelementen, op een verantwoorde manier met een hogere tijdsresolutie (richting realtime) beschikbaar komt voor meer toepassingen. Deze toepassingen zijn gericht op het slim en lokaal afstemmen van vraag en aanbod, het verkrijgen van beter inzicht in congestieproblematiek en het plannen en beheren van netwerken.

Status en gaps

Data en informatie moeten eerst worden gegenereerd, zie ook acties 1.1.1 en 1.1.2. Data vanuit gebruikers (apparaten, aansluitingen) is nog niet structureel beschikbaar. Volgens de Gedragscode Slim Netbeheer³⁹ is het mogelijk om voor netbeheer data (kwartierwaarden) van slimme meters te gebruiken om inzicht te krijgen op het niveau van een aansluiting. Dit wordt al toegepast. Met toestemming van de gebruikers kunnen meetbedrijven deze data ook aan andere partijen beschikbaar stellen. Op het niveau van individuele apparaten is er echter nog niets geregeld. Inzicht in de flexibiliteit die apparaten of aansluitingen kunnen bieden ontbreekt nog. Op geaggregeerd niveau is er data beschikbaar over productie en consumptie.⁴⁰ Er is momenteel een statische congestiekaart, maar deze geeft geen inzicht in het realtime verloop.

Data van elektriciteitsverbruik, opslag en opwek is deels al beschikbaar voor specifieke doeleinden. Er zijn echter meer domeinoverstijgende toepassingen bij meerdere partijen waar deze data een bijdrage kan leveren. Daarnaast is het van toegevoegde waarde als de data op een hogere tijdsresolutie beschikbaar komt.

Een deel van het (verwachte) elektriciteitsverbruik kan worden bepaald aan de hand van profielen van apparaten. Dit is een belangrijke reden waarom eenduidige en actuele informatie over aangesloten energie-intensieve installaties (zoals warmtepompen, laadpalen, batterijen, omvormers zonnepanelen) waardevol is. Op dit moment wordt een deel van deze data geregistreerd. Kleinverbruikers

moeten zonnepanelen en opslaginstallaties registreren op energieleveren.nl. Dit gebeurt echter niet consequent. Ondertussen onderzoeken netbeheerders of met AI op basis van profielen uit slimme-meterdata geïdentificeerd kan worden welke energie-intensieve apparatuur er achter de meter aangesloten is. Eerste proeven blijken succesvol. Dit onderzoek loopt nog bij de regionale netbeheerders. Implicaties hiervan voor privacy van eindgebruikers dient hierbij goed beschouwd te worden. Daarnaast wordt door onder andere Techniek Nederland gewerkt aan het Gebouw-Installatie-Registratieproces.⁴¹

Relevante stappen

- Onderzoek hoe data van apparaten en van flexibiliteit uniform beschikbaar gemaakt kan worden en organiseer dit.
- Borg hierbij privacy en andere data-gevoeligheden.
- Onderzoek het ontsluiten van P1-data van NEXTGEN slimme meters.
- Laat netbeheerders dagelijks *predictive loadflow* analyses publiceren zodat de markt weet waar en wanneer flexibiliteit gewenst is. Ontwikkel een realtime dynamische congestiekaart.
- Gebruik data uit de use cases slim netbeheer⁴² en deel die zodat burgers en marktpartijen zelf ook gericht acties kunnen ondernemen.
- Zorg voor een actuele registratie van aangesloten energie-intensieve apparaten van gebruikers. Vul deze zo nodig aan met AI-analyses op profieldata om apparatuur achter de meter te identificeren.

Actiehouders(s) en betrokken partijen

Netbeheer Nederland, in samenwerking met Het Normo, het ministerie van KGG, het ministerie van VRO, Techniek Nederland, energieleveranciers, apparaatleveranciers, EMS-leveranciers, belangenorganisaties van gebruikers, vertegenwoordigers van energiehub's en Energie Samen, meetbedrijven, netbeheerders, DMI-ecosysteem.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Er is grote behoefte aan deze data, en veel van de data is al aanwezig.

Actie 1.2.3 | Stel data van netwerkinfrastructuur beschikbaar

Maak informatie over netwerkinfrastructuur (topologie, netwerkparameters zoals capaciteit) die relevant is voor andere partijen (zoals plannenmakers, decentrale overheden, EMS-leveranciers, energie-hubs en energiegemeenschappen) beschikbaar.

Status en gaps

In de werkgroep Data Delen van Netbeheer Nederland is de roadmap gedefinieerd voor de ontwikkeling van deze datasets. De eerste versies zijn beschikbaar.

Relevante stappen

- Toets/match oplossingen met behoeftes vanuit marktpartijen.

- Zorg voor goede aansluiting bij (groepen) partijen, zoals het energiedata-ecosysteem.
- Breng in kaart hoe de databehoeftte geadresseerd kan worden op een manier waarop veiligheid en gevoeligheid van de data gewaarborgd kunnen worden. Maak data op deze manier beschikbaar.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders, in samenwerking met VNG, IPO/provincies, Topsector Energie, Het Normo, gebruikers van deze data.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. De behoefte is groot en er wordt al aan gewerkt.



Maak informatie over netwerkinfrastructuur
(topologie, netwerkparameters zoals capaciteit) die
relevant is voor andere partijen (zoals plannenmakers,
decentrale overheden, EMS-leveranciers, energie-hubs
en energiegemeenschappen) beschikbaar.



4.2 Acties onder **THEMA 2:** Beter benutten van netwerkcapaciteit

4.2.1 Verbeteren benutting van beschikbare netwerkcapaciteit

Actielijn 2.1

Verbeteren benutting van beschikbare netwerkcapaciteit

Doel

Binnen deze actielijn staan acties in het teken van digitalisering om zoveel mogelijk beschikbare netwerkcapaciteit te benutten. Door netwerkinfrastructuur slimmer te plannen en operationeel aan te sturen (op basis van inzicht in het systeem, thema 1) kan veel meer van de beschikbare capaciteit gebruikt worden.

Wat levert het op?

Met digitalisering kunnen meer partijen worden aangesloten, treedt er minder congestie op en is er minder netwerkcapaciteit nodig. Dit maakt de infrastructuur betaalbaarder en versnelt de verduurzaming doordat elektrificatie en het aansluiten van duurzaam geproduceerde elektriciteit mogelijk wordt zonder vertraging.

Deze actielijn richt zich specifiek op het domein van de netbeheerder. Acties die zorgen voor betere afstemming van vraag en aanbod van elektriciteit bij eindgebruikers worden apart beschreven in actielijn 2.2.

Actie 2.1.1 | Ontwikkel een uniforme aanpak voor datagedreven risk/health-based asset management

Zorg voor digitalisering waarmee risico's rond het zwaarder belasten van het net (*risk-based asset management*) in kaart kunnen worden gebracht en kunnen worden gemonitord, waardoor zo nodig kan worden ingegrepen. Zorg hierbij voor een robuuste en uniforme inrichting bij de netbeheerders.

Status en gaps

Risk/health-based asset management wordt in sommige gevallen al toegepast. Voorbeelden zijn cable pooling (alleen toegepast voor invoeding), *dynamic line* en *transformer rating* (alleen toegepast voor hoogspanning) en het inzetten van redundante reservecapaciteit ('vluchtstrook wordt

spitsstrook'). Dit gebeurt echter nog niet voor alle soorten aansluitingen en alle netvlakken. Ook een uniforme aanpak ontbreekt nog. Daarnaast wordt (op langere tijdschalen) inzicht in de toestand van het net gebruikt voor *condition-based maintenance*.

Relevante stappen

- Bepaal welke monitoring (en dus data) en *control* nodig is om risico's operationeel in te kunnen schatten en mitigeren (dit is input voor acties 1.1.1 en 1.1.2). Beschouw dit ook voor schaalniveaus en aangeslotenen waarvoor *risk/health-based asset management* nog niet wordt toegepast.
- Ontwikkel contractuele afspraken over deze digitalisering bij aangesloten partijen.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheer Nederland/Netbeheerders, in samenwerking met de ACM.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Er worden al stappen gezet, maar nog niet op alle netvlakken en voor alle soorten aansluitingen.

4.2.2 Beter afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit

Actielijn 2.2

Beter afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit

Doel

Acties binnen deze actielijn hebben als doel om een digitaal ecosysteem te realiseren waarmee vraag en aanbod van elektriciteit beter kan worden afgestemd. Dit speelt op niveaus van individuele gebouwen tot aan het nationale en internationale elektriciteitssysteem.

Wat levert het op?

Standaarden voor digitale samenwerking rondom vraag en aanbod van energie en voor het lokaal afstemmen hiervan. Dit zorgt ervoor dat er minder infrastructuur verzwaard hoeft te worden of dat congestie kan worden voorkomen. Daardoor wordt infrastructuur betaalbaarder en wordt verduurzaming versneld doordat aansluiten van productie van duurzame elektriciteit en elektrificatie mogelijk is en niet wordt vertraagd. Digitalisering ondersteunt verschillende manieren om vraag en aanbod af te stemmen, zoals het reageren op dynamische nettarieven, het actief participeren in energiemarkten of het coördineren van vraag en aanbod in een energiehubs of energiegemeenschap.

In tegenstelling tot actielijn 2.1 richt deze actielijn zich op het domein van de eindgebruiker. Acties voor betere benutting van netwerkcapaciteit vanuit de netbeheerders zelf worden beschreven in actielijn 2.1.

Actie 2.2.1 | Ontwikkel een netbeschermingsmechanisme waarmee netbeheerders (near)real time controle krijgen over flexibiliteit in noodsituaties

Ontwikkel een digitaal veiligheidsmechanisme dat het net in noodsituaties beschermt tegen overbelasting en grootschalige storingen. Stel heldere technische en juridische randvoorwaarden voor de inzet van netbescherming, inclusief privacy- en cybersecurity-aspecten.

Status en gaps

Dit mechanisme is conceptueel beschreven als het oranje regime in USEF.⁴³ De noodzaak hiervan wordt erkend, en het wordt opgepakt binnen het

LAN. Op het MS-net wordt een dergelijk netbeschermingsmechanisme al operationeel uitgerold bij grote invoeders: de Realtime Interface (RTI, Netbeheer Nederland). De RTI geeft onder andere invulling aan de Requirements for Generators (RfG) van ENTSO-e.

Er wordt nog bekeken hoe er invulling kan worden gegeven aan een netbeschermingsmechanisme voor het LS-net. Hiervoor worden verschillende mechanismen onderzocht.

Relevante stappen

- Ontwikkel mechanismen voor alle netvlakken.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

LAN, in samenwerking met de ACM, het ministerie van KGG, Netbeheer Nederland, (vertegenwoordigers van) eindgebruikers en energiehubs, Energie Samen, energieleveranciers.

Uitvoering

Middellange termijn. Dit mechanisme is als fallback-mechanisme een belangrijke voorwaarde vanuit netbeheer om betrouwbaarheid van het netwerk te handhaven op het moment dat flexibiliteit een steeds belangrijke rol gaat spelen bij het voorkomen van congestie.

Actie 2.2.2 | Ontwikkel blauwdrukarchitectuur en eisen voor digitale coördinatie van elektriciteit in de buurt, op bedrijventerreinen en achter de meter

Ontwikkel blauwdrukarchitecturen en eisen voor de digitale coördinatie van elektriciteit op de volgende gebieden: de buurt, bedrijventerreinen en achter de meter. Dit betreft zowel de interactie tussen verschillende partijen (apparaatleveranciers, EMS-leveranciers, *aggregators*, energieleveranciers, eventueel netbeheerders) als de eisen aan het functioneren van onderdelen van de digitale keten. Deze actie omvat alle processtappen rond de coördinatie van vraag en aanbod, inclusief de financiële afhandeling (*settlement*). De blauwdrukken en eisen moeten zorgen voor digitale oplossingen die voldoen aan de randvoorwaarden van een betrouwbaar elektriciteitssysteem en voor toekomstvast en interoperabele oplossingen zonder *lock-ins*. Deze actie heeft een sterke link met actie 3.2.1.

Status en gaps

Er zijn nog geen duidelijke richtlijnen en *best practices* voor de coördinatie tussen stakeholders en systemen op de hierboven genoemde gebieden. Dit leidt tot inefficiëntie en een gebrek

aan herbruikbare, toekomst vaste en interoperabele oplossingen.

Relevante stappen

- Inventariseer best practices op de verschillende gebieden.
- Ontwikkel de blauwdrukken en eisen/richtlijnen en draag deze uit.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

ElaadNL en Stichting FAN, in samenwerking met EMS-leveranciers, apparaatleveranciers, energieleveranciers, andere partijen in de keten zoals vertegenwoordigers van eindgebruikers en energiehubs, Energie Samen.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. Op dit moment worden al oplossingen voor digitale coördinatie ingericht. Om te voorkomen dat er een grote *installed base* ontstaat die niet toekomstvast is of leidt tot minder betrouwbare coördinatie is het zaak om deze actie snel uit te voeren.

Ontwikkel blauwdrukarchitecturen en eisen voor de digitale coördinatie van elektriciteit op de volgende gebieden: de buurt, bedrijventerreinen en achter de meter.

Actie 2.2.3 | Maak opslag van data door EMS-diensten transparant en interoperabel

Ontwikkel richtlijnen voor het opslaan van data door EMS-systemen en -diensten. Hierbij moet de privacy gewaarborgd worden en moet de data direct toegankelijk zijn voor de eindgebruiker. Onderzoek of het mogelijk is om een deel van de EMS-data te uniformeren, zodat de gebruiker zijn data mee kan nemen bij een wissel van EMS-systeem of -dienst. Deze actie is in ieder geval van toepassing op residentiële systemen en diensten. Onderzoek in hoeverre dit ook wenselijk is voor B2B-dienstverlening.

Status en gaps

EMS-systemen en -diensten moeten voldoen aan de AVG. Momenteel zijn EMS-systemen en -diensten divers en is de data van gebruikers niet uniform. Daarom moet er eerst een uitwerking voor EMS-diensten worden opgesteld.

Relevante stappen

- Gebruik de EU Data Act als richtlijn om directe toegang tot EMS-data voor de eindgebruiker mogelijk te maken en ontwikkel hier richtlijnen voor.
- Inventariseer welke EMS-data geüniformeerd dient te worden (in relatie met actie 2.2.4) en stel hier een gezamenlijk dataformaat voor op.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met EMS-partijen, energieleveranciers, consumentenorganisaties, NEN, kennispartijen.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn.

Actie 2.2.4 | Ontwikkel een certificeringskader voor EMS-systemen

Ontwikkel een certificeringskader voor EMS-systemen om een minimaal kwaliteitsniveau voor klanten te waarborgen. Dit betreft EMS-systemen in huishoudens (HEMS) en gebouwen, en EMS-systemen voor coördinatie tussen verschillende partijen. Een belangrijk aspect is de gegarandeerde interoperabiliteit van een EMS met assets en apparaten aan de ene kant en *system operators* en marktpartijen aan de andere kant. Deze actie heeft daarom raakvlakken met actie 2.2.2.

Naast eisen op het gebied van interoperabiliteit moet het certificeringskader ook vastleggen welke functionaliteiten van een EMS verwacht mogen worden. Ook moet duidelijk zijn aan welke cybersecurity-eisen voldaan moet worden.

Het voornaamste doel van certificering is om de interoperabiliteit en veiligheid van EMS-systemen te waarborgen. Leg alleen vast wat absoluut noodzakelijk is om innovaties niet te

belemmeren. Een te strak keurslijf kan innovaties belemmeren.

Status en gaps

Er is een grote diversiteit aan EMS-systemen en -diensten, die de flexibiliteit van verschillende assets en apparaten aansturen. Denk aan EMS-systemen voor residentiële apparaten, energie-hubs, energiegemeenschappen en industriële assets. Er moet worden besloten voor welke categorieën een certificeringskader moet worden opgesteld en op welke aspecten richtlijnen moeten worden bepaald.

In opdracht van het ministerie van KGC heeft de NEN al meerdere NTA-trajecten opgezet om te komen tot de keuze of de specificatie van een protocol voor slimme net-intensieve apparaten (zoals warmtepompen) en HEMS-systemen. Een dergelijk traject zou ook generiek voor EMS-systemen kunnen worden opgezet.

Relevante stappen

- Identificeer wat de verschillende categorieën EMS-systemen zijn en stel vast voor welk van die categorieën een certificeringskader moet worden opgesteld.
- Stel vast welke standaarden ondersteund moeten worden voor de communicatie met assets en apparaten.
- Stel vast welke communicatie met system operators en marktpartijen nodig is.
- Leg vast welke functionaliteit een EMS-systeem moet ondersteunen.
- Stel cybersecurity-eisen op.
- Stel testprogramma's voor certificering op.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

NEN (voor HEMS-systemen), het ministerie van KGG, EMS-partijen, TNO.

Uitvoering

Korte termijn. Het certificeringskader kan voortbouwen op een blauwdruk voor EMS-systemen zoals ontwikkeld wordt in actie 2.2.2. Belangrijk is om snel keuzes te maken van wat er gecertificeerd moet worden en om deze certificering door te voeren, om te voorkomen dat er al een grote *installed base* ontstaat die niet voldoet.



4.3 Acties onder **THEMA 3:** Goed toegeruste deelnemers

4.3.1 Versterken van positie huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven

Actielijn 3.1

Versterken van positie huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven

Doel

Acties binnen deze actielijn hebben betrekking op digitalisering met als doel om burgers, bedrijven en lokale initiatieven, individueel of als groep, te ondersteunen. Denk aan energiebesparingsapplicaties voor huishoudens en bedrijven, applicaties voor (collectieve) verduurzaming of voor (H)EMS-systemen, en applicaties die helpen bij democratische besluitvorming in energie-initiatieven.

Wat levert het op?

Dit stelt gebruikers in staat om hun energieverbruik beter te begrijpen, te beheren en kosten te besparen. Bijvoorbeeld door realtime inzicht, automatische sturing van apparaten en de mogelijkheid om te reageren op prijsprikkels. Hiermee vergroten ze de regie over hun energiegebruik en wordt deelname aan het energiesysteem laagdrempeliger. Tegelijk dragen deze applicaties bij aan de energietransitie door energiebesparing te stimuleren, flexibiliteit in het gebruik te bevorderen en het net beter te benutten.

Actie 3.1.1 | Onderzoek hoe energie-applicaties de positie van huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven kunnen versterken en ontwikkel deze

Energie-applicaties voor eindgebruikers kunnen een grote bijdrage leveren aan de energietransitie. Als veel Nederlandse huishoudens een HEMS hebben, kan er veel flexibiliteit worden ontsloten. Maar willen huishoudens dit wel? En hoe zorgen we ervoor dat gebruikers, die vaak geen energie-expert zijn, deze slimme systemen effectief gebruiken? Deze actie richt zich op het verkrijgen van inzicht in hoe energie-applicaties huishoudens, bedrijven en lokale initiatieven effectief kunnen ondersteunen en op het ontwikkelen van deze applicaties. Denk aan energiebesparingsapplicaties voor huishoudens en bedrijven, applicaties voor (collectieve) verduurzaming, (home) energie-managementsystemen en applicaties die helpen bij democratische besluitvorming in energie-initiatieven.

Status en gaps

Voor huishoudens zijn er al ontwikkelingen op dit gebied. Netbeheerders ontwikkelen de applicatie Buurtnet om huishoudens, individueel en collectief (via energiegemeenschappen), inzicht te geven in de situatie op het stroomnet in hun buurt en netbewust energiegebruik te stimuleren. Vergelijkbare apps worden momenteel in lokale initiatieven ontwikkeld.

Vanuit het LAN zal een gedragsonderzoek worden uitgevoerd om meer te leren over de bereidheid van huishoudens om dergelijke informatiekanalen te benutten, hoe die bereidheid vergroot kan worden en hoe huishoudens kunnen worden gestimuleerd om slim om te gaan met hun elektriciteitsgebruik. Dit onderzoek geeft deels zicht op het vraagstuk in deze actie voor huishoudens, maar dus nog niet voor bedrijven en lokale initiatieven.

Onlangs is het NWO/NWA-project SYNERGY gestart dat zich richt op gedrag van groepen eindgebruikers in de energietransitie en de rol van sociale dynamieken. Dit levert inzicht in beïnvloedingsfactoren en tipping points, maar leidt niet direct tot applicaties voor gebruikers.

Relevante stappen

- Voer een gebruikersonderzoek uit onder burgers, bedrijven en lokale energie-initiatieven, om inzicht te krijgen in hun digitale vaardigheden en de digitale middelen die zij nodig hebben om actief deel te nemen aan de energietransitie. Denk hierbij aan applicaties die inzicht geven in beschikbare verduurzamingsopties, technologiekeuzes (zoals HEMS-systemen), energiebesparingsapps en applicaties die lokale initiatieven kunnen ondersteunen bij bijvoorbeeld ledenadministratie of besluitvorming. Kijk daarbij naar applicaties voor individuen, maar ook applicaties rond samenwerking tussen partijen.
- Onderzoek welke middelen – zoals apps, dashboards of andere vormen van digitale ondersteuning – het meest geschikt zijn voor gebruikers die zelf geen energie-expert of IT-expert zijn.
- Inventariseer lopende initiatieven waarbinnen al apps worden ontwikkeld, bijvoorbeeld lokaal, en bepaal herbruikbaarheid of herhaalbaarheid daarvan. Voorkom dat het wiel opnieuw wordt uitgevonden.
- Formuleer een set heldere functionele, ethische, juridische, sociale en technische randvoorwaarden waaraan energie-applicaties moeten voldoen om effectief, veilig, inclusief en opschaalbaar te zijn. Besteed hierbij aandacht aan gebruiksvriendelijkheid, privacy, interoperabiliteit, cybersecurity en toegankelijkheid. Breng in kaart welke relevante (inter)nationale standaarden en richtlijnen al beschikbaar zijn (zoals NEN-normen, Europese interoperabiliteitskaders, AVC), en stel vast in hoeverre deze toepasbaar zijn op energie-gerelateerde toepassingen voor burgers, bedrijven en lokale initiatieven. Toets randvoorwaarden met eindgebruikers en ontwikkelaars en zorg voor een breed gedragen set eisen die als leidraad kan dienen bij de ontwikkeling van energie-applicaties.
- Bepaal hoe ervoor gezorgd kan worden dat de meest waardevolle applicaties ook daadwerkelijk ontwikkeld zullen worden. Denk aan partijen die dit commercieel interessant vinden, of stimulering of ontwikkeling vanuit de overheid. Sluit daarbij aan bij Nederlandse en Europese netwerken voor open source ontwikkeling rond duurzame energiesystemen.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met het ministerie van KGG, het ministerie van EZ, Netbeheer Nederland, Netbeheerders, EDSN, Energie Nederland, Energie Samen, kennispartijen (discipline gedragswetenschap), (vertegenwoordigers van) burgers,

bedrijven en lokale initiatieven, VNG, Het Normo, het DMI-ecosysteem.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Zorg dat lopende initiatieven breed genoeg kijken en volg op met ontwikkeling van apps.

4.3.2 Ontsluiten van flexibiliteit bij eindgebruikers

Actielijn 3.2

Ontsluiten van flexibiliteit bij eindgebruikers

Doel

Acties binnen deze actielijn zijn erop gericht om met digitalisering zoveel mogelijk flexibiliteit bij de eindgebruikers van het elektriciteitssysteem te mobiliseren. Het betreft verschillende categorieën eindgebruikers: residentieel, bedrijven(terreinen), energiegemeenschappen, industrie. Er is bij eindgebruikers een groot potentieel aan flexibiliteit dat nog grotendeels onontgonnen is.

Wat levert het op?

Elektrificatie en hernieuwbare opwek van elektriciteit leiden tot grote uitdagingen op het gebied van congestie en balanceren. Verzwaring van het net is essentieel om congestie uiteindelijk op te lossen. Desondanks zal congestie nog jarenlang een groot probleem vormen. Vraag-respons wordt een belangrijk hulpmiddel om de gevolgen van congestie zoveel mogelijk te mitigeren. Dit leidt tot lagere kosten van de infrastructuur, voorkomt vertraging bij verduurzaming en zorgt voor actieve participatie van eindgebruikers.

Vraag-respons oplossingen kunnen alleen succesvol zijn wanneer flexibiliteit bij eindgebruikers zoveel mogelijk ontsloten wordt door middel van digitalisering.

Actie 3.2.1 | Stimuleer de ontwikkeling en implementatie van aanstuurbare apparaten op basis van gestandaardiseerde communicatieprotocollen

Deze actie stimuleert de ontwikkeling en implementatie van gestandaardiseerde communicatieprotocollen, processen (zoals identificatie, authenticatie en autorisatie) en functionaliteiten om de flexibiliteit van slimme net-intensieve apparaten op een uniforme manier aan te sturen. Dit maakt het ontsluiten van flexibiliteit laagdrempelig en voorkomt dat nieuwe apparaten worden uitgerold waarvan de flexibiliteit niet kan worden benut of dat er *vendor lock-in*

ontstaat. Deze actie heeft een sterke link met actie 2.2.2.

Status en gaps

Op dit moment kunnen veel net-intensieve apparaten nog niet flexibel worden aangestuurd. Slimme net-intensieve apparaten die al wel aangestuurd kunnen worden, maken vaak gebruik van proprietary protocollen en technologieën die niet altijd open zijn voor aansturing door derden.

Er zijn al verschillende Europese standaarden voor aansturen van flexibiliteit (zoals S2 onder CEN CENELEC) en voor aansturing van apparaten (zoals SAREF). De markt convergeert echter niet vanzelf naar een standaardoplossing.

Techniek Nederland introduceert in het najaar van 2025 een DSGO-datadeelproces voor Gebouw-Installatie-Registratie. In samenwerking met TNO wordt bovendien een datastekker ontwikkeld die diverse dataprotocolen van verschillende fabrikanten vertaalt naar een uniform SAREF-dataprotocol voor installateurs. Deze geüniformeerde data kan betrouwbaar en doelmatig met toestemming van de datarechthebbende worden ontsloten door middel van het DSGO-datadeelproces.

In opdracht van het ministerie van KGG heeft de NEN al meerdere NTA-trajecten opgezet om te komen tot de keuze of de specificatie van een protocol voor slimme net intensieve apparaten (zoals warmtepompen) en HEMS-systemen. Een dergelijk traject zou ook voor aanstuurbare apparaten kunnen worden opgezet.

Relevante stappen

- Maak een keuze voor één of een zeer beperkte set aan communicatieprotocollen uit al beschikbare internationale standaarden. Betrek daarbij gebruikers en apparaatleveranciers om te komen tot samenwerking en vertrouwen.

- Overweeg regelgeving om zo nodig de implementatie van gestandaardiseerde communicatieprotocollen bij fabrikanten van slimme net-intensieve apparaten af te dwingen.
- Overweeg, in afwachting van een brede invoering van interoperabele protocollen/standaarden, om zo nodig fabrikanten te verplichten een goed gedocumenteerde API aan te bieden waarmee de flexibiliteit van hun apparaten door derden aangestuurd kan worden. Onderzoek of deze verplichting gebaseerd kan worden op de EU Data Act en richt een centraal register in waar de API-documentatie van verschillende fabrikanten makkelijk doorzoekbaar is.
- Onderzoek welke Europese initiatieven lopen en sluit hier zoveel mogelijk op aan.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met het ministerie van KGG, Stichting FAN, NEN, fabrikanten van apparaten, energieleveranciers, vertegenwoordigers van burgers en energiehubs, Energie Samen.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. Op dit moment wordt al aanstuurbare apparatuur uitgerold. Om te voorkomen dat er een grote *installed base* ontstaat die niet voldoet aan de benodigde standaarden is het zaak om deze actie snel uit te voeren.

Actie 3.2.2 | Stimuleer eindgebruikers om hun elektriciteitsvoorziening te verslimmen

Eindgebruikers moeten zoveel mogelijk gestimuleerd worden om hun elektriciteitsvoorziening te verslimmen, door middel van de aanschaf van slimme digitaal aanstuurbare net-intensieve apparaten en EMS-systemen. Op deze manier komt er meer flexibiliteit beschikbaar in het elektriciteitssysteem.

Status en gaps

Consumenten zijn zich nog maar beperkt bewust van het belang van slimme net-intensieve apparaten en EMS-systemen. Voor zover dat bewustzijn er wel is,

beschikken consumenten niet over de juiste informatie om te kiezen voor toekomstvast en interoperabele apparaten. Naast een gebrek aan kennis zijn er ook nog relatief weinig *incentives* om een slim net intensief apparaat aan te schaffen. Daarnaast zijn de aanschafkosten voor deze apparaten voor veel mensen nog te hoog.

Relevante stappen

- Zorg voor bewustwording bij consumenten en energieleveranciers over het belang van slimme aansturing van net-intensieve apparaten.

- Zorg voor gecertificeerde apparaten en EMS-systemen en voor (veilige) *plug and play* technologie die het gebruikers zo makkelijk mogelijk maakt de apparaten en systemen te adopteren (raakt aan actie 2.2.2).
- Onderzoek mogelijke commerciële proposities vanuit *aggregators* en energieleveranciers die slimme apparatuur betaalbaar maken voor consumenten. Overweeg daarbij zo nodig (aanschaf)subsidies voor slimme net-intensieve apparaten en EMS-systemen.
- Creëer incentives voor het ontsluiten van flexibiliteit bij eindgebruikers, zoals bijvoorbeeld dynamische nettarieven, waarvoor slimme aansturing nodig is.

- Zorg ervoor dat de waarde en de *incentives* voor een investering in aanstuurbare apparatuur en EMS-systemen stabiel genoeg is om toekomstperspectief te hebben.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met het ministerie van KGG, Stichting FAN, Netbeheerders (en NEXTGen-programma), energieleveranciers.

Wanneer uitvoeren

Korte tot middellange termijn. De behoefte aan het ontsluiten van flexibiliteit is groot. Daadwerkelijke schaalomvang van geïnstalleerde slimme apparatuur vergt tijd.



4.4 Acties onder **THEMA 4:** Geïntegreerd en weerbaar elektriciteitssysteem

4.4.1 Optimaal afstemmen tussen verschillende schaalniveaus en netvlakken

Actielijn 4.1

Optimaal afstemmen tussen verschillende schaalniveaus en netvlakken

Doel

Zorgen dat het management van het elektriciteitssysteem op verschillende systeemniveaus (Europa, nationaal transportnetwerk, distributienetwerken en aangesloten partijen) optimaal op elkaar afgestemd is, waarbij de belangen en afhankelijkheden tussen deze systeemniveaus en de bijbehorende partijen integraal meegenomen worden. Nevendoel is ervoor te zorgen dat de digitalisering zelf ook op een integrale en gecoördineerde manier wordt ingericht.

Wat levert het op?

Digitalisering die integraal inzicht in de situatie, afhankelijkheden en afstemming op verschillende systeemniveaus mogelijk maakt. Deze gecoördineerde digitalisering, die zich uitstrekt over systeemniveaus en partijen, draagt bij aan een betrouwbaar en financieel geoptimaliseerd systeem. Dit systeem kan omgaan met de uitdagingen van verduurzaming en zorgt voor een gelijk speelveld bij het aanbieden van flexibiliteit door eindgebruikers.

Het is voor het systeem belangrijk dat flexibiliteit zo goed mogelijk wordt ingezet, zonder nieuwe problemen te veroorzaken.

Actie 4.1.1 | Onderzoek de rol van digitalisering bij het optimaal inzetten van flexibiliteit uit verschillende bronnen en voor verschillende toepassingen

Flexibiliteit vanuit allerlei bronnen op allerlei locaties en systeemniveaus (van kleinverbruikers tot grootverbruikers) kan worden ingezet voor verschillende doelen en markten, zoals de leveringsmarkt, onbalansmarkt en congestiemanagement. Het is voor het systeem belangrijk dat flexibiliteit zo goed mogelijk wordt ingezet, zonder nieuwe problemen te veroorzaken, en dat aanbieders hun flexibiliteit effectief kunnen benutten. Digitalisering speelt hierbij een belangrijke rol door informatie van verschillende bronnen, toepassingen en markten samen te brengen en de inzet van flexibiliteit soepel, laagdrempelig en effectief te laten verlopen. Dit draagt bij aan de belangen op verschillende schaalniveaus van het elektriciteitsstelsel en helpt vraag en aanbod van flexibiliteit beter af te stemmen in tijd en plaats.

Hoewel inzicht in het aanbod van flexibiliteit uit verschillende bronnen en de vraag vanuit verschillende toepassingen noodzakelijk is, betekent dit niet dat flexibiliteit centraal moet worden aangestuurd. Het doel is om flexibiliteit optimaal in te zetten, soms decentraal en soms centraal. Digitalisering moet inzicht bieden in de beste keuzes en helpen bij de uitvoering, maar de uiteindelijke keuze ligt bij de betrokken partijen zelf.

Status en gaps

De noodzaak voor afstemming over de inzet van flexibiliteit wordt herkend. Binnen GOPACS wordt hier al invulling aan gegeven om congestie te voorkomen zonder onbalans te veroorzaken. Via Equigy kan geaggregeerde flexibiliteit van kleinverbruikers al worden aangeboden voor systeembalans. Er zijn echter nog geen oplossingen om te voorkomen dat

de inzet van flexibiliteit op de leveringsmarkt of de onbalansmarkt leidt tot congestieproblemen in distributienetten.

Vooral voor kleinere spelers is het moeilijk om inzicht te krijgen in de beste inzet van flexibiliteit, zowel voor de gebruiker als voor het systeem. Hierdoor wordt de mogelijke waarde van flexibiliteit voor het systeem gemist. Inzicht in vraag en aanbod van flexibiliteit komt momenteel integraal bij elkaar, waardoor aangeboden flexibiliteit niet altijd optimaal wordt benut.

Relevante stappen

- Voer het beschreven onderzoek uit. Bekijk daarbij welke bestaande oplossingen daarbij ingezet kunnen worden (bijvoorbeeld koppeling met Equigy en GOPACS).
- Volg dit eventueel op met de ontwikkeling van de benodigde digitalisering.
- Pas, als met digitalisering inderdaad meer grip verkregen kan worden, zo nodig regelgeving aan om de inzet van flexibiliteit die leidt tot ongewenste systeemeffecten tegen te gaan.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met Netbeheer Nederland, het ministerie van KGG, VNG, IPO/provincies, Energie Samen, ACM en aanbieders van flexibiliteit, zoals energieleveranciers, aggregators, energiehubs en energiegemeenschappen.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. Onderzoek kan direct starten. Afhankelijk van uitkomst vervolg prioriteren.

Actie 4.1.2 | Ontwikkel een referentie-architectuur voor het elektriciteitssysteem

Ontwikkel een referentie-architectuur die de samenhang van digitalisering en bijbehorende rollen en verantwoordelijkheden op verschillende systeemniveaus beschrijft. Schrijf waar nuttig en nodig ontwerpprincipes voor. Deze referentie-architectuur moet voorbereid zijn om later de integratie van andere energiedragers, zoals warmte en waterstof, toe te voegen.

Status en gaps

Er zijn al internationale architectuur-raamwerken, zoals SGAM, en rollenmodellen, zoals het USEF-rollenmodel en het Harmonised Electricity Market Role Model van ENTSO-e. Deze bieden een denkraam, maar geven nog geen richting. Het programma Digitalisering van de Topsector Energie heeft opdracht gegeven een referentie-architectuur voor het gehele Nederlandse energiesysteem te ontwerpen. Deze opdracht richt zich alleen op

data-uitwisseling en niet op functionaliteiten. Daarnaast hebben netbeheerders een capability model opgesteld (NBility).

Relevante stappen

Zet de opdracht voor de referentie-architectuur voort en breidt deze uit of vervolg deze met een analyse van rollen, verantwoordelijkheden en functionaliteiten in de belangrijkste systeemniveau-overschrijdende ketens.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Topsector Energie, in samenwerking met netbeheerders en ketenpartijen.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. De ontwikkeling is in gang gezet met een eerste project vanuit Topsector Energie. Genoemde uitbreiding als vervolg daarop.

4.4.2 Integrale rol van digitalisering in het elektriciteitssysteem

Actielijn 4.2

Integrale rol van digitalisering in het elektriciteitssysteem

Doel

Acties binnen deze actielijn hebben als doel om aspecten van digitalisering die fundamentele en globale impact hebben op het elektriciteitssysteem systeem en (daarmee) op publieke belangen uit het NPE. Dit betreft visieontwikkeling rond disruptieve kansen met digitalisering, globale risico's en randvoorwaarden voor digitalisering en de coördinatie van onderzoek hierop.

Wat levert het op?

Een onderbouwd toekomstbeeld van het digitale elektriciteitssysteem waarbij globale randvoorwaarden en risico's geadresseerd worden en waarbij onderzoek gericht en gecoördineerd is.

Actie 4.2.1 | Ontwikkel een toekomstvisie op de rol van digitalisering in het energiesysteem

Inventariseer en beoordeel mogelijke toepassingen van digitalisering in het elektriciteitssysteem die in de toekomst een rol kunnen spelen. Analyseer hoe digitalisering het elektriciteitssysteem fundamenteel anders en beter kan maken. Ontwikkel op basis daarvan een visie op het 'digitale energiesysteem van de toekomst'.

Status en gaps

Deze actieagenda richt zich voornamelijk op het borgen van publieke belangen en het realiseren van de richtinggevende keuzes van het NPE. De agenda richt zich nog niet op een meer disruptieve rol voor digitalisering. Vanuit de Nationale Wetenschapsagenda (NWA) is in 2025 een onderzoeksproject gestart naar de gewenste inrichting van de Nederlandse energiemarkt in 2050 (het project MODES). Dit project kan nieuwe marktmodellen uitwerken waarbinnen digitalisering een disruptieve rol speelt. Op dit moment is er nog geen beeld hoe digitalisering nog waardevoller kan zijn door het energiesysteem zelf anders te bedrijven door de mogelijkheden van digitalisering optimaal in te zetten. Ontwikkelingen als AI, cloud en edge computing, worden in de actieagenda hier en daar benoemd, maar nog niet ten volle verkend. De ontwikkelingen en mogelijkheden van digitalisering gaan razendsnel, dus een dergelijk beeld moet up-to-date gehouden worden. De Topsector Energie laat regelmatig duiden wat

de betekenis van nieuwe ontwikkelingen voor het energiesysteem is.

Relevante stappen

- Analyseer (regelmatig) actuele ontwikkelingen rond digitalisering en de waarde die deze kunnen hebben voor het energiesysteem (bijvoorbeeld in de vorm van een technologieradar). Koppel daarbij denkrichtingen en oplossingen rond marktordening (MODES) aan mogelijkheden van digitalisering en vice versa.
- Ontwikkel een visie op het 'digitale energiesysteem van de toekomst', waarin het potentieel van digitalisering ten volle wordt benut, inclusief meer disruptieve mogelijkheden. Houd rekening met nieuwe behoeften vanuit bijvoorbeeld marktordening (uit het NWA-project) en ontwikkelingen rond de rol van het decentrale energiesysteem. Besteed daarnaast aandacht aan cybersecurity-aspecten, zowel in termen van kansen als bedreigingen.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Ministerie van KGG, in samenwerking met de Topsector Energie, netbeheerders, Club van Wageningen, Transform, kennispartijen.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. Vóór de totstandkoming van de volgende versie van het NPE.

Actie 4.2.2 | Organiseer het bij elkaar brengen van kennis en innovatie rond digitalisering van het elektriciteitssysteem

Bepaal de meerwaarde van het bij elkaar brengen van kennis, onderzoek en innovatie rond digitalisering van het elektriciteitssysteem en richt hiervoor de benodigde organisatie in.

Status en gaps

Er wordt op verschillende TRL-niveaus veel onderzoek en ontwikkeling gedaan naar het digitaliseren van het

elektriciteitssysteem. Dit onderzoek is echter sterk versnipperd, waardoor kansen op synergie mogelijk worden gemist en het onderzoek niet optimaal bijdraagt aan het verdienvermogen en de kennispositie van Nederland. Bovendien maakt deze versnippering het moeilijk om te garanderen dat de ontwikkelingen samen zullen leiden tot een goed functionerend digitaal systeem ('*digitalization done right*').

Relevante stappen

- Analyseer welke kennis, onderzoek en innovatie baat hebben bij samenwerking in een kennisfunctie.
- Zodra de thema's en acties van de actieagenda zijn uitgekristalliseerd en geprioriteerd (zie hoofdstuk 5), onderzoek dan welke rol van deze kennisfunctie in kennisontwikkeling, onderzoek en innovatie per thema.
- Bepaal de juiste organisatievorm voor de kennisfunctie, bijvoorbeeld een Joint Innovation Centre⁴⁴, en richt deze in.
- Zorg ervoor dat deze kennisfunctie een 'kennisbank' biedt voor onderzoeksresultaten en snel verbindingen kan maken tussen kennis- en innovatiebehoeften vanuit de sector en onderzoekers en innovators.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

TNO, in samenwerking met de Topsector Energie, andere kennisinstellingen, netbeheerders, partijen die digitale oplossingen ontwikkelen, Energie Nederland en NLdigital.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Het onderzoek kan direct starten. Het opzetten van de kennisfunctie kan op middellange termijn, waarbij de kennisfunctie blijvend (dus ook op langere termijn) onderzoek met betrekking tot het digitale energiesysteem bij elkaar brengt.

Actie 4.2.3 | Onderzoek de implicaties van AI op het energiesysteem

Onderzoek de systeemimpact van en noodzakelijke randvoorwaarden voor de inzet en ontwikkeling van AI. Onderzoek hoe randvoorwaarden rond AI kunnen worden ingevuld in het energiesysteem zodat de publieke belangen geborgd blijven. Analyseer de impact van autonome AI-ontwikkelingen die al grootschalig plaatsvinden en nog verder zullen versnellen. Analyseer daarnaast welke disruptieve kansen AI kan hebben en de impact daarvan op energiesysteem.

Deze actie richt zich vooral op de disruptieve rol die AI kan hebben op het systeem. De toepassing van AI binnen individuele oplossingen of toepassingen worden opgepakt bij de betreffende acties.

Status en gaps

AI kan bijdragen aan veel van de oplossingen uit hoofdstuk 3 en aan veel van de acties is dit hoofdstuk. Door de snelle ontwikkelingen van AI en de potentieel disruptieve impact op het energiesysteem is voor deze technologie een aparte actie opgenomen. De Topsector Energie heeft een analyse uitgevoerd van de impact van sleutel-

technologieën voor de energietransitie, waaronder AI.⁴⁵ Er lopen al diverse initiatieven rond mogelijke AI-toepassingen voor het energiesysteem, zoals de AIC4NL Toepassingsgebied Energie en Duurzaamheid, ELSA-labs, het AI Lab bij Alliander en het FlexLab AI InnovatieLab van Alliander en TNO.

Eerste analyses vanuit ELSA-labs over de systeemimpact van AI wijzen op aandachtspunten in de energiemarkt, *grid management* en energie-gemeenschappen. De Europese AI Act beschrijft regels, richtlijnen en gedragscodes voor de inzet van AI, onder andere ten aanzien van kritieke infrastructuur. Denk bijvoorbeeld aan autonome AI-gebaseerde systemen die op vergelijkbare prijsprikkels mogelijk veel uniformer reageren dan mensen. Dit kan onbedoeld de energievoorziening ontregelen. Ook bij individuele bedrijven vinden de eerste toepassingen van AI hun weg. Met een grotere rol van AI worden uitlegbaarheid (XAI, *explainable AI*) en ethiek en transparantie (RAI, *responsible AI*) steeds belangrijker. Onderzoek hiernaar is nog pril.

Relevante stappen

- Analyseer de mogelijk disruptieve impact van AI op het energiesysteem. Dit omvat zowel innovatieve nieuwe concepten die nog ontwikkeld moeten worden als autonome ontwikkelingen in de markt. Beschouw hierbij zowel de kansen als de risico's en randvoorwaarden die daarbij opdoemen. Houd ook rekening met deze risico's in het kader van de EU AI Act, het AI Continent Action Plan en InvestAI.
- Maak stakeholders bewust van deze kansen, risico's en randvoorwaarden en ontwikkel zo nodig initiatieven om kansen of randvoorwaarden in te vullen.

- Zorg ervoor dat de randvoorwaarden binnen het systeem op tijd ingevuld zijn. Zorg onder andere voor bruikbare invullingen van XAI en RAI.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Topsector Energie, in samenwerking met kennispartijen, NLdigital, AIC4NL, Netbeheer Nederland, Energie Samen.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. De analyse kan gelijk beginnen om snel inzicht te krijgen in dit zich snel ontwikkelende onderwerp. Op basis daarvan op middellange termijn verder richting geven.

Actie 4.2.4 | Breng bestaande en missende maatregelen voor het adresseren van risico's en randvoorwaarden van digitalisering in kaart

Onderzoek de risico's en randvoorwaarden met betrekking tot de publieke belangen van het NPE, zoals benoemd in hoofdstukken 2 en 3, en voor de acties in hoofdstuk 4. Bepaal of en hoe deze risico's en randvoorwaarden al worden aangepakt en of er aanvullende maatregelen nodig zijn. Maatregelen kunnen technisch van aard zijn, maar ook in de vorm van bijvoorbeeld regelgeving worden gerealiseerd.

Status en gaps

Er zijn al veel technische maatregelen en regelgeving met betrekking tot digitalisering. Een aantal van de risico's die in hoofdstukken 2 en 3 zijn benoemd, worden aanvullend aangepakt in de acties van hoofdstuk 4. Er zijn echter risico's en randvoorwaarden (vooral de meer generieke) die daarmee nog niet worden afgedekt.

Relevante stappen

- Complementeer het overzicht van risico's en randvoorwaarden in hoofdstuk 3, door systematisch in kaart te brengen welke risico's en randvoorwaarden per thema spelen.

- Ga na in hoeverre deze risico's en randvoorwaarden worden geadresseerd door bestaande maatregelen en door acties die al zijn beschreven in dit hoofdstuk 4.
- Analyseer de aanvullende risico's en randvoorwaarden die voortkomen uit de acties in hoofdstuk 4 en die specifiek voor die actie gelden.
- Analyseer aanvullende risico's en randvoorwaarden die voortkomen uit de acties in hoofdstuk 4 en die ook buiten deze acties, dus generiek, van belang zijn voor het digitale energiesysteem.
- Stel een databank beschikbaar met een overzicht van risico's, randvoorwaarden en maatregelen met betrekking tot digitalisering.
- Formuleer aanvullende acties voor risico's en randvoorwaarden die nog niet worden geadresseerd met bestaande maatregelen of acties in de actieagenda.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Topsector Energie, in samenwerking met het Rathenau Instituut, kennispartijen, en (een consultatie van) andere stakeholders van het energiesysteem.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. Risico's en randvoorwaarden moeten snel in beeld zijn voor het uitvoeren van de actie-agenda. Dit is een terugkerende actie. Risico's en

randvoorwaarden veranderen in de tijd, waardoor een goede analyse en aanvullende acties steeds nodig blijven.

4.4.3 Versterken weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

Actielijn 4.3

Versterken weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

Doel

De weerbaarheid van het elektriciteitssysteem bestaat uit drie delen: het voorkomen van cyberincidenten, het minimaliseren van schade bij aanvallen of storingen, en het verminderen van ongewenste afhankelijkheden. Deze actielijn ondersteunt partijen bij het realiseren van deze doelen en brengt belangrijke keuzes in kaart.

Wat levert het op?

Concrete ondersteuning voor bedrijven en andere partijen op het gebied van cyberweerbaarheid en inzicht in de keuzes die op dit gebied moeten worden gemaakt.

Actie 4.3.1 | Stel een integrale aanpak op voor de rol van en randvoorwaarden voor digitalisering bij het verhogen van de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem

Weerbaarheid en cybersecurity van het elektriciteitssysteem zijn onderwerpen waar alle spelers van het systeem mee te maken hebben. Dit geldt zowel voor specifieke onderdelen van het energiesysteem, zoals de cybersecurity van een EMS-systeem, als voor het systeem als geheel, bijvoorbeeld door cascade-effecten van incidenten.

Deze actie stelt een integrale aanpak voor de rol van digitalisering in de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem voor. Deze aanpak:

- Wordt opgezet samen met belangrijke publieke en private actoren en belanghebbenden in het elektriciteitssysteem: overheid, marktpartijen, kennispartijen, ICT-partijen, ENCS, Elaad.nl en bestaande samenwerkingsverbanden en initiatieven zoals DIVD, FLECS en de cyber-werkgroepen van brancheverenigingen en kennis- en *fieldlabs*.

- Combineert relevante expertises (technisch, digitaal, economisch, sociaal).
- Kijkt zowel naar risico's en maatregelen van en voor onderdelen van het energiesysteem en individuele partijen, als naar risico's en maatregelen van en voor het integrale systeem.

Inhoudelijk vallen in ieder geval de volgende vraagstukken onder deze aanpak (niet uitputtend):

- (Ondersteunen van) cybersecurity en cyberweerbaarheid bij (lokale) energie-initiatieven.
- Cyberweerbaarheid en de rol van digitalisering voor de weerbaarheid van het integrale elektriciteitssysteem. Daarbij is in het bijzonder ook aandacht nodig voor de ontwikkelingen rond AI.
- Digitalisering als middel om internationale afhankelijkheden te verminderen (geopolitieke weerbaarheid).

- Borgen van voldoende strategische autonomie als het gaat om digitalisering. Zorgen dat er rond digitalisering zelf geen ongewenste internationale afhankelijkheden ontstaan, bijvoorbeeld van Big Tech-bedrijven.

Voor deze actie is het onlogisch en niet effectief om de aanpak te beperken tot alleen het elektriciteitssysteem. Deze actieagenda is gericht op het elektriciteitssysteem, maar in de aanpak van deze actie dienen ook andere energiedragers meegenomen te worden.

Status en gaps

RDI heeft momenteel de rol van toezichthouder op de cyberweerbaarheid van vitale infrastructuur, waaronder elektriciteitsinfrastructuur. Er is veel wetgeving op het gebied van cyberweerbaarheid en -veiligheid in ontwikkeling of al van kracht. Deze wetgeving is echter versnipperd. Vanuit de EU komen bijvoorbeeld eisen uit de Radio Equipment Directive (RED3.3), de AI Act, de Digital Services Act (DSA), de Cyber Resilience Act (CRA) en de Network & Information Security directive (NIS2). De eisen uit deze wetgeving moeten helder worden gemaakt en worden voorzien van handelingsperspectief voor alle partijen. Binnen het ministerie van KGG is weerbaarheid een belangrijk onderwerp. Er wordt gewerkt aan een notitie over decentrale energiesystemen in relatie tot de weerbaarheid van het totale energiesysteem.

Het is nodig dat de energiesector gecoördineerd samenwerkt en kennis deelt om sneller stappen te zetten in het verhogen van de weerbaarheid. In

de integrale aanpak moet daarom ook helderheid komen over de verantwoordelijkheden van publieke partijen met betrekking tot cybersecurity in de energiesector (KGG, EZ, BZ/AIVD, RDI, JenV/NCSC/NCTV, Defensie, IenW), evenals over de rol- en taakverdeling bij activiteiten door andere spelers.

Relevante stappen

- Ontwikkel en organiseer de genoemde integrale aanpak.
- Zorg dat deze aanpak leidt tot een structurele invulling van cybersecurity en de rol van digitalisering bij de weerbaarheid van het elektriciteitssysteem.
- Onderzoek daarbij digitale ontwikkelingen die een belangrijke rol kunnen spelen bij de weerbaarheid van het systeem.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met de ministeries van KGG, EZ, BZ, BZK en VRO, Topsector Energie, RDI, Energie Samen, Energie Nederland, Netbeheer Nederland, NCSC, inlichtingendiensten (AIVD en MIVD) en kennisinstellingen.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Opstarten moet gezien ontwikkelingen in de geopolitiek en in het energiedomein snel gebeuren en vindt op deelonderwerpen al plaats. Op middellange termijn zorgen dat er een aanpak gerealiseerd wordt die op langere termijn kan doorgroeien tot een structureel proces.

Weerbaarheid en cybersecurity van het elektriciteitssysteem zijn onderwerpen waar alle spelers van het systeem mee te maken hebben. Dit geldt zowel voor specifieke onderdelen van het energiesysteem, zoals de cybersecurity van een EMS-systeem, als voor het systeem als geheel.



4.5 Acties onder **THEMA 5:** Planning, aanleg en monitoring van het elektriciteitssysteem

4.5.1 Gezamenlijk en gebiedsgericht plannen van het elektriciteitssysteem

Actielijn 5.1

Gezamenlijk en gebiedsgericht plannen van het elektriciteitssysteem

Doel

Deze actielijn richt zich op het doorontwikkelen en gebruiken van planningsinstrumenten. Deze instrumenten ondersteunen de besluitvorming over de ruimtelijke inrichting van gebieden in combinatie met de inrichting van het energiesysteem. Daarnaast bewaken monitors de voortgang op regionaal en nationaal niveau.

Wat levert het op?

Het zal duidelijk worden welke informatie en inzichten nodig zijn bij het plannen en bewaken van de inrichting van het energiesysteem. De planningsinstrumenten voorzien in die informatiebehoefte, ondersteund door een data-ecosysteem (zie thema 1). Ruimtelijk plannen met aandacht voor de regionale context maakt het mogelijk de schaarse ruimte optimaal te benutten en in te delen, terwijl tegelijkertijd bijgedragen wordt aan de verduurzamingsdoelen op een transparante manier.

N.B.: Een integrale gebiedsgerichte aanpak dient ook integraal over verschillende energiedragers heen naar het energiesysteem te kijken. In het bijzonder de warmtevoorziening heeft een sterke link met het elektriciteitssysteem. Veel van de onderstaande acties zouden daarom over energiedragers heen opgepakt moeten worden. De tekst focust echter op elektriciteit.

Actie 5.1.1 | Stimuleer de ontwikkeling en het gebruik van gebiedsgerichte planningsmodellen voor de afstemming tussen ruimtelijke ontwikkelingen en het energiesysteem

Deze actie zorgt voor overeenstemming over de wensen en eisen aan digitale planningsmodellen in Nederland en maakt deze modellen beschikbaar voor gebruik. Planningsmodellen spelen een rol in de afstemming tussen overheden, systeemdeelnemers en netbeheerders over de ontwikkeling van vraag en aanbod (energiebalans) en het benodigde elektriciteitssysteem.

Status en gaps

Het ultieme model bestaat niet, maar er zijn initiatieven die deze richting op bewegen. De modellen die er zijn, worden nog niet breed toegepast of zijn ontstaan uit regionaal initiatieven. Een bredere inzet van modellen die de link leggen tussen ruimtelijke ordening en inrichting van het elektriciteits-

systeem ontbreekt nog. Het is wenselijk om afstemming te bereiken over de inzet van deze modellen, de benodigde brondata, de verwachte uitkomsten en richtlijnen voor functionaliteiten.

Relevante stappen

- Stel een plan van eisen op voor de planningstools, met name gericht op de gevraagde informatie vanuit de specifieke planningsprocessen (van idee tot en met beheer).
- Stel ontwerpprincipes en randvoorwaarden op voor de ontwikkeling en het gebruik van energieplanningsmodellen.
- Maak gebruikte bronnen, rekenmethodiek en uitkomsten transparant (zoals bijvoorbeeld invoer voor de energievisie en ontwikkelplannen uit het pMIEK-proces). Zie ook de 'Leidende principes *digital twin*' van Geonovum.⁴⁶
- Verzoek PBL, NP RES om een uitvraag te doen per gemeente naar de ambities met betrekking tot lokale opwek in 2030 en 2040 en gebruik de resultaten in de planningsprocessen voor ruimtelijke ordening. Maak dit onderdeel van het data ecosysteem (zie thema 1).
- Koppel modellen via gestandaardiseerde informatieproducten aan planningsprocessen.
- Zet in op een standaard energiesysteem-ontologie zodat ongeacht het instrument de uitkomsten en haalbaarheid van plannen getoetst kan worden.
- Start een onderzoek om het belang van de toepassing van AI en *augmented reality* voor planningsinstrumenten en participatiedoelinden in kaart te brengen.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met het ministerie van VRO, het ministerie van KGG, VNG, IPO, RVO, PBL, modelbouwers, publieke kennisinfrastructuur, adviesbureaus, Energie Nederland, Netbeheer Nederland en het DMI-ecosysteem.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Het gebruik van deze instrumenten moet aansluiten bij de praktijk. Er bestaat een cyclus voor integraal programmeren en het zou passend zijn daarbij aan te sluiten.

Actie 5.1.2 | Maak afspraken over de methodiek voor monitoring op beleid, die de verbinding legt tussen nationale monitors en regionale monitors

Het bewaken van de voortgang van de inrichting van het elektriciteitssysteem krijgt door decentrale ontwikkelingen een extra dimensie en vereist een aanpak waarbij nationale en regionale beleids-

monitors gezamenlijk inzichtelijk maken wat de echte voortgang is. Er zijn afspraken nodig over de benodigde monitors en het proces om die monitors te koppelen.

Het bewaken van de voortgang van de inrichting van het elektriciteits-systeem krijgt door decentrale ontwikkelingen een extra dimensie en vereist een aanpak waarbij nationale en regionale beleidsmonitors gezamenlijk inzichtelijk maken wat de echte voortgang is.

Status en gaps

Huidige monitors bevinden zich vooral op het nationale niveau (KEV, Monitor NPE, Monitor Leveringszekerheid). Decentrale monitors worden nog niet volledig gekoppeld met deze nationale monitors, met als uitzondering de NPRES.

Relevante stappen

- Leg een koppeling tussen nationale programma's en monitors met gebiedsgerichte ontwikkeling en monitors van het energiesysteem.
- Definieer de indicatoren voor regionalisatie en optelbaarheid.
- Definieer een uniforme methodiek, uniforme data en rekenmethoden, met heldere informatieproducten om informatieketens te vormen die het monitoringsproces ondersteunen en regionalisering en optelbaarheid mogelijk maken.

- Voorbeeld van concrete invulling: verzoek PBL, NP RES om een uitvraag te doen per gemeente naar de ambities met betrekking tot lokale opwek in 2030 en 2040 en leg deze bottom-up analyse naast de macro-uitkomsten van de jaarlijkse KEV-cijfers. Zo wordt zichtbaar waar decentrale systemen vorm beginnen te krijgen.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Actiehouder nader te bepalen, uitvoering in samenwerking met het ministerie van KGG, het ministerie van VRO, publieke kennisorganisaties⁴⁷, VNG, IPO, RVO en het DMI-ecosysteem.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Zie ook actie 5.1.1. Deze methodiek toepassen in de praktijk onderdeel maken van de bestaande monitoringcyclus, maar dan ook met het integraal programmeren.

4.5.2 Versnellen van aanleg van elektriciteitsinfrastructuur

Actielijn 5.2

Versnellen van aanleg van elektriciteitsinfrastructuur

Doel

De acties binnen deze actielijn hebben als doel om de processen en werkzaamheden voor de aanleg van elektriciteitsinfrastructuur te ondersteunen en efficiënter en effectiever te maken. Hierdoor is het mogelijk om met hetzelfde aantal mensen in dezelfde tijd meer netwerkinfrastructuur aan te leggen.

Wat levert het op?

Digitalisering die processen en werkzaamheden voor aanleg van netwerkinfrastructuur ondersteunt. Dit helpt om netwerkcapaciteit sneller en gericht aan te leggen en uit te breiden. Hierdoor kunnen met de beperkte arbeidscapaciteit van monteurs sneller meer partijen worden aangesloten en kan congestie worden voorkomen.

Actie 5.2.1 | Ontwikkel arbeidsondersteunende digitalisering

Inventariseer, onderzoek en ontwikkel digitalisering die de werkzaamheden van monteurs (het aanleggen, aanpassen, uitbreiden en onder-

houden van netwerken) en andere medewerkers in de aanlegketen voor infrastructuur kan ondersteunen.

Status en gaps

Netbeheerders en kennispartijen doen al veel onderzoek naar de mogelijkheden van arbeids-ondersteunende digitalisering voor monteurs (zoals robotisering en AI). In sommige gevallen wordt dit al toegepast, zoals bij het digitaal inmeten van kabels en het toepassen van beeldherkenning bij schouwen. Vaak is er echter nog doorontwikkeling nodig. Ook uniformering en het delen van ervaringen tussen netbeheerders gebeurt nog niet in de volle breedte.

Relevante stappen

- Inventariseer, test, selecteer en ontwikkel digitale mogelijkheden zoals generatieve AI, spraakherkenning, *virtual reality*, robotisering die werkzaamheden kunnen ondersteunen.

- Wissel ervaringen uit en uniformeer zo nodig de uitrol van kansrijke digitale ondersteuning bij verschillende netbeheerders.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders, in samenwerking met aannemers en toeleveranciers.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Lopend onderzoek voortzetten, uitbreiden en kennis delen. Op middellange termijn implementeren op de werkvloer. Urgentie en belang zijn groot.

Actie 5.2.2 | Uniformeer en automatiseer processen voor aanleg van infrastructuur

Benut de mogelijkheden van digitalisering voor het ondersteunen van aanlegprocessen. Dit betreft zowel de informatie (bovengronds en ondergronds) die nodig is voor de aanleg als het ondersteunen van de processen zelf (*workflow*).

Status en gaps

Bij verschillende netbeheerders vindt digitalisering van en rond aanlegprocessen al op verschillende manieren en in verschillende mate plaats. Zo heeft Liander modulair bouwen ingevoerd. In de gebouwde omgeving is een afsprakenstelsel opgezet voor datadiensten (digiGO). Op dit moment wordt digitalisering nog niet in de volle breedte van de aanlegprocessen ingezet en is deze digitalisering, net als de *workflow*, nog niet uniform. Hier wordt door de netbeheerders wel al aan gewerkt.

Relevante stappen

- Digitaliseer en uniformeer alle data die nodig is bij het plannen en uitvoeren van aanleg van infrastructuur (inmeetdata, koppeling met digitaal stelsel gebouwde omgeving, GIS-data, informatie over bestaande infrastructuur).

- Zorg ervoor dat deze data beschikbaar is voor alle betrokken partijen in de aanlegketen (netbeheerders, aannemers en toeleveranciers, monteurs en planners).
- Richt digitale ondersteuning in van de *workflow* van aanlegprocessen. Zorg daarbij voor gedeeld inzicht in de *workflow* en voortgang voor alle betrokken medewerkers en met andere grondroerders. Dit betreft bijvoorbeeld digitale ondersteuning bij modulair bouwen (CIM, BIM).
- Uniformeer deze digitalisering bij de verschillende netbeheerders voor betere samenwerking met aannemers die voor verschillende netbeheerders werken en richt de bijbehorende governance in.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Netbeheerders, in samenwerking met VNG, IPO/provincies, toeleveranciers en aannemers, andere grondroerders, het DMI-ecosysteem.

Wanneer uitvoeren?

Middellange termijn. Laat digitaliseren en uniformeren daarbij gelijk opgaan.

4.5.3 Ontwikkeling van digitale *skills* in de energiesector

Actielijn 5.3

Ontwikkeling van digitale *skills* in de energiesector

Doel

De acties binnen deze actielijn staan in het teken van het versterken van digitale competenties van energie-professionals, zodat zij de digitale oplossingen die in deze actieagenda worden beschreven effectief kunnen gebruiken of ontwikkelen.

Wat levert het op?

Energie-professionals met adequate digitale *skills* waardoor digitale oplossingen beter van de grond komen.

Actie 5.3.1 | Versterk de digitale *skills* van betrokkenen in aanlegprocessen

Ontwikkel de digitale *skills* bij medewerkers, zowel bij de opleiding van monteurs en andere medewerkers (inclusief management), als bij het bijscholen van ervaren medewerkers. Dit geldt voor alle medewerkers die bij netbeheerders, aannemers en leveranciers van netwerkcomponenten betrokken zijn bij de aanleg van infrastructuur.

Status en gaps

Binnen de Topsector Energie, programma's Digitalisering en Human Capital Agenda is er aandacht voor het ontwikkelen van digitale *skills*.

Relevante stappen

- Ontwikkel in samenspraak met opleidingsinstituten en partijen in de keten curricula waarin digitale *skills* worden ontwikkeld.

- Onderhoud deze *skills*, want digitalisering maakt een snelle ontwikkeling door.
- Onderzoek het gebruik van AI en *augmented reality* daarbij.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Topsector Energie, in samenwerking met onderwijsinstellingen en de opleidingscentra van netbeheerders

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. De rol van digitalisering is cruciaal, personeel is schaars en opleiden kost tijd. Deze actie duurt op de middellange en lange termijn voort.

Actie 5.3.2 | Versterk de digitale *skills* van installateurs en energie adviseurs

Ontwikkel de digitale *skills* van installateurs en energie-adviseurs. Consumenten laten zich bij de keuze voor een slim net-intensief apparaat of een EMS-systeem vaak adviseren door installateurs en energie-adviseurs. Hierbij zal de digitale

component een steeds belangrijkere rol gaan spelen. Installateurs zijn daarnaast ook verantwoordelijk voor de oplevering en overdracht van een goed werkend apparaat of EMS-systeem.

Status en gaps

Digitale *skills* blijven ver achter bij bijvoorbeeld elektrotechnische kennis. Dit is een groot risico voor de uitrol van slimme net intensieve apparaten en heeft een drukkend effect op de hoeveelheid flexibiliteit die bij eindgebruikers ontsloten kan gaan worden.

Relevante stappen

- Zorg dat digitale *skills* een integraal onderdeel van het curriculum vormen van opleidings- en bijscholingstrajecten voor installateurs en energie adviseurs.
- Ontwikkel een certificaat voor digitale skills waarmee installateurs en energie-adviseurs aan kunnen tonen dat ze over de juiste kennis beschikken.

- Onderzoek het gebruik van AI en *augmented reality* (AR) daarbij.

Actiehouder(s) en betrokken partijen

Onderwijsinstellingen, in samenwerking met Techniek Nederland.

Wanneer uitvoeren?

Korte termijn. De rol van digitalisering is cruciaal, personeel is schaars en opleiden kost tijd. Deze actie duurt op de middellange en lange termijn voort.



5

Uitvoering van de agenda

Deze actieagenda geeft richting aan de digitalisering van het energiesysteem. Het is een startpunt voor een gecoördineerde aanpak. De agenda bevat acties die bestaande initiatieven versterken of versnellen, en nieuwe acties om de doelen van het NPE te halen. De uitvoering van de agenda moet in samenhang worden gezien. Digitalisering is daarbij geen doel op zich, maar staat in dienst van de energietransitie. Vanwege de urgentie en potentie van het onderwerp vraagt de agenda om serieuze opvolging.





De agenda is een 'rollende agenda' die continu onderhoud vereist en zich zal ontwikkelen over de tijd. Snelle ontwikkelingen in digitalisering vereisen goede monitoring, actualisering en bijsturing. Dit geldt zowel voor de korte als de lange termijn. Op korte termijn moeten de beschreven acties verder worden geprioriteerd. Ook moet worden bepaald wie de nieuwe acties van de agenda gaat

leiden en hoe deze worden gefinancierd. Op langere termijn zal meer duidelijkheid ontstaan over de ontwikkeling van de energietransitie en de relatie met het digitale domein. Dit zal leiden tot nieuwe acties. Uitvoering vereist daarom een duidelijke structuur en rolverdeling. Dit hoofdstuk beschrijft hoe dit wordt ingericht.



5.1 Uitvoering als programma, met vier hoofdtaken

De actieagenda is een samenhangend programma van verschillende projecten en activiteiten. Deze hebben een meerjarig karakter en zijn gericht op het bereiken van een strategisch doel: een duurzaam, weerbaar, betrouwbaar en betaalbaar energiesysteem. Veel partijen zijn betrokken bij de uitvoering van de acties. Zij moeten samenwerken om dat gestelde doel te realiseren. De uitvoering van de agenda vereist daarom programmacoördinatie. Hierbij worden vier hoofdtaken onderscheiden:

- 1 Allereerst moet de actieagenda bijdragen aan het geformuleerde doel. Maatschappelijk verantwoord digitaliseren gaat niet vanzelf en moet goed worden geleid (*'digitalization done right'*). Daarom is het belangrijk dat prioriteiten en afhankelijkheden worden gemanaged vanuit een gemeenschappelijke visie. Zo kan worden getoetst of de juiste keuzes worden gemaakt. Op basis van nieuwe ontwikkelingen moeten beleid of acties mogelijk worden bijgesteld.
- 2 Daarnaast moet de totale inspanning in onderlinge samenhang worden uitgevoerd. Als dit niet gebeurt, is fragmentatie het risico. Voorkomen moet worden dat acties die op de korte termijn worden uitgevoerd, op de lange termijn niet bijdragen aan het bereiken van de doelstelling. Het is niet vanzelfsprekend dat dit vanzelf goed

komt. De vele betrokken partijen kunnen digitalisering immers allemaal anders aanpakken. Om het gestelde doel te bereiken, is daarom afstemming noodzakelijk om zaken als standaardisatie en interoperabiliteit te realiseren. Ook onderwerpen als veiligheid, weerbaarheid en soevereiniteit vereisen coördinatie.

- 3 Het 'umfeld' moet goed worden betrokken bij de uitvoering van de agenda. Het moet een agenda van en voor de sector zijn, met mandaat van de sector. Met het maken van deze agenda is daarmee een begin gemaakt, door de klankbordgroep en stuurgroep die zijn ingericht.⁴⁸ De kracht hiervan moet behouden blijven en er moet voortdurend ruimte zijn voor andere en nieuwe partijen uit het ecosysteem om zich aan te sluiten.⁴⁹
- 4 Ten slotte moeten randvoorwaarden worden gecreëerd en knelpunten in de uitvoering van de agenda worden opgelost. Dit betreft bijvoorbeeld beleid, technologie, menskracht, financiering of de acceptatie van nieuwe oplossingen. Deze agenda adresseert al een aantal knelpunten, maar tijdens de uitvoering zullen nieuwe knelpunten ontstaan die moeten worden aangepakt.

Het coördineren van deze taken vereist sturing en bewaking, met de bijbehorende uitvoeringscapaciteit en governancestructuur. Er zijn partijen nodig die de agenda aanjagen en levend houden.

De volgende paragraaf beschrijft hoe de governance van het programma van de actieagenda wordt ingericht.



5.2 Governancestructuur van het programma

Bij de uitvoering van de hoofdtaken uit de vorige paragraaf kunnen drie uitvoeringsniveaus worden onderscheiden: het strategische niveau (ontwikkelen van de visie en kaders, scheppen van de randvoorwaarden), het tactische niveau (coördineren van de *overall* uitvoering van de agenda) en het operationele niveau (het daadwerkelijk uitvoeren van de individuele acties). Dit wordt als volgt belegd.

Op strategisch niveau berust de verantwoordelijkheid voor de actieagenda bij het ministerie van Klimaat en Groene Groei. Dit ministerie is verantwoordelijk voor het NPE en heeft het initiatief genomen voor de ontwikkeling van deze actieagenda. Het zorgt ook voor de monitoring en evaluatie van de ontwikkeling van het energiesysteem en ontwikkelt en benut de daarvoor benodigde kennis, informatie en data. Daarom is het logisch om de verantwoordelijkheid voor het scheppen van randvoorwaarden (zoals wet- en regelgeving) en het vastleggen van uitgangspunten en afspraken te beleggen bij dit ministerie. Ook het beschrijven van de verhouding tussen het NPE en de uitvoering en doorontwikkeling van deze agenda behoort tot de taken van het ministerie.

Het tweede niveau betreft de coördinatie van de daadwerkelijke uitvoering van de actieagenda, ofwel het programmanagement. Dit wordt belegd via het programma Digitalisering van de Topsector Energie. Hiertoe zal de Topsector in het vierde kwartaal van 2025 een programmaplan opstellen, in afstemming met de stuurgroep. De mensen die hebben deelgenomen aan de klankbordgroep van de actieagenda worden daarbij geconsulteerd,

en de stuurgroep zal om instemming worden gevraagd voordat het plan in de uitvoeringsfase komt. De uitvoering van het plan start in het eerste kwartaal van 2026.

Het programmaplan zal in ieder geval de volgende elementen bevatten of adresseren:

- Een speelveld- en doelgroepanalyse voor uitvoering van de agenda, inclusief proces voor het betrokken houden van de verschillende partijen bij de uitvoering van de actieagenda én voor het rijp maken van nieuwe partijen voor deelname;
- Een proces voor het nader uitwerken van de in de actieagenda beschreven actielijnen, inclusief financieringsbehoefte en aanscherping van de actiehouders en de verhouding tussen actiehouders en andere betrokkenen bij de verschillende actielijnen;
- De uitwerking van een prioriteringsmechanisme en van de samenhang tussen de verschillende acties, inclusief ontwerp voor de betrokkenheid van de diverse actoren;
- Een ontwerp van een methode voor *benefit tracking*, waarbij de financiële en niet-financiële voordelen van een project of investering systematisch worden gemeten, gemonitord en beoordeeld gedurende de looptijd, om te controleren of de gestelde doelen en de verwachte waarde daadwerkelijk worden gerealiseerd. Onderdeel is het samen met het ministerie van Klimaat en Groene Groei bepalen van de daartoe meest geschikte indicatoren;
- Een ontwerp voor het iteratief bijwerken van de actieagenda, inclusief procesontwerp voor nadere uitbreiding van de scope van de actieagenda;

- Een plan voor kennisdeling en borging van het eigenaarschap in de energiesector, inclusief welke middelen worden ingezet om veranderingen, lange termijnontwikkelingen en onzekerheden te adresseren en in de governance van de actieagenda te integreren;
- Op basis van het voorgaande, een opzet van een roadmap voor implementatie van de agenda, met een voorstel voor een programma-organisatie, inclusief functieprofiel(en) voor de voorgestelde functies in die organisatie;
- Het opstellen van een begroting voor uitvoering van het opgestelde programmaplan.

Het derde niveau betreft de acties zelf en het signaleren en oplossen van knelpunten in de

uitvoering ervan. Deze acties worden in principe uitgevoerd en bestuurd door de actiehouders zelf.

Voor het coördineren van de agenda door de Topsector heeft het ministerie van Klimaat en Groene Groei een structureel uitvoeringsbudget van 250 duizend euro per jaar gereserveerd. Voor de in deze agenda beschreven lopende acties is de financiering grotendeels al geregeld. Voor nieuwe acties in deze agenda, of acties die in de toekomst zullen worden toegevoegd, zullen de financieringsbehoefte en passende financieringsinstrumenten in de stuurgroep worden besproken. Ook bij het waarderen van nieuwe acties zullen de publieke belangen van het NPE leidend zijn.



Bijlage 1 | Colofon

Titel

Actieagenda Digitalisering Energiesysteem

Publicatiedatum

11 December 2025

Contact

Ministerie van Klimaat en Groene Groei, digitaliseringenergiesysteem@minezk.nl

Bij de ontwikkeling van deze agenda betrokken personen en organisaties, in alfabetische volgorde:

Projectteam

Bart Tulkens (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Frank van der Harst (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Hugo Gelevert (projectleider, TNO), Karlien Sambell (TNO), Maya van der Steenhoven (Zelfstandige en Sustainable Scale-up Foundation), Mente Konsman (TNO), Michel Emde (TNO), Richard Westerga (TNO), Walter van Duyneveldt (TNO) en Wilco Wijbrandi (TNO).

Met ondersteuning van:

Aliene van der Veen (TNO), Arash Aazami (Unify.energy), Devin Diran (TNO) en Fonz Dekkers (Ministerie van Klimaat en Groene Groei).

Stuurgroep

Claire Groosman (Topsector Energie), Irene Jansen (onafhankelijk voorzitter, Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties / Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening), Jeroen Sanders (Netbeheer Nederland), Jeroen van der Tang (NLdigital), Rinie van Est (Rathenau Instituut), Ruud Cino (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Sam Collot d'Escury (Energie Nederland), Siward Zomer (Energie Samen), Tjisse Stelpstra (Clusterregie Noord-Nederland) en Wouter Leibbrandt (TNO).

Klankbordgroep

Adriaan van Eck (Flexiblepower Alliance Network – FAN), Alena Akimova (Sustainable Scale-up Foundation), Alieke de Koning (Port of Rotterdam), Arjan van der Laan (RDI), Bastiaan de Jonge (Provincie Utrecht), Erik ten Elshof (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Ezra Schussler (Gemeente Utrecht), Frank Schoenmakers (Energie Samen), Frank Stollman (Topsector Energie), Gerwin Hoogsteen (Universiteit Twente), Haike van de Vegte (Firan), Hannah Boute (Nationale coalitie duurzame digitalisering (NCDD) / ECP), Hans Milatz (TenneT), Hugo Bijsterveld (CGI), Irene Niet (Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening), Jorian Bakker (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Javier Ferreira Gonzalez (Saxion), Jeroen Neefs (FME), Joost van der Linde (Netbeheer Nederland), Karina Fernandez (Shell), Koen Altena (Zonneplan), Koen Kok (TU Eindhoven), Lars Falch (Capgemini), Laurens Geense (NEN), Leo Dijkstra (IBM),

Maaïke Beenes (Holland Solar), Marco Witschge (Techniek Nederland), Marijke Kellner (Gasunie), Marisca Zweistra (ElaadNL), Marjolein Bot (Topsector Energie), Mark Aabye de Hoop (MFF), Marten van der Laan (Hanze), Martijn Frints (CGI), Martijn Vis (Shell), Martin Hoff (Energie Beheer Nederland), Merel Noorman (Tilburg University), Michaela Drahos (ACM), Michiel Sintenie (Vattenfall), Michiel Steltenpool (Shell), Nicole Kerkhof (RVO), Niek van Munster (Alliander), Patrick Segeren (Gemeente Den Haag), Peter Herman (Valcre), Peter Palensky (TU Delft), Pieter van de Glind (Ministerie van Economische Zaken), Remko ten Barge (NieuweStroom), René Montenarie (Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering (NCDD) / ECP), Richard Beekhuis (Het Normo), Richard van Leeuwen (Saxion), Rinke van de Rhee (Alliander), Roel Kaljee (Energie Nederland), Roel Teeuwen (Netbeheer Nederland), Romy Dekker (Rathenau Instituut), Roy Boertien (DMI-ecosysteem, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat), Sacha Schmitter (FME), Shannon Ayre (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Simone van der Burg (Waag Futurelab), Stan van den Broek (FME), Theo Borst (TNO), Thomas van Dijk (TNO), Wessel Kouw (Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties), Wilbert Prinssen (Technolution) en Xander Smit (Club van Wageningen, Transform).

Daarnaast met dank aan

Alex Bausch (2Tokens), Bart Beima (TKI Energie en Industrie), Bart Kaas (TNO), Bart Scheffer (Moonly software), Bob Meijer (TKI Offshore Energy), Christiaan van den Berg (TNO), David Lamers (Alliander), Eric van der Laan (Enexis), Evelien Visser (VNG), Fabian Mentink (Alliander), Gerdien van de Vreede (CBS / VIVET), Gijs Thomeer (ACM), Jaric Wiegman (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), Jasper Kuiters (Alliander), Jet Sommer (Ministerie van Klimaat en Groene Groei), John Harinck (AIC4NL), Joost Looij (Enexis), Joran Roor (SAS), Julia Jansen (TNO), Klaas Hommes (Het Normo), Kristel Lammers (Nationaal Programma Regionale Energiestrategie), Lars Falch (Capgemini), Marieke Post (Sustainable Scale-Up Foundation), Martha Klein (IPO), Matthijs Ros (Topsector Energie), Meike Kerkhoffs (RVO, platform NPVI), Nienke Homan (VNCI, platform NPVI), Piet Jan Bloem (AIMZ), Robert Hempenius (ACM), Robin Quax (TKI Urban Energy), Ronny van Diepen (Enexis), Roosmarijn Sweers (VNG), Soe van Dijk (Topsector Energie), Stephan Gruijters (TNO), Su Yin Timp (Topsector Energie), Thomas Hooijman (Batenburg Techniek) en Tirza van Daalen (TNO).

Tekstredactie

De teksten zijn geschreven door het team, en qua stijl geüniformeerd met behulp van Microsoft CoPilot. Het eindresultaat is door het team gecontroleerd.

Vormgeving

studioBoven grafisch ontwerp

Drukwerk

Drukwerkdeal

Bijlage 2 | Begrippen en afkortingen

ADD

Actieplan Duurzame Digitalisering

ADE

Actieagenda Digitalisering Energiesysteem

AI

Artificial Intelligence

AI Act

EU-verordening voor de regulering van Artificial Intelligence

AP

Autoriteit Persoonsgegevens

CEEDS

Common European Energy
Data Space

CRA

Cyber Resilience Act. EU-verordening die zich richt op verbeteren van digitale producten en diensten.

Cybersecurity

Digitale veiligheid

Data Act

EU-verordening die overheden, bedrijven en burgers meer rechten geeft voor het gebruiken en delen van data.

DGA

Data Governance Act. EU-verordening die een juridisch kader biedt voor veilige en transparante datadeling.

Digitalisering

Het inzetten van digitale technologieën om enerzijds bestaande processen/diensten efficiënter te maken en te verbeteren en anderzijds nieuwe disruptieve processen/diensten mogelijk te maken.

DMA

Digital Market Act. EU-verordening die het gedrag van grote online platformen reguleert.

DSA

Digital Services Act. EU-verordening voor de regulering van digitale dienstverlening.

Elektriciteitssysteem

Het deel van het energiesysteem dat ingevuld wordt met elektriciteit als energiedrager.

E.DSO

European Distribution System Operators. E.DSO is een samenwerkingsverband van 35 Europese DSO's. E.DSO bevordert het gebruik van schone energiebronnen door middel van elektrificatie, de ontwikkeling van slimme en digitale netwerk-technologieën in praktijksituaties, nieuwe markt-ontwerpen en regelgeving.

EMS

Energy Management System. Een systeem dat flexibele assets (bijvoorbeeld residentieel, industrieel, utiliteit) zo optimaal mogelijk aanstuurt voor uiteenlopende toepassingen (bijvoorbeeld energie-efficiëntie, optimaliseren op tarieven, congestiemanagement).

Energiegemeenschap

Juridische entiteit die ten behoeve van haar leden, vennoten of aandeelhouders activiteiten op de energiemarkt verricht. Hoofddoel is het bieden van milieuvoordelen, economische of sociale voordelen aan haar leden, vennoten en aandeelhouders of aan de plaatselijke gebieden waar ze werkzaam is. Een energiegemeenschap is niet gericht op het maken van winst.⁵⁰

Energiehub

Samenwerkingsverband van bedrijven, waarbij vraag en aanbod van energie slim op elkaar worden afgestemd. Deze bedrijven hebben een groepscontract afgesloten met de RNB.

Energieinfrastructuur

Onroerende voorzieningen die de opwek, afname, opslag en transport van energie mogelijk maken.

Energiesysteem

Het samenspel van infrastructuur, markten, regelgeving, organisaties, producenten en consumenten dat nodig is om energie op te wekken, af te nemen, op te slaan, te transporteren, te converteren en te verhandelen. Hierbij worden alle relevante energiedragers meegenomen, zoals elektriciteit, (bio)gas, warmte en waterstof.

GUE

Gegevensuitwisselingsentiteit

GTO

Groepstransportovereenkomst

HEMS

Home Energy Management System. Een EMS dat zich specifiek richt op residentiële apparaten (zoals EV, batterijen, warmtepompen en PV) en toepassingen (zoals optimalisatie op basis van dynamische tarieven).

Het Normo

Vanaf 2026 is Het Normo door de energiewet aangewezen als GUE en verantwoordelijk voor het maken van uniforme afspraken voor het veilig en transparant delen van energiedata. Het Normo is de opvolger van het Beheerder Afsprakenstelsel (BAS).

KEV

Klimaat- en Energieverkenning. Monitort jaarlijks de voortgang van het klimaatbeleid.

LAN

Landelijk Actieprogramma Netcongestie. Binnen het LAN werken overheid, netbeheerders, marktpartijen en toezichthouders samen aan het verminderen van netcongestie.

Monitor

Monitor heeft twee betekenissen, afhankelijk van de context. Voor beheer en onderhoud betekent het in de gaten houden van de werking van het systeem of onderdelen daarvan. Voor het inrichtingsvraagstuk (plannen en implementeren) gaat het over het in kaart brengen van de voortgang van de inrichting en effectiviteit van beleidsmaatregelen. Voorbeelden van dit laatste zijn de KEV en de Monitor Leveringszekerheid.

NBNL

Netbeheer Nederland

NCDD

Nationale Coalitie Duurzame Digitalisering

NCSC

Nationaal Cyber Security Centrum

NCSS

Network Code on Cybersecurity. Gedelegeerde EU-verordening die zich richt op het verbeteren van de digitale weerbaarheid van het Europese elektriciteitssysteem.

NDS

Nederlandse Digitaliseringsstrategie

Netcongestie

Tekort aan capaciteit op het elektriciteitsnet.

NEMO

Nominated Electricity Market Operators, de organisaties die het mandaat hebben om de geïntegreerde elektriciteitsmarkten voor de dag-vooruit- en intraday-handel in de EU te beheren.

NEXTGen slimme meter

Nieuwe generatie slimme meters waarbij de hardware modulair is opgebouwd, software flexibel kan worden aangepast, en de meter is uitgerust met een uitgebreide X1 klantinterface.

NLAIC

Nederlandse AI Coalitie

NLCS

Nederlandse cybersecurity-strategie

NPE

Nationaal Plan Energiesysteem

RNB

Regionale Netbeheerder

Smart Energy Expert Group

Adviesorgaan voor de Europese Commissie, gericht op het versnellen van de digitalisering van het energiesysteem.

VIVET

Verbetering Informatie Voorziening
Energietransitie

Naast deze lijst wordt verwezen naar Begrippenkader Energiesysteem, waarvan TwijnstraGudde in opdracht van VIVET en in samenwerking met een brede klankbordgroep een eerste versie heeft opgeleverd in 2025.⁵¹ Het definieert de begrippen die in de energietransitie worden gebruikt.

Bijlage 3 | Toepassingsgebieden uit de analyse

Deze bijlage bevat een uitwerking van de zes toepassingsgebieden die zijn gebruikt bij het opstellen van de agenda, zoals toegelicht in paragraaf 1.3. Figuur 5 in die paragraaf laat zien hoe de toepassingsgebieden

met elkaar samenhangen. Soms overlappen ze, maar dat is geen probleem voor de analyse die is gedaan. Samen geven ze in grote lijnen een compleet beeld van het elektriciteitssysteem.

1. Het integrale Nederlandse elektriciteitssysteem

Energiemarkten zijn een belangrijk onderdeel van het functioneren van het (internationale) elektriciteitssysteem. Een deel van deze nationale markten wordt beheerd door een beperkt aantal benoemde organisaties (NEMO's⁵²), bijvoorbeeld de EPEX SPOT, Nord Pool of ETPA. Ook TenneT speelt als landelijke netbeheerder een belangrijke rol. Honderden partijen nemen deel aan deze markten en kunnen daarop inbieden. De markten zijn grotendeels digitaal ingericht, maar de energietransitie brengt ook voor deze markten nieuwe uitdagingen met zich mee. Denk aan decentralisatie, verduurzaming van opwek, netcongestie, kleinschalige productie, systeemintegratie en elektrificatie van sectoren. Tegelijkertijd ontstaan er kansen voor nieuwe spelers. Zo zijn er aanvullende marktmechanismen ontwikkeld voor congestiemanagement, om lokale

knelpunten op het net aan te pakken en leveringszekerheid te waarborgen.

De behoefte aan digitalisering draait in dit domein vooral om het toegankelijk maken van de elektriciteitsmarkten voor nieuwe spelers en het beter op elkaar afstemmen van bestaande en nieuwe markten. Voor een goed functionerende markt is inzicht nodig in realtime gegevens en prognoses van productie, verbruik, transport en distributie van elektriciteit. In de toekomst zal digitalisering ook leiden tot aanpassingen in de marktordening. Lineaire ketenprocessen maken dan geleidelijk plaats voor digitale interactie binnen een volledig digitaal ecosysteem. Het is belangrijk om hierop te anticiperen, zodat digitalisering ook kan bijdragen aan versterking van de economische groei.⁵³

2. Elektriciteit achter de meter bij huishoudens

Elektrificatie van mobiliteit en het verwarmen van gebouwen zorgt voor een toenemende belasting van het laagspanningsnet. In een groot deel van Nederland kan dit niet tijdig worden opgevangen door het verzwaren van het elektriciteitsnet. Daarom is het nodig om slimmer om te gaan met de beschikbare capaciteit. Net-intensieve apparaten achter de meter bij kleinverbruikers, zoals elektrische auto's, warmtepompen, thuisbatterijen en zonnepanelen, kunnen hun vraag of opwek deels verschuiven. Daarmee kunnen ze het net ontlasten. Digitalisering is essentieel om deze flexibiliteit te benutten en op het juiste moment in te zetten.

Op korte termijn kunnen deze apparaten helpen om netcongestie te verminderen of in te spelen op prijsprikkels. Andere toepassingen zoals netbalanceren zullen mogelijk vaker gebruik gaan maken van de flexibiliteit van kleinverbruikers. Gebruikers krijgen hierdoor meer inzicht, meer invloed op hun verbruik en meer kansen om energie te besparen en kosten te verlagen.

De behoefte aan digitalisering komt in dit toepassingsgebied vooral voort uit de wens om de flexibiliteit van net-intensieve apparaten te benutten voor het beheer van het elektriciteitssysteem. Daarvoor zijn afspraken nodig over hoe apparaten met elkaar communiceren en hoe hun inzet wordt afgestemd.

3. Elektriciteit in de wijk

In steeds meer wijken is er te weinig ruimte op het elektriciteitsnet om de groei van opwek en verbruik goed te ondersteunen. Slimme systemen kunnen helpen om de beschikbare capaciteit beter te benutten. Waar huishoudens en bedrijven vroeger vooral individuele partijen in het energiesysteem waren, ontstaan nu steeds meer lokale samenwerkingen. Via slimme systemen stemmen zij hun energiestromen op elkaar af. Daarbij gaat het niet alleen om elektriciteit, maar ook om bijvoorbeeld warmte. De verwachting is dat dit in de toekomst steeds meer gaat gebeuren.

De behoefte aan digitalisering volgt in dit toepassingsgebied uit de wens om het lokale energiesysteem collectief te kunnen coördineren. Dat maakt het mogelijk om het lokale energiesysteem collectief te coördineren. Zo kunnen zowel de belangen van het net, zoals stabiliteit, als die van de deelnemers worden behartigd. Ook kunnen bewoners elkaar helpen door kennis te delen. Bijvoorbeeld over isolatiemaatregelen of de keuze voor een (hybride) warmtepomp, inclusief kosten, besparingen en uitvoerders. Denk ook aan het gezamenlijk gebruik van een buurt-batterij om lokaal opgewekte energie op te slaan.

4. Elektriciteit bij bedrijven en bedrijventerreinen

Steeds vaker is er onvoldoende ruimte op het elektriciteitsnet om aan de groeiende vraag van bedrijven naar transportcapaciteit te voldoen. Bedrijven willen uitbreiden, verduurzamen, apparaten vervangen en hun producten vervoeren. Ze willen kunnen kiezen tussen energiedragers en rekenen op betaalbare energie. Digitale technologieën kunnen helpen om toekomstige vraag in tijd en plaats te modelleren, zodat bedrijven niet worden beperkt door de maximale netcapaciteit.

Traditioneel opereren bedrijven als individuele afnemers. Daar valt met energiebesparing achter de meter nog veel winst te behalen. Maar dat model verandert. Steeds vaker werken bedrijven samen in energiehubs. Met digitale tools stemmen ze lokaal hun energiestromen op elkaar af, van gezamenlijke

opwek en opslag tot het delen van capaciteit. Dit verlicht de druk op het net, verhoogt de betrouwbaarheid van de energievoorziening en versterkt de regionale economie.

De behoefte aan digitalisering komt voort uit de noodzaak om inzicht te krijgen in het gebruik van het net, de knelpunten en mogelijke oplossingen, inclusief kosten en baten. Ook groeit de behoefte om het lokale energiesysteem collectief te coördineren. Door energiestromen te monitoren en aan te sturen, kan de infrastructuur efficiënter worden benut en kan het eigen netvlak worden ingericht op een constante beschikbaarheid van betaalbare energie. Die behoefte is urgent. Als er niet op tijd wordt gehandeld, leidt dat tot aanzienlijke economische schade voor Nederland.

5. Ontwerp, aanleg en beheer van de elektriciteitsinfrastructuur

De vraag naar transportcapaciteit groeit sneller dan netbeheerders kunnen bijhouden. Omdat netwerken worden gedimensioneerd op piekbelasting, ligt de gemiddelde belasting vaak veel lager dan de beschikbare capaciteit. Daardoor is de benuttings-

graad laag. Door de toename van decentrale opwek en elektrificatie worden de pieken hoger, waardoor de benuttingsgraad nog verder zal dalen. In veel gebieden in Nederland is daarom congestie afgekondigd. Het is belangrijk om de benuttingsgraad

te verhogen door bij het ontwerpen van netwerken beter te kijken naar de werkelijke belasting. Monitoring en gerichte sturing kunnen helpen om overbelasting te voorkomen. Tegelijk blijft er veel behoefte aan uitbreiding van het net. Gezien de schaarste aan monteurs, technische onderdelen en bouwmaterialen is het cruciaal dat nieuwe capaciteit zo efficiënt mogelijk wordt aangelegd. In dit toepassingsgebied draait digitalisering vooral om maatregelen binnen de invloedssfeer van de

netbeheerders. Daarbij is samenwerking en communicatie met netwerkpartners essentieel.

De behoefte aan digitalisering wordt gedreven door de noodzaak om beter inzicht te krijgen in en voor de infrastructuur. Die inzichten helpen bij het slim beheren en ontwerpen van het net en bij het stroomlijnen van werkprocessen. Ook digitalisering die modulair ontwerpen en bouwen mogelijk maakt, bijvoorbeeld via robotisering, kan hieraan bijdragen.

6. Planning, monitoring en beleidseffectiviteit van het elektriciteitssysteem

Tot voor kort werd het elektriciteitssysteem vooral ingericht op basis van verwachte vraag vanuit functies als wonen en werken. Ruimtelijke ordening kende daarbij nauwelijks of geen beperkingen vanuit het energiesysteem. Dat is veranderd. De samenwerking tussen ruimte en energie moet nu expliciet worden meegenomen in de gebiedsplanning én in de planning van het elektriciteitssysteem. Die noodzaak wordt versterkt door decentrale ontwikkelingen, elektrificatie van warmte en mobiliteit, en de schaarste aan fysieke ruimte. Dit vraagt om een nieuwe manier van samen plannen.

Daarbovenop speelt de inrichting van het systeem zelf en hoe dit gemonitord kan worden. Er is een spanning tussen nationale ambities en regionale uitvoering. De uitdaging is om te bepalen hoe regio's bijdragen aan de koers van het NPE en hoe hun keuzes zich verhouden tot het nationale beleid. Op nationaal niveau bestaan al monitors, zoals de KEV en de Monitor Leveringszekerheid. Op regionaal niveau ontbreken die nog, of is de koppeling met de nationale monitors niet duidelijk. Uitbreiding van de monitoring is daarom wenselijk.

Een derde, meer onderzoeksgericht aspect gaat over de effectiviteit van beleid. Om het systeem goed te kunnen sturen, is inzicht nodig in de

effecten van bestaand beleid én in de verwachte effecten van nieuw beleid. Dat vraagt om gericht onderzoek.

Deze drie onderdelen – plannen, monitoren en onderzoeken – vragen, samen met randvoorwaarden zoals arbeidstekorten en de impact van netuitbreidingen op materiaalgebruik, uitstoot en kosten, om een nieuwe manier van werken. Een aanpak die ruimte, energie en digitalisering integraal benadert. Zo ontstaat een planningsproces waarin burgers, bedrijven en netbeheerders samen periodiek plannen maken, voortgang monitoren op nationaal en regionaal niveau, en beleid effectief inzetten.

De behoefte aan digitalisering in dit domein hangt samen met de noodzaak om gezamenlijk te kunnen sturen. Plannen, monitoren en beleid vragen om digitale instrumenten. Die zijn data-gedreven en vereisen een digitaal ecosysteem. Ze leveren de inzichten die nodig zijn voor samenwerking en besluitvorming op het gebied van planning, monitoring en beleid.

Bijlage 4 | Beleidscontext van de actieagenda

Deze bijlage bevat (op alfabetische volgorde) een overzicht van een aantal in relatie tot deze agenda relevante beleidsdocumenten, programma's en strategieën, zowel nationaal als Europees. Waar relevant wordt in de agenda naar deze kaders verwezen. De lijst bevat ook enkele samenwerkingsverbanden.

Noot: in de beschrijvingen wordt met 'ADE' verwezen naar deze actieagenda.

AI Act (2024)

De AI Act stelt EU-regels voor AI om fundamentele rechten, veiligheid en transparantie te waarborgen.



Voor de energietransitie is dit relevant omdat veel digitale energie-innovaties, zoals slimme netten en vraagsturing, AI gebruiken en dus aan deze regels moeten voldoen.

Actieplan Duurzame Digitalisering (2024)

Dit plan heeft twee doelen: de digitale sector verduurzamen en digitalisering inzetten voor verduurzaming. De ADE raakt aan het tweede doel, met name waar het gaat om de energietransitie. Het eerste doel valt buiten de scope van ADE.



Common European Energy Data Space (CEEDS) (2023)

CEEDS bevordert veilige en interoperabele uitwisseling van energiedata in Europa.



Het werkt met gemeenschappelijke standaarden en data-governance. Deze elementen zijn ook van belang voor de uitvoering van ADE.

Data Act (DA) (2023)

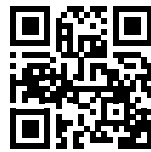
Deze wet geeft bedrijven en consumenten meer controle over data van slimme apparaten.



Dit is relevant voor het elektriciteitssysteem, waarin steeds meer slimme apparaten worden ingezet.

Data Governance Act (DGA) (2022)

De DGA biedt een juridisch kader voor veilige en transparante datadeling. Het regelt onder meer het hergebruik van publieke data en het functioneren



van data-intermediairs. Voor het elektriciteitssysteem is dit essentieel voor slim netbeheer, realtime optimalisatie en optimalisatie van vraag, aanbod en opslag over sectoren heen.

Digital Market Act (DMA) (2022)

Deze verordening verplicht grote digitale platforms eerlijke concurrentie en interoperabiliteit te waarborgen om misbruik van marktmacht te voorkomen. Dit ondersteunt de energietransitie door innovatie en samenwerking op digitale energiemarkten te bevorderen. Zo krijgen nieuwe energie-ICT-diensten meer toegang en speelruimte.



Digital Services Act (DSA) (2022)

Dit is EU-regelgeving die online platforms verplicht om illegale inhoud te verwijderen,



transparantie te bieden over algoritmen en gebruikers te beschermen tegen schadelijke praktijken zoals misinformatie en manipulatie.

Dutch Metropolitan Innovations (DMI) ecosysteem

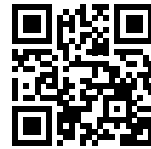
Het DMI-ecosysteem is een ecosysteem dat de domeinen mobiliteit, openbare ruimte en



woningbouw voorziet van nieuwe instrumenten vanuit de digitale wereld. Het wordt mede mogelijk gemaakt door het Nationaal Groeifonds.

Nederlandse Digitaliseringsstrategie (NDS) (2025)

De Nederlandse Digitaliseringsstrategie versterkt de digitale basis van Nederland met



zes prioriteiten, zoals AI en digitale weerbaarheid. Overheden werken hierbij samen als één overheid met centrale regie en federatieve uitvoering.

EU-Actieplan voor digitalisering van het energiesysteem (2022)

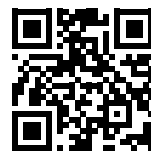
Dit plan stimuleert duurzame, veilige en efficiënte digitalisering in Europa. Het richt zich op datatoegang voor consumenten, veilige interoperabiliteit en



verduurzaming van digitale technologieën. De inhoud is richtinggevend voor de ADE, met name met betrekking tot data-uitwisseling, customer empowerment en digital readiness grids.

Smart Energy Expert Group

Dit is een strategisch adviesorgaan binnen de Europese Commissie, met als missie om via digitalisering het Europese energiesysteem duur-



zamer, veiliger en efficiënter te maken. Ze brengt stakeholders samen, adviseert over wetgeving en stimuleert de ontwikkeling van slimme energieoplossingen.

Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN) (Gestart in 2022)



LAN richt zich op oplossingen voor overbelasting van het elektriciteitsnet. Een deel daarvan betreft digitale oplossingen. Paragraaf 2.4.1 gaat dieper in op de relatie tussen ADE en LAN.

Werkagenda Waardengedreven Digitaliseren (2024)

Deze agenda stelt voorwaarden voor digitalisering die inclusief, betrouwbaar en controleerbaar is.

Dit is ook relevant voor het elektriciteitssysteem,

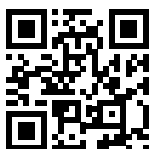


vooral op de punten:

1. Iedereen kan meedoen;
2. Iedereen kan de digitale wereld vertrouwen; en
3. Iedereen heeft regie over zijn digitale leven.

Nederlandse Cybersecuritystrategie 2022 - 2028 (NLCS)

De NLCS streeft naar vanzelfsprekende digitale veiligheid. Digitale systemen en processen moeten zodanig beveiligd zijn dat dit past bij



de dreiging en het maatschappelijke belang van hun continuïteit, integriteit en betrouwbaarheid. Dit geldt ook voor het elektriciteitssysteem.

Bijlage 5 | Eindnoten

- ¹ Zo kan digitalisering naar verwachting een significante bijdrage leveren aan het oplossen van netcongestie en de rekening voor huishoudens en bedrijven helpen beperken, doordat het 'beter benutten' van het net mogelijk maakt. Zonder maatregelen stijgen de netbeheerkosten volgens het IBO van 7 miljard euro in 2024 naar 20 miljard euro in 2040, terwijl nadere keuzes om het net op land beter te benutten de cumulatieve investeringsopgave kunnen dempen met 3,5 tot 22,5 miljard euro (op een totaal van 108 miljard euro voor het net op land). Digitalisering draagt bij aan deze demping. Bron van de cijfers: Kabinetsreactie op het IBO-rapport 'Bekostiging van de Elektriciteitsinfrastructuur', 25 april 2025.
- ² Het gaat dus niet alleen om digitalisering in de operationele sfeer, maar ook om digitalisering om beleid, planning en monitoring vorm te geven. Zo is het voor het gezamenlijk maken van betrouwbare prognoses bijvoorbeeld belangrijk dat men beschikt over een 'single source of truth'. Ook worden netbeheerders en technische dienstverleners steeds afhankelijker van digitale systemen om te bepalen waar men elektriciteitskabels of andere infrastructuur moet aanleggen om het energiesysteem als geheel werkend te houden.
- ³ Actieplan Duurzame Digitalisering: De Digitale Sector Verduurzamen & Digitalisering Inzetten voor Verduurzaming, ministerie van Economische Zaken (2024). Zie: <https://open.overheid.nl/documenten/ebea6042-0c17-4ae7-97aa-f7bc6ffb79ed/file>
- ⁴ De inzet van digitale oplossingen wordt nog krachtiger als tariefstructuren en marktmodellen beter aansluiten op het energiesysteem van de toekomst. Denk aan variabele nettarieven die vraagverschuiving stimuleren, of aan digitale aansturing van batterijen, waarbij dubbele energiebelasting de opschaling en potentiële impact van zulke oplossingen beperkt.
- ⁵ Met digitale functionaliteit wordt hier bedoeld: een functionaliteit die digitalisering vergt, of waarvan verwacht wordt dat digitalisering een belangrijke rol kan spelen bij de invulling ervan.
- ⁶ Een voorbeeld. De eerste hoofdkeuze uit het NPE draait om het maximaal benutten van duurzame energie en de bijbehorende infrastructuur. Digitalisering kan hieraan bijdragen met functies zoals het objectief meten van energiegebruik, het verkrijgen van inzicht in de actuele lokale vraag en aanbod, en het lokaal op elkaar afstemmen daarvan. Dit alles leidt tot een duidelijke behoefte aan digitalisering.
- ⁷ Digitalisering kan publieke belangen ook onder druk zetten. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van ondoorzichtige algoritmen, en het effect daarvan op privacy of transparante besluitvorming. Soms botsen de publieke belangen zo met elkaar dat een brede maatschappelijke of politieke afweging nodig is. Dat valt echter buiten de scope van deze agenda.
- ⁸ Schakelen naar de toekomst, IBO Bekostiging Elektriciteitsinfrastructuur (2025). Zie: <https://open.overheid.nl/documenten/e914cc94-ffcd-42dd-9989-bf7c3fdd44f9/file>
- ⁹ Zo is het toewijzen van netcapaciteit een keuzevraagstuk, waarbij verschillende maatschappelijke belangen (bijvoorbeeld wonen), economische belangen (BBP- maximalisatie) en duurzaamheidsdoelstellingen (bijvoorbeeld CO₂-reductie) tegen elkaar moeten worden afgewogen. Digitalisering kan helpen deze (politieke) afweging transparant inzichtelijk te maken op nationaal, regionaal en lokaal niveau.
- ¹⁰ EU Verordening 2023/2854. Zie: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302854
- ¹¹ Met een rebound-effect wordt in de energie-economie bedoeld dat een efficiëntieverbetering in technologie leidt tot een kleinere efficiëntieverbetering in werkelijke energiebesparing of hulpbronnenbesparing dan de potentiële besparing. Met andere woorden, een rebound-effect is een efficiëntieverbetering die tot toename van grondstoffen- of energieverbruik leidt, waardoor de efficiëntieverbetering deels of geheel tenietgedaan wordt.
- ¹² EU Actieplan voor digitalisering van het energiesysteem (2022). Zie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0552>

- ¹³ EU Actieplan voor netwerken (2023). Zie: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022DC0552>
- ¹⁴ Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN). Zie: <https://actieprogrammanetcongestie.nl>
- ¹⁵ TenneT biedt tijdgebonden capaciteitscontracten aan, ook wel Tijdsduurgebonden Transportrecht (TDTR) genoemd, voor grootverbruikers op het hoogspanningsnet. Dit is niet zozeer een digitaliseringsvraag, maar een beleidskeuze die aanpassing van regelgeving vereist. Voor het laagspanningsnet speelt de digitaliseringsvraag wel vanwege schaalgrootte.
- ¹⁶ Schakelen naar de toekomst, IBO Bekostiging Elektriciteitsinfrastructuur (2025). Zie: <https://open.overheid.nl/documenten/e914cc94-ffcd-42dd-9989-bf7c3fdd44f9/file>
- ¹⁷ Oplegger beleidsopties bekostiging elektriciteitsinfrastructuur (2025), maatregel 3.1 'Flexibiliseren kleinverbruikers'. Zie: <https://open.overheid.nl/documenten/60ea75ea-70d4-44fe-afd7-9512e6e8dd9e/file>
- ¹⁸ Kamerbrief Decentrale ontwikkeling van het energiesysteem (2025). Zie: https://www.tweedekamer.nl/kamerstukken/brieven_regering/detail?id=2025Z12614&did=2025D28705
- ¹⁹ Digital Markets Act, Europese commissie. Zie https://digital-markets-act.ec.europa.eu/index_en
- ²⁰ Openbaar jaarverslag 2024, Militaire Inlichtingen- en Veiligheidsdienst, Jaarverslag, Defensie.nl. Zie <https://www.defensie.nl/downloads/jaarverslagen/2025/04/22/openbaar-jaarverslag-2024-militaire-inlichtingen--en-veiligheidsdienst>
- ²¹ "Wat is CrowdStrike en hoe kon het zo misgaan? Dit is wat we nu weten", NOS.nl, 19 juli 2024. Zie: <https://nos.nl/artikel/2529477-wat-is-crowdstrike-en-hoe-kon-het-zo-misgaan-dit-is-wat-we-nu-weten>
- ²² Naar kansen en risico's van AI in de energiesector is al best wat onderzoek gedaan, bijvoorbeeld door het Amerikaanse Department of Energy (DoE). Vier categorieën van potentiële risico's die DoE identificeert, zijn: onbedoelde faalwijzen van AI, vijandige aanvallen op AI, vijandige toepassingen van AI en het in gevaar brengen van de toeleveringsketen van AI-software. Deze type risico's moeten in acht genomen worden wanneer AI wordt toegepast in het energiesysteem, anders haalt het de weerbaarheid van het systeem onderuit. Zie: https://www.energy.gov/sites/default/files/2024-04/AI%20EO%20Report%20Section%205.2g%28i%29_043024.pdf
- ²³ Voor meer informatie, zie: <https://forthefutureofenergy.nl/message/98017/verslag-driedaagse-deepdive--waardeer-decentraal-als-belangrijke-bouwsteen>
- ²⁴ Zie: <https://www.edsoforsmartgrids.eu/technology-radar/>
- ²⁵ Zie: https://www.netbeheernederland.nl/Goedgekeurde_use_cases
- ²⁶ Groepstransportovereenkomst. Zie: <https://www.acm.nl/system/files/documents/ontwerp-codebesluit-groepstransportovereenkomst.pdf>
- ²⁷ Zie: <https://elaad.nl/projecten/smoothems-met-gridshield/publicaties/>
- ²⁸ Zie: <https://topsectorenergie.nl/nl/kennisbank/whitepaper-cyberweerbare-toekomst-hems/>
- ²⁹ Grid Operators Platform for Ancillary Services.

³⁰ Islanding is een elektrische toestand waarin een gedistribueerde energiebron, zoals een zonnepanelensysteem, stroom blijft leveren aan een deel van het net dat is losgekoppeld van het hoofdnets tijdens een stroomuitval. Dit is gevaarlijk voor monteurs die aan het netwerk werken, omdat zij denken dat de stroom is uitgeschakeld.

³¹ Zie: <https://www.pbl.nl/kev>

³² Zie: <https://open.overheid.nl/documenten/a1283565-5a50-4678-a7a5-a9ca17e62fe3/file>

³³ Zie: <https://esb.nu/tekort-aan-technici-voor-de-energietransitie-vergt-prioritering-in-investeringen/>

³⁴ Zie: <https://www.seo.nl/wp-content/uploads/2024/05/2024-47-Arbeidsbesparende-innovaties-in-de-energietransitie.pdf> en https://topsectorenergie.nl/documents/1132/2024-46_Arbeidsbesparende_innovaties_in_de_energiesector.pdf

³⁵ Noot: tijdens de uitwerking van de actieagenda is de link tussen acties en oplossingen vastgelegd. Daarbij zijn er stevast meerdere acties gekoppeld aan een oplossing, en is een actie meestal gekoppeld aan meerdere oplossingen. Dit betekent dat het realiseren van een oplossing niet neerkomt op het uitvoeren van een aantal acties, aangezien acties meerdere oplossingen raken. Om dit reden is besloten om de relatie tussen oplossingen en acties niet op te nemen in dit document.

³⁶ De in mei 2022 door de autoriteit Persoonsgegevens (AP) goed gekeurde gedragscode slim netbeheer heeft de mogelijkheid gecreëerd dat de netbeheerders slimme-meterdata gebruiken voor monitoring en capaciteitsplanning van LS-netten. Inmiddels zijn 10 use cases operationeel. Daarnaast wordt gewerkt aan de NEXTGen slimme meter waarmee het ook mogelijk wordt gepersonaliseerde profielen per aansluiting te creëren voor marktpartijen, zodat die beter kunnen voorspellen en nomineren

³⁷ Zie: https://www.netbeheernederland.nl/sites/default/files/2025-03/nbnl_document_analyse_test_actie.pdf

³⁸ Zie: <https://www.nwo.nl/calls/kic-data-delen-voor-de-energietransitie-socio-technische-uitdagingen>

³⁹ Zie: <https://www.netbeheernederland.nl/gedragscode>

⁴⁰ Zie: <https://ned.nl>

⁴¹ Zie: <https://leden.technieknederland.nl/nieuwsberichten/digigo-lanceert-versie-1.0-van-het-digitaal-stelsel-voor-gebouwde-omgeving>

⁴² Zie: https://www.netbeheernederland.nl/Goedgekeurde_use_cases

⁴³ Zie: <https://www.usef.energy/app/uploads/2021/05/USEF-The-Framework-Explained-update-2021.pdf>, pagina 34

⁴⁴ Voor diverse onderzoeksgebieden zijn Joint Innovation Centers (JIC's) opgezet om de samenwerking rond innovatie succesvol te organiseren. Zij kunnen als voorbeeld dienen. Zie: <https://www.tno.nl/en/collaboration/innovation-centres/>

⁴⁵ Zie: <https://te.dialogiconderzoek.nl/technologie/artificial-intelligence>

⁴⁶ Zie: <https://www.geonovum.nl/themas/digital-twins/leidende-principes-digital-twin>

⁴⁷ Zie: <https://www.rathenau.nl/nl/wetenschap-cijfers/beleid-en-structuur/hoe-kennis-georganiseerd-nederland/structuur-van-de-nederlandse-kennisinfrastructuur>

⁴⁸ Zie voor de samenstelling van deze groepen de colofon in Bijlage 1.

⁴⁹ Het mandaat voor de uitvoering van de actieagenda wordt gezamenlijk bepaald door de leden van de stuurgroep. Omgekeerd dienen deze leden mandaat te hebben van hun achterban, zodat ze namens hun achterban kunnen spreken en gezamenlijk de sector kunnen vertegenwoordigen. De samenstelling van de stuurgroep kan (en zal) over de tijd wijzigen, al naar gelang de ontwikkelingen in de sector. Datzelfde geldt voor de samenstelling van de klankbordgroep – in afstemming met de stuurgroep. Daarnaast zullen bij nieuwe acties nieuwe partijen een rol spelen.

⁵⁰ Bron: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2025-12.html>

⁵¹ Zie: https://www.programmavivet.nl/begrippenkaders/3013336.aspx?t=Begrippenkader-Energiesysteem_1C

⁵² NEMO: Nominated Electricity Market Operators. NEMO's zijn de organisaties die het mandaat hebben om de geïntegreerde elektriciteitsmarkten voor de dag-vooruit- en intraday-handel in de EU te beheren.

⁵³ Zie bijvoorbeeld het artikel 'The perfect storm: where the energy transition meets the digital transformation', https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/9783111264271-026/html?srsId=AfmBOorrOMwvGQgRAkwr-CxFU2COoXkFd4ihGMcRubnYX_b8dzzEHBqwx.

