

Verkenning digitale platformen en artificiële intelligentie in het Nederlandse elektriciteitssysteem

Een Nederlands perspectief op toepassing, risico en toezicht.

In opdracht van:
Agentschap Telecom

Kenmerk: 202106109

Datum:
Enschede, 23 mei 2022

Auteurs:
prof. dr. Koen Kok
Tijs Wilbrink MSc
Bart van der Holst MSc
Gijs Verhoeven MSc
dr. ir. Roel Schiphorst





MANAGEMENTSAMENVATTING

De elektriciteitssector is van vitaal maatschappelijk belang, maar is ook één van de meest complexe systemen die door de mens zijn gemaakt. Bovendien is elektriciteit is één van de sleutel-energiedragers van de energietransitie. Twee belangrijke bronnen van duurzame energie (die uit wind en zonlicht) leveren energie in de vorm van elektriciteit. Bovendien lopen de transitiepaden van een aantal sectoren via elektrificatie (zoals vervoer, industrie en warmte). In deze transitie is Artificiële Intelligentie (AI) een sleuteltechnologie. Agentschap Telecom is één van de toezichhouders op AI. Dit rapport geeft inzichten in de veranderingen als gevolg van toepassing van digitale platformen en AI in de Nederlandse elektriciteitssector, de risico's en mogelijke aanpak voor Agentschap Telecom. Hierbij gaat het met name om (toekomstige) aansturing van decentrale eenheden van vraag en aanbod ten behoeve van de netstabiliteit. Er zijn drie onderzoeksmethoden ingezet: literatuuronderzoek, interviews en sessies met experts (workshop).

Beantwoording onderzoeksvragen

Welke rol spelen op dit moment digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening en hoe zijn dergelijke platformen opgebouwd?

De rol van digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening zal de komende vijf à tien jaar sterk toenemen. Op dit moment zijn een aantal digitale platformen actief, zoals Tesla Autobidder. De groei van deze digitale platformen gaat gelijk op met de groei van schakelbare energievoorzieningen, zoals elektrische auto's en zonnepanelen, en de daarmee toenemende waarde van het voorspellen van toekomstige vraag, aanbod en o.a. congestie. Digitale platformen zijn nu vooral actief in de markt voor regelvermogen, waarbij het regelen van het opladen van elektrische auto's het meest voorkomt. Het is waarschijnlijk dat in het komende decennium hierin een dominant platform zal ontstaan. Veel van de momenteel actieve digitale platformen zijn door (semi-)publieke organisaties ontwikkeld en in de markt geïntroduceerd.

Hoe ziet het huidige gebruik van AI-toepassingen m.b.t. de aansturing van de elektriciteitsvoorziening binnen deze digitale platformen er uit? Welke toepassingen zijn cruciaal voor de sturing van deze platformen en hoe beïnvloeden deze toepassingen elkaar?

Sturende digitale platformen binnen de elektriciteitsvoorziening zijn vooral te vinden in de flexibilisering van het elektriciteitsnet, vooral bij regelvermogen (Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR)) en congestiemanagement. Bij gebrek aan regelgeving kan inzet van decentrale eenheden voor aFRR juist leiden tot congestie in de distributienetten. Dit gebeurt doorgaans buiten het zicht van de regionale netbeheerders, omdat grote delen van het distributienetwerk niet is bemeterd. Maar, belangrijker, de regionale netbeheerders hebben een beperkt wettelijk kader waarbinnen ze congestie in hun netten kunnen oplossen door aangesloten eenheden te sturen. In specifieke gevallen, kunnen aanbieders van aFRR zelfs aansturen op congestie via hun digitale platformen voor extra verdiensten.

Hoe gaan de digitale platformen zich in de komende 5 jaar ontwikkelen? Hoe verandert de eerder beschreven inzet van AI daarbij? Zowel in het type AI toepassing als in de



locatie en wisselwerking tussen de verschillende toepassingen. Beschreven aan de hand van scenario's.

De ontwikkeling van digitale platformen is uiteengezet in vijf verschillende scenario's in dit rapport (hoofdstuk 4). Deze scenario's variëren van ongewenste netwerkeffecten door eenzijdige algoritmes tot het ontstaan van monopolie-posities, van geautomatiseerde speculatie op handelsplatformen tot een autonoom distributienet. AI wordt nu al in deze domeinen toegepast, en zal breder worden verspreid. De werkgroep Energie van de Nederlandse AI coalitie bevestigt dit beeld in haar gewenste ontwikkelagenda van algoritmes in het elektriciteitssysteem.

Welke belangrijke risico's zijn er ten aanzien van de continuïteit en beschikbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als gevolg van het huidige en toekomstige gebruik van AI over 5 jaar? Ook systeemrisico's en cascade effecten door het gebruik van AI dienen meegenomen te worden. Hoe kunnen de verschillende risico's relatief ten opzichte van elkaar worden gewogen in een risicomodel?

De voornaamste geïdentificeerde risico's zijn (1) speculatie op intraday handelsplatformen zonder daarin oog te hebben voor het transport en distributienetwerk. (2) Het ontstaan van monopolie- en oligopolieposities van digitale platformen leidt mogelijk tot lock-ins bij o.a. uitbesteding van laadinfrastructuur door informatievoorsprong tot het ontstaan van congestie door gelijktijdig schakelen van op- of ontlaadcapaciteit. (3) Geïnterviewde experts zijn unaniem over risico's van tegenstrijdige incentives die congestie veroorzaken, publieke waarden van de energievoorziening die in het geding komen en haalbaarheid van opkomende publieke waarden zoals beheersbare technologie.

Hoe (doelen én instrumentarium) kan Agentschap Telecom als toezichthouder en uitvoeringsorganisatie deze risico's beperken?

Toezicht is vooral van belang voor digitale platformen die real time of dichtbij real time schakelen in de elektriciteitsvoorziening. Afstemming met andere toezichthouders in de energiesector is essentieel. In de energiesector zijn Autoriteit Consument en Markt (ACM), Agentschap Telecom en de Autoriteit Persoonsgegevens actief. Door afstemming wordt overlapping en hiaten in toezicht voorkomen. Organiseer breed lerend vermogen rondom effecten van digitalisering in de energiesector. Overweeg nieuwe competenties op te bouwen zoals het draaien van simulaties om de betrouwbaarheid van algoritmes te toetsen. In hoofdstuk Conclusies en aanbevelingen wordt dit nader uitgewerkt.



Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	3
Beantwoording onderzoeksvragen	3
1 Introductie	6
1.1 Energietransitie en uitdagingen in digitalisering	6
1.2 Artificiële Intelligentie	7
1.3 Doel en scope van het onderzoek	8
1.4 Methode en aanpak	9
2 Het Europese c.q. Nederlandse elektriciteitssysteem	10
2.1 Opbouw Nederlands elektriciteitssysteem	10
3 Digitale Platformen en AI in de elektriciteitsvoorziening	16
3.1 Digitale platformen brengen fysieke energievraag en -aanbod bij elkaar	16
3.2 Domeinen waarin digitale platformen actief zijn binnen het elektriciteitssysteem	17
3.3 Overzicht digitale platformen om in real time vraag en aanbod bijeen te brengen	19
3.4 Inzichten uit de Interviews	21
3.5 Toepassing van AI door digitale platformen	27
4 Vijf scenario's voor de komende 5 jaar	28
4.1 Structurele synchronisatie van decentrale assets	28
4.2 Geaggregeerde handel en capaciteitsproblemen	29
4.3 Eén dominant platform voor de aansturing van decentrale assets	30
4.4 Veel speculatie op handelsplatformen	30
4.5 Autonoom distributienet	31
5 Risicoanalyse digitale platformen in de elektriciteitsvoorziening	33
5.1 Aanpak	33
5.2 Digitalisering en platformen zetten nu al de energievoorziening onder druk	33
5.3 Van risico's naar mitigerende maatregelen	34
5.4 Reflectie op risico's vanuit de vijf scenario's	37
6 Rol van de toezichthouder	39
6.1 Bevoegdheden Agentschap Telecom	39
6.2 Toezicht op Digitale Platformen	39
6.3 Borgen van niet technologische aspecten	40
7 Conclusies en aanbevelingen	41
7.1 Conclusies	41
7.2 Aanbevelingen	43
8 Bijlagen	45
8.1 Overzicht van de verschillende soorten balanceringsenergie	45



1 INTRODUCTIE

1.1 Energietransitie en uitdagingen in digitalisering

Het elektriciteitssysteem is één van de meest complexe systemen die door de mens zijn gemaakt. Onder andere doordat elektriciteit niet op grote schaal kan worden opgeslagen, is deze infrastructuur en de gerelateerde processen van netwerkbeheer en markthandel flink complexer dan die van andere energiedragers. Elektriciteit is één van de sleutel-energiedragers van de energietransitie. Immers, twee belangrijke bronnen van duurzame energie (die uit wind en zonlicht) leveren energie in de vorm van elektriciteit en bovendien lopen de transitiepaden van een aantal sectoren via elektrificatie (zoals vervoer, industrie en warmte). Verder is het terugdringen van gebruik van Gronings aardgas een extra drijvende kracht achter de elektrificatie van de warmtevoorziening in industrie, gebouwen en huishoudens.

Dit levert drie uitdagingen die niet los van elkaar te zien en op te lossen zijn.

- Ten eerste, is de variatie en onzekerheid in de elektriciteitsopwekking uit zon en wind een groeiende uitdaging voor de balanshandhaving in ons elektriciteitssysteem. De aanbodkant van het systeem kan in toenemende mate de vraagkant niet meer volgen. De vraag zal ook het aanbod moeten gaan volgen.
- Ten tweede levert de groei in zowel vraag en aanbod van elektrische energie nu al overbelasting in de netten over een groot deel van Nederland en verdere elektrificatie versterkt dit. Netwerkinfrastructuur heeft een levensduur van een aantal decennia en we gebruiken de netten nu op een manier die in de ontwerpfase nooit was voorzien.
- Ten derde is er een decentralisatie gaande. Elektriciteitsopwekking gebeurt steeds vaker in de distributienetten (warmtekrachtkoppeling, zon, wind). Decentralisatie is ook gaande in het proces van de balanshandhaving, het proces om op een basis van enkele seconden vraag en aanbod in het systeem op elkaar af te stemmen. Zonder deze balans ontstaan er problemen die uiteindelijk tot netuitval leiden. De flexibiliteit om op systeemniveau de balans te handhaven en om knelpunten (zoals overbelasting van netdelen) in de netwerken op te lossen komt steeds vaker van opwek en stuurbare vraag in de distributienetten. Die flexibiliteit komt dan bijvoorbeeld via vraagverschuiving van warmtepompen in huizen en gebouwen en van (ont)ladende elektrische auto's. Hiermee decentraliseren ook de coördinatiemechanismen in het elektriciteitssysteem: van de top-down regeling van een handvol centrales naar (additioneel) een bottom-up coördinatie tussen lokale vraag, aanbod en netwerkcapaciteit.

Deze ontwikkelingen zijn een drijvende kracht achter de tweede digitaliseringsgolf in het elektriciteitssysteem. De uitrol van digitale elektriciteitsmeters en de eerste generatie automatisering van transformatorstations (IEC61850 standaard) waren onderdeel van de eerste golf. De tweede golf ontvouwt zich momenteel rond vraag- en aanbodsturing, congestiemanagement, lokale ontsluiting van flexibiliteit, slim gebruik van de groeiende stroom aan data en gedistribueerde coördinatiesystemen¹.

¹ Zoals bijvoorbeeld *virtual power plants*, of *virtuele elektriciteitscentrales*: aggregaties van relatief kleine stuurbare elektriciteit producerende en -consumerende apparaten die gezamenlijk bedreven worden en als een enkele eenheid.



1.2 Artificiële Intelligentie

Artificiële Intelligentie (AI) is een sleuteltechnologie in deze ontwikkeling^{2,3,4,5}. Artificiële Intelligentie is “de theorie en ontwikkeling van computersystemen die taken kunnen uitvoeren waarvoor normaal menselijke intelligentie voor nodig is, zoals visuele perceptie, spraakherkenning, besluitvorming en vertalen”⁶. In het kader van dit document gaat het met name om systemen voor besluitvorming, hetzij in beslissingsondersteunende systemen of in automatische beslissystemen. AI is een term die sinds 1950 wordt gebruikt en is door de jaren heen gebruikt als paraplueterm voor een veelheid van technieken en technologieën. Tegenwoordig lijkt de term synoniem te zijn aan data science technieken (lerende systemen, data-gedreven modellering, neurale netwerken) terwijl ook gedistribueerde AI, niet per definitie gebaseerd op lerende systemen, steeds meer toepassing vindt, zoals multi-agent systemen en edge computing.

De auteurs hebben ervoor gekozen voor het vervolg van dit document niet op hoog detail niveau onderscheid te maken tussen diverse vormen van AI, maar de huidige digitalisatiegolf als uitgangspunt te nemen, omdat het voor veel van de geïdentificeerde risico's niet relevant is precies te weten met welke techniek een toepassing wordt gerealiseerd. Er zijn twee types AI-algoritmes: de één wordt ontworpen met bepaald doel voor ogen, daarnaast zijn er zelflerende systemen welke leren van o.a. historische data. Met het ontworpen doel is beter te testen in verschillende scenario's dan met het zelflerende algoritme. Wanneer wordt gerefereerd aan AI-systemen, wordt veelal verwezen naar het zelflerende algoritme en niet naar het ontworpen algoritme.

AI wordt meer en meer gebruikt ten behoeve van het beschikbaar en betrouwbaar houden van ons elektriciteitssysteem, onder andere ter ondersteuning van de inzet van decentrale eenheden (opwek, flexibele vraag en opslag) in de balanshandhaving (centraal)^{7,8}, als voor congestiemanagement (lokaal)^{9,10}. We maken een transitie van een beperkt aantal centrales

² Ali, Syed S., and Bong J. Choi. 2020. "State-of-the-Art Artificial Intelligence Techniques for Distributed Smart Grids: A Review" *Electronics* 9, no. 6: 1030. <https://doi.org/10.3390/electronics9061030>.

³ Omitaomu, Olufemi A., and Haoran Niu. 2021. "Artificial Intelligence Techniques in Smart Grid: A Survey" *Smart Cities* 4, no. 2: 548-568. <https://doi.org/10.3390/smartcities4020029>.

⁴ O. A. Alimi, K. Ouahada and A. M. Abu-Mahfouz, "A Review of Machine Learning Approaches to Power System Security and Stability," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 113512-113531, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3003568.

⁵ Niet I, van Est R and Veraart F (2021) Governing AI in Electricity Systems: Reflections on the EU Artificial Intelligence Bill. *Front. Artif. Intell.* 4:690237. doi: 10.3389/frai.2021.690237.

⁶ Oxford Languages English Dictionary

⁷ Demir, S., Mincev, K., Kok, K., & Paterakis, N. G. (2021). Data augmentation for time series regression: Applying transformations, autoencoders and adversarial networks to electricity price forecasting. *Applied Energy*, 304, [117695]. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117695>. [Ontwikkeling gefinancierd door NL Elektriciteitshandelaar.]

⁸ Stappers, B., Paterakis, N. G., Kok, J. K., & Gibescu, M. (2020). A Class-Driven Approach Based on Long Short-Term Memory Networks for Electricity Price Scenario Generation and Reduction. *IEEE Transactions on Power Systems*, 35(4), 3040-3050. [8957258]. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2020.2965922>. [Ontwikkeling i.s.w.m. NL Elektriciteitshandelaar.]

⁹ Koen Kok, Aliene van der Veen, Sjoerd Doumen, Pieter Loonen, "Transactive Energy in the Dutch Context", Survey Report, Eindhoven University of Technology, February 2022. Url: https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Systeemintegratie/2022-TUe_TNO-Transactieve_Energy-Survey_Report.pdf.



die samen de totale vraag volgen, tot een decentraal systeem van een groot aantal eenheden die onderling de balans handhaven en energiestromen binnen de capaciteitslimieten van het netwerk houden. Door het gedistribueerde karakter zullen online platformen, Internet-of-Things hubs en clouddiensten bijdragen aan de groeiende complexiteit van het systeem. Clouddiensten zijn diensten die via het internet hardware, software, gegevens en/of gegevensopslag beschikbaar stellen op aanvraag. Het Internet-of-Things (IoT) is een gedistribueerd systeem van digital-verbonden slimme apparaten die in staat zijn gegevens te communiceren zonder gebruik te maken van menselijke interactie. Het kan hier gaan om data ter identificatie (elektronische labels), maar ook over sensordata of stuurgegevens. Een IoT hub is een clouddienst die voor één of meerdere IoT applicaties de dataverbindingen in stand houdt en beveiligd, alle data verwerkt en onderhoudsfuncties uitvoert, zoals software-updates.

1.3 Doel en scope van het onderzoek

Doel van dit rapport is om Agentschap Telecom een advies te geven hoe het Agentschap als toezichthouder kan anticiperen op de risico's van digitale platformen en AI in de Nederlandse elektriciteitssector en hier indien nodig vooraf op kan acteren, met name waar het gaat om (toekomstige) aansturing van decentrale eenheden van vraag en aanbod ten behoeve van de netstabiliteit (balanshandhaving en congestiemanagement). Het gaat hier om installaties en apparaten verbonden met een distributienet voor elektriciteit, die elektriciteit vragen, leveren of opslaan en die betreffende hun operationele patronen reageren op (prijs- of stuur-) signalen uit een ander deel van het energiesysteem. Om dit doel te bereiken zal dit rapport (i) een overzicht geven van de spelers en de ketenafhankelijkheid in het Nederlandse elektriciteitssysteem en daarnaast (ii) het huidige gebruik van digitale platformen en AI beschrijven inclusief (iii) een inschatting van de verwachte ontwikkelingen in de komende 5 jaar. Hierbij ligt de focus op de belangrijkste en meest kritische toepassingen van AI en Digitale Platformen.

Het onderzoek richt zich op de volgende onderzoeksvragen:

1. Welke rol spelen op dit moment digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening en hoe zijn dergelijke platformen opgebouwd?
2. Hoe ziet het huidige gebruik van AI-toepassingen m.b.t. de aansturing van de elektriciteitsvoorziening binnen deze digitale platformen er uit? Welke toepassingen zijn cruciaal voor de sturing van deze platformen en hoe beïnvloeden deze toepassingen elkaar?
3. Hoe gaan de digitale platformen zich in de komende 5 jaar ontwikkelen? Hoe verandert de eerder beschreven inzet van AI daarbij? Zowel in het type AI toepassing als in de locatie en wisselwerking tussen de verschillende toepassingen. Beschreven aan de hand van scenario's.
4. Welke belangrijke risico's zijn er ten aanzien van de continuïteit en beschikbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als gevolg van het huidige en toekomstige gebruik van AI over 5 jaar? Ook systeemrisico's en cascade effecten door het gebruik van AI dienen meegenomen te worden. Hoe kunnen de verschillende risico's relatief ten opzichte van elkaar worden gewogen in een risicomodel?

¹⁰ "The Mobilize Smart Charge app automatically manages your charging sessions taking into account the capacity available on the electricity grid, the availability of renewable energy, electricity prices and your charging preferences." <https://www.jedlix.com/en/mobilize-smart-charge/>.



5. Hoe (doelen én instrumentarium) kan Agentschap Telecom als toezichthouder en uitvoeringsorganisatie deze risico's beperken?

De scope van het onderzoek omvat het gehele waardenetwerk van de elektriciteitsvoorziening, met een speciale focus op de (toekomstige) aansturing van decentrale eenheden van vraag en aanbod ten behoeve van de netstabiliteit (balanshandhaving en congestiemanagement) en de rol van AI, online platformen en clouddiensten daarin. Partijen in de scope van het onderzoek zijn de partijen die de elektriciteitsinfrastructuur gebruiken en beheren plus relevante data- en dienstenleveranciers zover hun operatie invloed kan hebben op de continuïteit van de elektriciteitsvoorziening. De focus in het onderzoek ligt op de belangrijkste en meest kritische toepassingen van AI voor de leveringszekerheid. De focus in het onderzoek ligt daarmee niet op volledigheid maar op inzicht in de majeure potentiële risico's.

1.4 Methode en aanpak

Het onderzoek heeft de volgende stappen gevolgd:

1. **Opstellen sectorbeschrijving** van de Nederlandse elektriciteitssector aan de hand van beschikbare literatuur en gebruikmakend van bestaande actormodellen. Beschrijven van de digitale platformen welke actief zijn in de afstemming tussen vraag en aanbod van elektriciteit. Deze stap geeft antwoord op de eerste onderzoeksvraag (rol en opbouw digitale platformen in de elektriciteitsvoorziening).
2. **Interviews:** Een groep van sleutelpersonen is geïnterviewd om input te verkrijgen ter beantwoording van de onderzoeksvragen 2, 3 en 4. Zie sectie 3.4 voor een lijst van geïnterviewde personen. Deze experts vertegenwoordigen organisaties waarvan wordt verwacht dat zij een belangrijke rol spelen in het huidige en toekomstige speelveld van digitale platformen en AI en zijn actief in diverse rollen in de elektriciteitssector zodat een goed overzicht van de belangen en staat van de technologie wordt verkregen. Het innovatieve vermogen van de betreffende organisatie is hierbij meegewogen.
3. **Workshop:** Als een verdiepende slag in de beantwoording van vragen 2, 3 en 4 zijn een tweetal workshops gehouden met een aanvullende groep experts uit een bredere groep van personen/organisaties in de Nederlandse elektriciteitssector, zie sectie 5.1. In de workshop zijn de inzichten van de sleutelpersonen uit de interviews gevalideerd. Verder zijn de geïdentificeerde risico's behorende bij de opgestelde scenario's uit de interviewfase tijdens de workshop geanalyseerd op impact en waarschijnlijkheid van optreden.
4. **Risicoanalyse:** Aan de hand van de voorgaande stappen is een risicomatrix opgesteld waarin de waarschijnlijkheid van het zich voordoen van, en de mogelijke impact van de verschillende risico's kwalitatief wordt weergegeven. Systeemrisico's en cascade effecten door het gebruik van digitale platformen en AI zijn in deze analyse ook meegenomen. Input voor deze risicoanalyse zijn de uitkomsten van interviews en workshop en de kennis van de sectorexperts.
5. **Klankbordgroep:** Om voor de significante risico's doelen en instrumentarium vanuit het oogpunt van het Agentschap Telecom als toezichthouder te identificeren is een workshop gehouden met de door Agentschap Telecom samengestelde klankbordgroep. De risicoanalyse en de inzichten uit deze sessie dienen als basis voor de beantwoording van de vijfde en laatste onderzoeksvraag.



2 HET EUROPESE C.Q. NEDERLANDSE ELEKTRICITEITSSYSTEEM

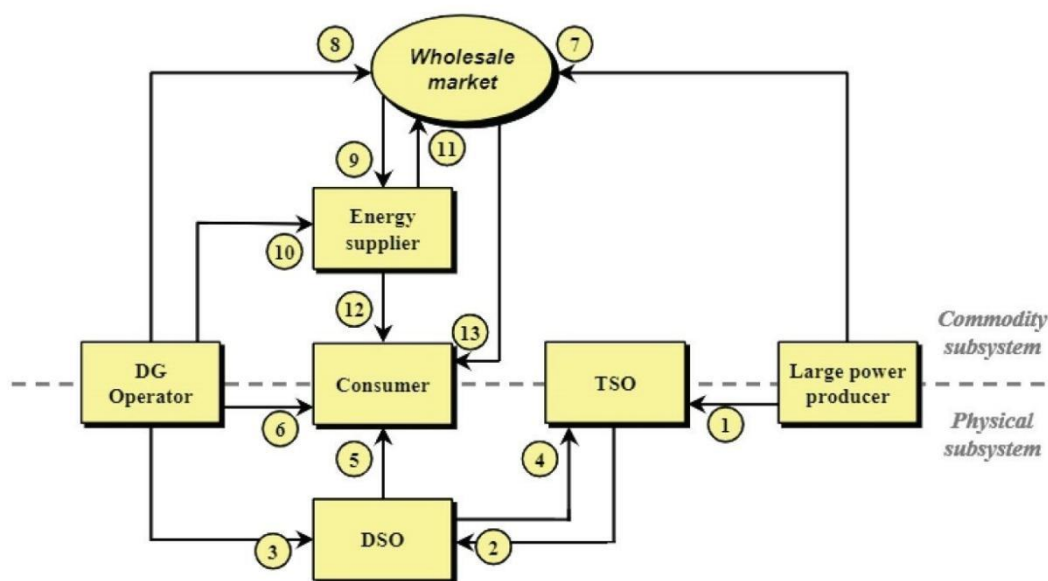
2.1 Opbouw Nederlands elektriciteitssysteem

Het *elektriciteitssysteem* is de verzameling van alle systemen en actoren die betrokken zijn bij elektriciteitsproductie, transport, levering en handel. Het elektriciteitssysteem is verdeeld in twee subsystemen: het fysieke subsysteem en het handelssubsysteem. Het fysieke subsysteem is gecentreerd rond de productie, transmissie en distributie van elektriciteit en omvat de fysieke apparaten en installaties om dit te doen, evenals de partijen die deze activa exploiteren. Het handelssubsysteem is de administratieve en zakelijke tegenhanger van het fysieke systeem. Hier wordt het *elektriciteitsproduct* verhandeld tussen producenten, handelaren, energieleveranciers en consumenten.

Figuur 1: toont het Elektriciteitssysteemmodel van Van Werven en Scheepers¹¹, een model van het elektriciteitssysteem met de twee eerder genoemde subsystemen en de belangrijkste spelers, c.q. rollen daarin. Sommige rollen opereren in beide subsystemen, terwijl andere slechts in één subsysteem werken. Ook kunnen sommige rollen door één (rechts)persoon worden gecombineerd.

¹¹ Werven, M.J.N. van; Scheepers, M.J.J., "DISPOWER. The changing role of energy suppliers and distribution system operators in the deployment of distributed generation in liberalised electricity markets", Report, ECN Policy Studies, ECN-C--05-048, 2005. Figuren gebruikt met toestemming.





Figuur 1: Elektriciteitssysteemmodel: commodity transacties en resulterende fysieke energiestromen¹¹.

De actorrollen zijn:

- **Consumer** (consument): Gebruiker van elektriciteit, aangesloten op het distributienet en die zijn elektriciteit inkoopt bij een energieleverancier. Al het gebruik van elektrische energie achter een fysieke aansluiting op de distributienetten wordt hier meegerekend: huishoudens, gebouwen, industrie, etc.
- **Distributed Generation (DG) Operator** [operator voor gedistribueerde generatie (DG)]: Exploitant van een productiemiddel aangesloten op het distributienet. Alle eigenaren/exploitanten van opwekking achter een fysieke aansluiting op de distributienetwerken worden hier meegerekend: zonne-energie op het dak van huishoudens of gebouwen, warmtekrachtkoppeling (WKK) in de tuinbouw of stadsverwarming, etc.
- **Energy Supplier** [energieleverancier]: partij die elektriciteit verkoopt aan consumenten en daartoe handelt op de groothandelsmarkt. Optioneel koopt de energieleverancier (ook) opgewekte elektriciteit in bij DG-operators.
- **Distribution System Operator (DSO)** [distributienetbeheerder]: Beheerder van het distributienet voor levering aan consumenten, verantwoordelijk voor de stabiele werking van dat netwerk. In Nederland zijn dit bijvoorbeeld Alliander, Enexis en Stedin.
- **Transmission System Operator (TSO)** [transmissiesysteembeheerder]: Beheerder van het transmissienetwerk, ook verantwoordelijk voor de stabiele werking van dat netwerk. In Nederland is dit TenneT.
- **Large Power Producer** [grote stroomproducent]: Producent van bulkelektriciteit direct aangesloten op het transmissienet, bijvoorbeeld een exploitant van een elektriciteitscentrale op fossiele brandstof, een offshore windturbinepark of een grote waterkrachtcentrale.



Zoals hierboven al is vermeld, kan een enkele (rechts)persoon meerdere rollen tegelijk vervullen. Een consument die ook zelf elektriciteit opwekt ("achter de meter") speelt ook de rol van DG Operator. Een actor die deze twee rollen combineert, wordt een *prosumer* genoemd. Huishoudens met fotovoltaïsche zonnepanelen op het dak en glastuinders met WKK-installaties vallen in deze categorie. Verder kunnen in de huidige geliberaliseerde energiemarkt in de EU-lidstaten de rollen van energieleverancier, DG Operator en/of grote stroomproducent worden gecombineerd.

Om de lezer vertrouwd te maken met het model, beschrijven we enkele specifieke gevallen die op het model worden geprojecteerd:

- In het **traditionele leveringsmodel** kunnen grote stroomproducenten, bijvoorbeeld degenen die grote elektriciteitscentrales exploiteren, hun geproduceerde elektriciteit op de groothandelsmarkt (Wholesale Market) verhandelen (pijl 7). Het geproduceerde volume wordt fysiek ingevoerd in het transportnet van de TSO (pijl 1). Deze elektriciteit bereikt de gebruiker via een DSO-netwerk (pijlen 2 en 5). De consument koopt deze elektriciteit bij zijn gecontracteerde energieleverancier die deze heeft afgenomen van de groothandelsmarkt (Wholesale Market) (respectievelijk pijl 12 en 9). **Grotere consumenten** kopen hun elektriciteit rechtstreeks van de markt, zoals weergegeven door pijl 13.
- Bij **zelfconsumptie** verbruikt een gecombineerde consument/DG Operator (een deel van) de zelfgeproduceerde elektriciteit op hetzelfde moment dat deze wordt geproduceerd. Dit wordt weergegeven door pijl 6. Merk op dat dit de enige fysieke energiestroom is die geen tegenhanger heeft in het handelssubstelsel, aangezien deze energie niet tussen actoren wordt verhandeld.
- **DG produceerde energie** die niet gebruikt wordt als zelfconsumptie, vloeit in het DSO-net (pijl 3). Bij een prosumer wordt deze energie via een terugleverregeling (10) verkocht aan de energieleverancier (energy supplier). In het andere geval, dus als de gedistribueerde elektriciteitsopwekking een eigen aansluiting heeft, wordt de geproduceerde energie ofwel verkocht aan een energieleverancier (ook pijl 10) of, als de DG Operator voldoende volume produceert, rechtstreeks op de groothandelsmarkt (wholesale market) (8). In het eerste geval levert de energieleverancier deze energie dan ofwel aan een consument (12) of verkoopt deze door op de markt (11). Als een bepaald DSO-netwerksegment meer lokale productie heeft dan verbruik, zal de energie omhoog stromen naar het transmissienet van de TSO (4) en dan terug naar een ander DSO-netwerksegment (2) met nettoverbruik.

Handel op de groothandelsmarkt gebeurt op meerdere tijdschalen. Op de termijnmarkt (futures) wordt elektriciteit jaren tot maanden voor het moment van levering verhandeld, gevolgd door de day-ahead markt waar elektrische energie voor de volgende dag in uurblokken wordt verhandeld. Ten slotte vindt de intra-day markthandel plaats, in blokken van een uur of 15 minuten, tot vijf minuten voor de daadwerkelijke levertijd. Een gedetailleerde uitleg van de werking van deze markten valt buiten de scope van dit document.

Een belangrijke functie van de groothandelsmarkt is het handhaven van het algehele evenwicht tussen vraag en aanbod. Twee belangrijke mechanismen hiervoor zijn het *balanceringsmechanisme* (*balancing mechanism*) en de *balansverantwoordelijkheid* (*balance responsibility*). Het balanceringsmechanisme bestaat uit twee delen. Ten eerste is er de onbalansmarkt, waar afwijkingen van de verhandelde vraag- en aanbodprofielen automatisch



worden verhandeld en ten tweede de markten voor regel- en reservevermogen die door de TSO worden gebruikt om de systeembalans (de som van alle afwijkingen) te herstellen met behulp van door marktpartijen actief aangeboden reservecapaciteit.

Eerst bekijken we de balansverantwoordelijkheid, het balanceringsmechanisme wordt later in deze paragraaf beschreven. Door het systeem van balansverantwoordelijkheid worden marktpartijen gestimuleerd om een evenwicht tussen vraag en aanbod in hun portefeuille te behouden. Alle aansluitingen op het elektriciteitsnet in de EU hebben een administratieve verbinding met een *Programmaverantwoordelijke Partij (PV-partij* of kortweg *PV* genoemd, Balancing Responsible Party, BRP in het Engels) in een één-op-één relatie. Alle Programmaverantwoordelijken samen vertegenwoordigen dus alle aansluitingen op het elektriciteitsnet.

Verder moeten alle transacties op de groothandelsmarkt gekoppeld zijn aan een PV Partij: ofwel de handelaar heeft een PV-licentie of wordt vertegenwoordigd door een andere organisatie die een licentie heeft. Elke PV is verantwoordelijk voor het handhaven van een evenwicht tussen alle vraag en aanbod op de vertegenwoordigde aansluitingen *plus* het verhandelde volume op de markten voor deze aansluitingen. Dit gaat op een tijdschaal van 15 minuten, ook wel programmatijdseenheden (*Program Time Units, PTU's*) genoemd. Dus binnen deze tijdvakken van 15 minuten moet de som van alle op de groothandelsmarkten verhandelde (gekochte of verkochte) energie voor die verbindingen ("het programma") gelijk zijn aan de som van alle fysiek met het netwerk uitgewisselde energie.

Al het verhandelde volume wordt door de PV Partij aan de TSO gemeld in een zogenaamd E-programma. Op het moment van levering kunnen afwijkingen optreden tussen deze prognose en het gerealiseerde vraag- en aanbodschaal binnen het portfolio van een PV Partij, bijvoorbeeld door voorspellingsfouten of technische storingen in installaties of apparaten die elektriciteit verbruiken of produceren. Deze afwijkingen worden automatisch als onbalans verhandeld op de onbalansmarkt. We komen hier hieronder op terug.

In real-time wordt de totale netto onbalans over alle PV Partijen in Nederland bepaald door de TSO. Dit gebeurt door de som van alle prognoses in de E-programma's, die de geplande grensoverschrijdende stroom van/naar Nederland geeft, te vergelijken met de gemeten stroom op de grensoverschrijdende verbindingen (de interconnectoren). Een eventueel systeem-breed tekort wordt vervolgens door de TSO op de markten voor regel- en reservevermogen gekocht, terwijl een overschot door de TSO op deze markten wordt verkocht, beide met als doel de systeem-onbalans zo snel mogelijk te herstellen. In tegenstelling tot de onbalansmarkt waar PV Partijen passief deelnemen, moeten PV Partijen actief inbieden om deel te nemen aan de markten voor regel- en reservevermogen. Hiermee vervult de PV Partij de rol van *Balancing Service Provider (BSP)*. Op basis van de technische parameters van de gebruikte eenheden -zoals reactietijd en opregelsnelheid- wordt regelvermogen (snellere reactie) en reservevermogen (langzamere reactie) verhandeld in drie verschillende deelmarkten:

- *Frequency Containment Reserves (FCR)*, snel regulerende eenheden die automatisch reageren op de netfrequentie van 50 Hz. Deze reserves houden de netfrequentie binnen vooraf bepaalde grenzen. Netfrequentieafwijkingen vanaf 50 Hz duiden op een momentane mismatch tussen vraag en aanbod in het systeem. Aangezien de gemeten frequentie hetzelfde is in het hele synchrone netgebied van Continentaal Europa, werken alle middelen die FCR in dit gebied leveren, samen om de netfrequentie in het hele

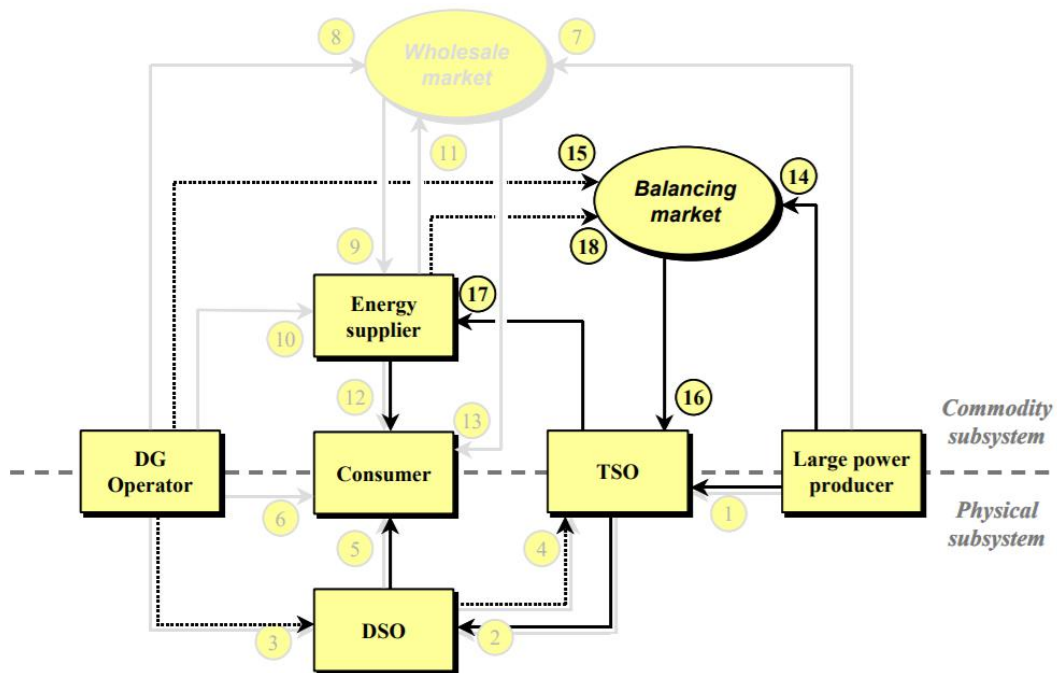


- gebied te stabiliseren. Deze reserves worden vooraf gecontracteerd en automatisch geactiveerd zonder datacommunicatie, omdat de reactie wordt geactiveerd door frequentie-afwijkingen.
- *Frequency Restoration Reserves (FRR)*, snel reagerende reserves voor op- en afregelen. De TSO activeert deze reserves met als doel de systeembalans in Nederland te herstellen en daarmee de netfrequentie terug te sturen naar 50Hz zoals de naam al aangeeft. PV Partijen leveren aanbiedingen (opregelen) en biedingen (afregelen) die worden geactiveerd door de TSO. Er zijn twee vormen van FRR:
 - ✓ *Automatische FRR (aFRR)* die automatisch wordt geactiveerd via een real-time prijs die het resultaat is van een marktmechanisme voor verdiensten (biedladder).
 - ✓ *Handmatige FRR (mFRR)* vergelijkbaar met aFRR maar dan handmatig geactiveerd. mFRR moet binnen 15 minuten na activatie online zijn.
 - *Replacement Reserves (RR)* (Vervangingsreserves) handmatig geactiveerde reserves die af en toe worden gebruikt om FRR-eenheden vrij te maken in geval van langdurige verstoringen. Deze reserve wordt geactiveerd via een telefoontje en moet binnen 15 minuten na het gesprek online zijn. De activering gebeurt gemiddeld één keer per maand.

Voordat de terminologie binnen Europa werd geharmoniseerd, stond FCR bekend als primaire reserve, FRR als secundaire reserve en RR als tertiaire reserve. Merk op dat alle transacties op deze markten tussen de TSO en een BSP verlopen. De TSO koopt energie in geval van opregelen en verkoopt bij afregelen. Merk verder op dat opwaartse (of neerwaartse) regulering ook kan worden bereikt door de vraag te verlagen (of verhogen).

De prijzen op de onbalansmarkt, de 15 minuten prijzen die gebruikt worden om af te rekenen met de PV Partijen die afweken van hun planning, zijn afgeleid van de real-time prijzen die in dezelfde tijdspanne gebruikt worden in de reservemarkten, op een zodanig manier dat dit een nulsomspel (zero-sum game) is voor de TSO. Alle kosten die gemaakt worden om de balans met reserves te handhaven, worden dus via de onbalansmarkt verrekend met de PV Partijen die de onbalans hebben veroorzaakt.





Figuur 2: Elektriciteitssysteemmodel: Markttransacties inclusief de Balanceringsmarkt¹¹.

Figuur 2 toont de balanceringsmarkt in het Elektriciteitssysteemmodel. Transacties worden getoond voor optredende onbalans in het elektriciteitsverbruik. De ononderbroken pijlen geven de traditionele situatie weer waarin regelvermogen wordt geleverd door de grote elektriciteitsproducenten, terwijl de gestippelde pijlen de transacties tonen wanneer gedistribueerde opwekkingsmiddelen ook regeldiensten leveren.



3 DIGITALE PLATFORMEN EN AI IN DE ELEKTRICITEITSVOORZIENING

Welke rol spelen op dit moment digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening en hoe zijn dergelijke platformen opgebouwd?

De rol van digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening zal de komende vijf à tien jaar sterk toenemen. Waar het gaat om aan sturing van vraag en aanbod van elektriciteit zijn digitale platformen nu vooral actief in de markt voor regelvermogen. Het is waarschijnlijk dat in het komende decennium hierin een dominant platform zal ontstaan.

3.1 Digitale platformen brengen fysieke energievraag en -aanbod bij elkaar

Een digitaal platform¹² is een op software gebaseerde online infrastructuur waarbij interacties tussen gebruikers ofwel actoren, andere platformen of systemen plaatsvinden. Digitale platformen kunnen optreden als verzamelaar van data, die vervolgens kan worden gebruikt om systemen te trainen. Verder kunnen digitale platformen ook de basis bieden voor systemen die fysieke sturing realiseren op het bijeenbrengen van vraag en aanbod van elektriciteit, of als fysiek onderdeel van de infrastructuur. In deze context maken we onderscheid tussen (1) een digitaal platform om online in real time vraag en aanbod bijeen te brengen waarbij geen directe koppeling is met infrastructuur en fysieke assets en anderzijds (2) een digitaal platform dat een ondersteunende functie heeft voor vraag/aanbod afstemming binnen de infrastructuur. Voorbeeld van dat laatste is een algoritme dat op enige plaats in het elektriciteitsnetwerk geautomatiseerd netcomponenten (zoals transformatoren en schakelelementen) stuurt naar een geoperationaliseerde configuratie. Beide typen platformen kunnen zelf sturen in de elektriciteitsvoorziening.

Digitale platformen in Nederland zijn veelal ontstaan vanuit (semi-)publieke partijen

Het beeld dat digitale platformen vooral vanuit Silicon Valley opkomen moet voor de elektriciteitsvoorziening worden rechtgezet. Een partij als Tesla die met hun Autobidder-dienst het schakelen van batterijpakketten in elektrische auto's mogelijk maakt, voldoet aan het traditionele beeld van een digitaal platform afkomstig uit Silicon Valley. Echter worden vanuit o.a. Nederlands eigen TSO TenneT pro-actief digitale platformen ontworpen, juist om beter om te kunnen gaan met het gedecentraliseerde elektriciteitssysteem. Voorbeelden hiervan zijn crowd-balanceringsplatform^{13,14} en congestiemanagement¹⁵.

¹² Amrit Tiwana, "Platform Ecosystems: Aligning Architecture, Governance, and Strategy".

¹³ <https://equigy.com>

¹⁴ <https://etpa.nl>

¹⁵ <https://www.gopacs.eu>



3.2 Domeinen waarin digitale platformen actief zijn binnen het elektriciteitssysteem

Bestudering van de actieve digitale platformen in de elektriciteitsvoorziening laat een concentratie zien rondom een zestal activiteiten. Deze activiteiten zijn niet onuitputtelijk, maar komen wel veelvuldig voor en bieden daarmee een goede schets van de huidige stand van zaken.

Activiteiten van digitale platformen actief in de elektriciteitsvoorziening in Nederland	
1	<p>Aggregeren van flexibiliteitscapaciteit van kleinere units inzetbaar als regelvermogen</p> <p>In samenhang aansturen van apparaten die individueel te klein zijn om op de markten voor reservevermogen actief te zijn. Voor onder andere elektrische auto's en warmtepompen, naar verwachting in de toekomst ook thuisbatterijen. Het timen van het activeringssignaal hiervoor en de verrekening van kosten/opbrengsten vindt plaats bij het digitaal platform.</p> <p>Bij E-auto's zal in de toekomst hierbij een stap verder gegaan worden dan het timen van het laden van de auto op momenten dat de stroom voordelig is: ook tijdelijk terugleveren aan het net vanuit de autoaccu zal worden ondersteund.</p>
2	<p>Aggregatie en Inzet van industrieel stuurbare vraag of aanbod als reservevermogen</p> <p>Inzetten van industrieel reservevermogen op FCR en FRR reservemarkten, bijvoorbeeld met koelingsinstallaties, pompvermogen, zonneparken, warmte-kracht installaties, assimilatieverlichting bij tuinders en, in toenemende mate, grid-scale batterijen. Zoals hierboven kan er vermogen geaggregeerd worden aangestuurd om genoeg capaciteit te verkrijgen voor een toelating tot de markten voor reservevermogen.</p>
3	<p>Uitwisselen van energie tussen aangeslotenen (huishoudens, bedrijven)</p> <p>Onderlinge verrekening van energie tussen huishoudens in een energiecoöperatie, bijvoorbeeld bij teveel geproduceerde zonnestroom en aanwezigheid van een buurtbatterij, of tussen bedrijven op een bedrijventerrein (<i>energyhubs</i>). In toekomstige wetgeving krijgen <i>energy communities</i> meer mogelijkheden, zoals gesteld in de EU Clean Energy Package, en netwerkbedrijven werken momenteel mogelijkheden uit om energyhubs van bedrijven via tarifiering te ondersteunen.</p>



4	<p>Automatiseren van apparatuur in huis</p> <p>Energie- en kostenbesparing door intelligent schakelen van apparatuur in huis, zoals verlichting, warmtepompen en verwarming. Gebruikersinteractie beperkt zich in sommige gevallen tot het instellen van de parameters die de randvoorwaarden stellen waarbinnen het systeem regelt. Bij het uitfasen van de salderingsregeling zullen deze systemen ook gaan sturen op real-time gebruik van de eigen opgewekte elektriciteit. Dan wordt de inzet van thuisbatterijen ook interessant. In landen zonder salderingsregeling (zoals in Duitsland) wordt dit type optimalisatie “achter de meter” al op grote schaal ingezet en zijn thuisbatterijen ook algemeen.</p>
5	<p>Automatisering van onderstations</p> <p>Bemetering en sturing van transformatorstations in laagspannings- en middenspanningsnetwerken. Deze in het transformatorstation geplaatste systemen bieden een meer gedetailleerd inzicht in het elektriciteitsnetwerk. Data kan gebruikt worden voor (real-time) optimalisatie van het betreffende netdeel, maar ook o.a. voor het snel lokaliseren en verhelpen van storingen en voor preventief onderhoud.</p>
6	<p>Congestiemangement in distributienetwerken voor elektriciteit</p> <p>Beschikbaar maken van financiële incentives voor het inzetten van afname én redispatch¹⁶ ter voorkoming van congestie in distributienetwerken voor elektriciteit. Op dit moment gebeurt dit nog beperkt en alleen in middenspanningsnetwerken. Wel kan flexibiliteit van apparaten en elektrische voertuigen aangesloten op het laagspanningsnetwerk hiervoor gebruikt worden. Mogelijk wordt deze vorm van congestiemangement in de toekomst ook ingezet voor in de laagspanningsnetwerken. Maakt (in de toekomst) gebruik van dezelfde flexibele units als die voor activiteit 1 en 2 worden gebruikt.</p>

Tabel 1: overzicht van verschillende activiteiten die momenteel door digitale platformen in Nederland worden ondernomen binnen de elektriciteitsvoorziening.

¹⁶ *redispatching*: een maatregel, met inbegrip van beperking, die door een of meerdere transmissiesysteembeheerders of distributiesysteembeheerders wordt geactiveerd door een wijziging van het productie- en/of belastingspatroon teneinde de fysieke stromen in het elektriciteitssysteem te veranderen en fysieke congestie te verlichten of de systeemveiligheid op een andere manier te waarborgen.



3.3 Overzicht digitale platformen om in real time vraag en aanbod bijeen te brengen

In de stroomvoorziening zijn een aantal digitale platformen actief in Nederland. Het is voor deze toepassingen niet ten alle tijden helder waar en wanneer AI wordt ingezet, maar wél is helder voor welke functionele toepassingen binnen het elektriciteitssysteem AI door een digitaal platform kan worden ingezet.

Om niet afhankelijk te zijn en blijven van verslaglegging van bedrijven over de inzet van AI waarvan de toolbox zich snel doorontwikkelt en AI-systemen opnieuw worden getraind lijkt het het meest haalbaar en houdbaar om het AI-systeem als een black box te benaderen en de toepassing hiervan en de bronnen op basis waarvan wordt geanalyseerd te beschouwen. Een methode voor toezicht hierop is het draaien van simulaties, waarover later meer. De verdienmodellen van deze digitale platformen zijn gebaat bij goede voorspelbaarheid en opereren in een complexe omgeving van vele variabelen, dat zal leiden tot een verdere toename van het gebruik van AI om automatisch te schakelen op momenten dat de verdiensten het grootst zijn.

Ter illustratie is een inventarisatie gemaakt van in Nederland actieve digitale platformen. Deze lijst is niet uitputtend, en de betreffende partij hoeft zich niet nadrukkelijk als digitaal platform te profileren.

Platform	Beschrijving	Activiteit Nr (Tabel 1)
Tesla Autobidder	Real-time handels- en controleplatform voor energie assets, zoals Tesla's Powerpacks, Powerwalls en Megapacks, geoptimaliseerd door machine learning om de assets beter te gebruiken en te gelde te maken. Autobidder had begin 2021 1,2GWh energieopslag onder beheer. Activiteiten in Europa vinden vooralsnog alleen plaats in Zuid Duitsland. Machine learning wordt binnen Autobidder toegepast voor het voorspellen van prijzen, lading en opgewekte energie, optimalisatie van dispatch en slim bieden.	1, met individuele auto's en Powerwalls 2, met Megapacks en vloten auto's Mogelijk ook 6
Equigy (ex TenneT)	Een Crowd Balancing Platform op basis van blockchain-technologie waarmee TSO's toegang hebben tot flexibele elektriciteitsreserves door gebruik te maken van operationele flexibiliteit van apparaten zoals warmtepompen en batterijen in elektrische voertuigen. Equigy is actief in Zwitserland, Nederland, Duitsland, Italië en Oostenrijk. Het platform ondersteunt elektrische auto's, warmtepompen, waterkokers, huishoudelijke en netaccu's.	1, 6.



Jedlix (ex Eneco)	Jedlix laadt elektrische auto's automatisch zoveel mogelijk met groene en goedkope energie op de beste momenten voor de energiemarkt. Zij zijn actief op de aFRR markt. Ze maken gebruik van AI, Machine Learning, en data science gecombineerd met gedragswetenschap ¹⁷ .	1, mogelijk 6
Sympower	Flexibiliteitsaanbieder voor elektrische assets. Actief voor industrie, mobiliteit (EV wagenparken), zonneparken en huishoudens. Voor zowel de primaire (FCR) als secundaire (aFRR) als tertiaire (mFRR) reservemarkten.	1, 2, mogelijk 6
ETPA	Het Energy Trading Platform Amsterdam (ETPA) is een intra-day trading platform. TenneT is (mede)initiatiefnemer van dit platform. ETPA is laagdrempelig voor kleinere spelers (in aangeboden vermogen), waardoor het flexibiliteit ontsluit in dat deel van de markt.	Enabling voor korte-termijn handel met flex assets. Ook enabler voor 6.
GOPACS	Congestie management TSO & DSO door middel van flexibiliteit van vraag en aanbod. Gelanceerd door ETPA en een samenwerkingsverband van de Nederlandse landelijke en regionale netbeheerders. GOPACS is een platform voor congestie management op basis van een koppeling met een intra-day markt (zoals ETPA). Afnemers en aanbieders hebben de mogelijkheid locatie gegevens te koppelen aan biedingen op het intra-day platform (via een EAN code). Vervolgens kunnen netbeheerders deze gelokaliseerde biedingen gebruiken voor redispatch om geprognoseerde congestie te voorkomen.	6
Toon (Eneco)	Thuisthermostaat geïntegreerd met domotica in huis, zodat apparaten aan en uit kunnen schakelen wanneer bewoners weg zijn. Mogelijk straks met uitbreidingen in het aansturen van thuisaccu's.	3
CrowdNett (Eneco)	Virtuele power plant van thuisbatterijen, incl. Energiehandel.	1
Locamation SASensor OpenPlatform	SASensor is een platform voor automatisering van onderstations in het middenspannings- en laagspanningsnetwerk. OpenPlatform biedt derde mogelijkheid om toepassingen te	5

¹⁷ Jedlix CEO Serge Subiron in een interview. <https://www.jedlix.com/en/blog/jedlix-at-the-iaa/>.



	ontwikkelen bovenop dit platform. Data uit het netwerk wordt via dit platform ter beschikking gesteld voor toepassingen van derde partijen.	
Vattenfall (voorheen Senfal)	Platform voor biedingen over verschillende markten. Geautomatiseerde vraagrespons en gerobotiseerde energiehandel. Software voor flexibiliteitsopties in de industriële sector, wind- en zonneparken, koelinstallaties en batterij-installaties. Algoritmes zijn ontwikkeld in samenwerking met Stichting Centrum voor Wiskunde en informatica CWI.	5, in Energiekoplopers veldproef in Heerhugowaard ook 1.
EDMij	Energie- en dataspecialist. Voorspellen energieverbruik en -productie én verhandelt energie direct op de markt of onderling (P2P). Energieleverancier voor Agro bedrijven waarvan flexibiliteit (bijvoorbeeld van WKK en assimilatieverlichting) ingezet wordt ter verbetering van de marktpositie.	2
Powerpeers P2P energieleverancier	Powerpeers brengt vraag en aanbod van energie samen. Zo kunnen huishoudens met zonnepanelen energie leveren aan andere huishoudens. Vooralsnog is dit een administratieve opzet die niet direct stuurt in het elektriciteitssysteem zelf. Er wordt achteraf verrekend in kosten en opbrengst.	-
SCADA wind turbines	SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systemen welke windturbines sturen: op momenten dat stroomprijzen negatief zijn kunnen turbines worden stilgezet. Aansturing en dataverzameling van windturbines op zee vindt steeds meer plaats bij een beperkt aantal OEMs.	-

Tabel 2: overzicht van in Nederland actieve digitale platformen

3.4 Inzichten uit de Interviews

Er zijn interviews geweest met 7 experts op dit onderwerp. Hieronder geven we een overzicht weer van de voor dit onderzoek meest relevante besproken onderwerpen. De functies van de geïnterviewde experts zijn:

- Innovatieadviseur binnen een Regionale Netbeheerder (een DSO)
- Projectmanager EV-Laadinfrastructuur in dienst van een Regionale Netbeheerder
- Strategie Landelijke Netbeheerder TenneT
- Een voormalig CTO van een internationale ICT dienstverlener



- Directeur automatiseringsbedrijf publieke infrastructuur
- Hoofd IT bij een Marktfacilitator (Handelsplatform)
- Cyber-security Expert bij een Kennisinstituut

Innovatieadviseur binnen een DSO over Aggregatie en DSO Congestie:

Een Innovatieadviseur binnen een netwerkbedrijf wijst op aggregatieplatformen (activiteiten 1 en 2 in Tabel 1) die eenheden aansturen die gelokaliseerd zijn in de distributienetten voor regeldoelen op systeemniveau. *"Deze vorm van aggregatie waarbij je niet kijkt waar iets plaats vindt is vanuit DSO perspectief onhandig. Het kan congestie veroorzaken en dit kan oorzaak zijn voor blackouts in de komende jaren. De DSO moet hierin een sturende rol krijgen. [...] Je kan dwingen dat congestie wordt meegenomen in de afweging."*

Verder noemt deze expert het onderscheid tussen open en gesloten platformen: *"je kan GOPACS stapelen met de intra-day markt(en), bij een gesloten systeem kan dit niet, het zit dan allemaal aan elkaar vast"*. De systeembeheerders (TSO, DSO) zouden open markten en mechanismen moeten ontwikkelen waarmee ze vragen in de markt kunnen zetten, i.p.v. ontwikkelingen te doen waarbij ze zelf *"op de stoel van de aggregator zitten"*.

DSO Innovatieadviseur over lock-in van platformdiensten

De Innovatieadviseur waarschuwt voor lock-in door het verweven raken van infrastructuur en platformdiensten. *"Bij laadpalen, zie je vaak dat de laadinfrastructuur en de platformen/diensten door dezelfde partijen geleverd worden. [...] Infra-exploitanten hebben liever een gesloten platform, zo kunnen ze monopolie opbouwen op de infra en zo ook een monopolie opbouwen op de platformdiensten. Je krijgt zo een monopoliestrijd om de infrastructuur."* Als voorbeeld wordt de laadinfrastructuur voor elektrische auto's in Amsterdam genoemd, waar Vattenfall (een groot deel van) de openbare laadpalen heeft uitgerold. Door het inzicht in de exploitatie van de laadinfrastructuur is een betere inschatting te maken van toekomstige kosten en nodige investeringen, waardoor andere partijen in een volgende aanbesteding met een informatieachterstand werken en daarbij minder waarschijnlijk zijn de aanbesteding te winnen.

Het spreiden van infrastructuur en aansturings-platformen/diensten wordt door de expert ook voor de ontwikkeling van de platformdiensten op de langere termijn als gunstig gezien, omdat er dan gemakkelijker in verschillende landen dezelfde diensten geboden kunnen worden.

De expert waarschuwt voor het (laten) ontstaan van een markt voor off-grid of semi off-grid systemen. Voor de leveranciers *"wordt elke black-out een incentive om meer klanten te krijgen"*. Er ontstaan dan partijen die belang hebben bij black-outs.

Projectmanager EV-Laadinfrastructuur over EV Slim Laden en Standaardisatie

Projectmanager EV-Laadinfrastructuur in dienst van een Regionale Netbeheerder en gedetacheerd bij de stichting ELaadNL. ELaadNL speelt een rol bij de ontwikkeling en uitrol van laadinfrastructuur voor elektrisch voertuigen (EVs) in Nederland en bij het tot stand



brengen van de benodigde dataprotocolen, bijvoorbeeld in de afstemming tussen auto en laadpaal en voor de afrekening van laadsessies bij publieke laadpalen.

Deze expert vertelt dat al vrij snel in de ontwikkeling van de laadinfrastructuur de conclusie kwam dat de vermogensvraag van het laden van EVs zo groot is dat er veel meer nodig is dan alleen het registreren van laden voor de afrekening. Dan ga je naar slim laden, waarvoor het laadproces stuurbaar moet worden en er meer inzicht nodig is welke netcapaciteit wanneer beschikbaar is.

"Verwacht wordt dat slim laden de standaard wordt, maar tegelijk op detailniveau óók een keuze wordt van de consument. De klant meldt met een pasje bij de paal hoe hij of zij wil laden, binnen de geldende randvoorwaarden. Zo kun je als gebruiker de door jou gewenste dienst afnemen." In de uitvoering brengt dit nog wel uitdagingen met zich mee, omdat op dit moment laadsystemen op verschillende locaties hun eigen vaste invulling hebben wat betreft de gebruikte laadprofielen. *"Dat is niet ideaal, uiteindelijk wil je maar één standaard hebben."*

Over het gevaar van een lock-in: *"ElaadNL waakt ervoor dat alle aansturing van het laden plaatsvindt via de daarvoor ontwikkelde open protocollen. Proprietary software is ongewenst."*

Projectmanager EV-Laadinfrastructuur: Aggregatie, DSO Congestie en vangnet

Gevraagd naar het spanningsveld tussen de inzet van slim laden voor reservevermogen en de onbalansmarkt en de beschikbare capaciteit in het distributienet: *"je ziet al een nieuwe marktverdeling ontstaan waarin je als klant besluit wat voor soort laaddienst je afneemt. Een mobility service provider kan vol op de onbalansmarkt inzetten en dat in een laaddienst zo verpakken dat klanten dat willen afnemen."* Als DSO moet je dan op alle momenten wel inzicht hebben waar de afnemers zich bevinden en of er geen congestie optreedt. De expert ziet twee mechanismen voor de DSO ontstaan: een congestiemanagement mechanisme, waarbij flexibiliteit van slim laden (ook) ingezet kan worden om congestie te voorkomen en een vangnetfunctie die problemen detecteert en voorkomt.

Bij ELaadNL is nu een ontwikkeling gaande van een autonoom monitoring systeem, Grid Shield genaamd, dat continu de lokale netsituatie in de gaten houdt en laadpalen kan sturen om te voorkomen dat de stroomvoorziening problemen krijgt in bepaalde situaties. Dit systeem moet voorkomen dat het samenspel van laadacties (onbedoeld) overbelasting in het net veroorzaakt. Maar het moet ook hacks onderscheppen: *"als het systeem onwaarschijnlijke laadacties detecteert, schakelt het preventief af"*. Het grid shield moet wel zo robuust zijn dat het niet meer dan nodig in gaat grijpen. *"Hoe meer functionaliteiten er in zitten, hoe groter de faalkans zal worden"*, aldus de expert.

Projectmanager EV-Laadinfrastructuur: interactie netbeheer en telecom

De beheerders van elektriciteitsnetten hebben hun eigen telecom netwerk in beheer, om betrouwbaarheid te waarborgen. *"Daar zitten een wederzijdse spanning: telecom wil niet zonder elektriciteit, netbeheer wil niet zonder telecom voor aansturing."*



Strateeg landelijke netbeheerder

Expert op het gebied van frequentieregeling en van data governance bij TenneT.

"Uiteindelijk draait het bij TenneT om 2 mensen in Arnhem die de frequentie handhaven. Die mensen krijgen steeds meer informatie naar zich toegestuurd. Hier is automatiseren en optimaliseren cruciaal. Testen laten zien dat deze [operators] hun beslissingen baseren op wat ze zien en dat als ze iets niet zien ze het kunnen vergeten. Er kan een grote rol voor AI liggen om de juiste informatie te filteren."

De expert ziet een toenemende inzet van platformsystemen die gebruik maken van AI bij aanbieders op de FCR, aFRR en mFRR markten. Voor TenneT is er een belang bij genoeg aanbod op deze markten: *"Het is [...] ontzettend belangrijk dat we de markten goed faciliteren."* De balanshandhaving via deze markten *"hangt steeds meer af van decentrale bronnen."* De expert geeft aan dat tot nu toe vooral hele grote, vaak internationale, spelers actief zijn op deze markt, *"maar we willen meer aggregators op de markt zien."* Ter ondersteuning hiervan wordt een voorval beschreven op 1 mei in een recent jaar. In grote delen van Europa is de eerste mei een feestdag. In Nederland was meer reservevermogen nodig, maar omdat veel grote programmaveerantwoordelijke partijen in het buitenland gevestigd zijn werd dit bijna niet aangeboden. *"We konden ze ook niet telefonisch bereiken met verzoeken meer reservevermogen te leveren."*

Voormalig CTO internationale ICT dienstverlener

Een voormalig CTO van een internationale ICT dienstverlener geeft aan dat er te weinig wordt stilgestaan bij de negatieve aspecten van digitalisering. *"Ontwikkelingen volgen elkaar snel op, trends versterken elkaar en keuzes zijn niet altijd transparant."* Hij benadrukt het gevaar dat er een proprietary platform een te dominante plek gaat innemen. *"Overweeg open stacks te adopteren. In de energiewereld moeten meer open standaarden worden gedefinieerd en gebruikt."*

Deze expert ziet ook dat het draagvlak voor digitalisering binnen de energiebedrijven tot voor kort erg laag was. *"Het verdienmodel voor netwerkbedrijven is bij wet geregeld en investeringen vonden vooral plaats in fysieke infrastructuur."*

"Het is denkbaar dat ook voor de energiesector bij toezichthouders een afdeling digitale markten wordt ingericht. Hierbij kan de traditionele scope van de toezichthouder verschuiven van regulering en controle naar sturing en het stimuleren van best practices."

Directeur automatiseringsbedrijf publieke infrastructuur

Over de digitalisering van de distributienetten: *"Daar waar TenneT al vergaand gedigitaliseerd en geautomatiseerd is in de onderstations, zijn de regionale netbeheerders nog niet zo ver. Waarschijnlijk omdat daar nooit echt de noodzaak voor was. Waarschijnlijk heeft Enexis nu het meeste inzicht in regelstations. Ons bedrijf heeft gekeken naar het verslimmen en ziet daarin de volgende algemene stappen:*



1. *Data verzameling en monitoring door mensen met domeinkennis. Eventueel analyse door een datascientist.*
2. *Identificatie van interessante patronen in de data en daarvan de detectie automatiseren.*
3. *Decision support: na een tijd is het advies zo goed dat de mens daar bijna alleen maar mee instemt.*
4. *Autonoom systeem.*

In het distributienet zitten we nog helemaal aan het begin, maar in het hoogspanningsnet is niveau 3 bereikt. Zo'n heel proces kan lang duren. Na 15 jaar was er autonoom verkeersmanagement in de maastunnel, bijvoorbeeld." Over de monitoring & control van distributienetten vervolgd de expert: "de control room van toekomst is leeg: je kunt niet naar duizenden km laagspanning kijken. Er komt veel algoritmiek die signalen automatisch verwerkt en hierop schakelt. Apparatuur die in de infrastructuur wordt geplaatst en ter plaatse signalen analyseert is óók een platform. Hierin worden nu kabeldegradatie, spanningskwaliteit en voorspellingsprofielen geanalyseerd."

"De niet functionele eisen zoals beschikbaarheid, weerbaarheid en reactietijd worden cruciaal. Mogelijk zit de energiesector nu teveel vast in het sluitend maken van de business case." "Wanneer een incident optreedt in de infrastructuur, kan het zijn dat de sensoren dat incident niet signaleren doordat de sensoren zelf geen of geen betrouwbaar signaal meer geven." Als voorbeeld wordt de ramp in Fukushima aangehaald: "van de 59 meetstations blijkt er maar 1 bruikbare meting te zijn geweest; andere meetstations waren door water en de aardbeving uitgeschakeld."

Over de onderlinge afhankelijkheid tussen de netwerken voor elektriciteit en telecom zegt deze expert verder: *"gelijktijdigheid van de uitval van elektriciteit en telecom is problematisch als telecom kritisch is voor detectie en oplossing van problemen in het elektriciteitsnetwerk. Omdat er achter een netwerkaansluiting van middenspanning naar laagspanning soms wel 4000 telecomaansluitingen (consumenten internet) hangen, kan een grote hefboom ontstaan."*

Hoofd IT bij een Marktfacilitator (Handelsplatform)

Een IT Manager bij een Marktfacilitator (Handelsplatform): *"wij zorgen dat marktpartijen bij elkaar kunnen komen en hun elektriciteit kunnen aan- en verkopen. We zien op dit moment een duidelijke verschuiving naar handel op de intraday-markt, de korte-termijn handel. Een belangrijke taak voor ons", vervolgt hij, "is hoe we aan de markt verhandelbare producten aanbieden die ervoor zorgen dat de netbeheerders zo min mogelijk werk hebben."*

Er is bij hen geen goed zicht op het aandeel van de handel die geheel geautomatiseerd verloopt, vertelt hij. Ongeveer 20% van alle marktorders wordt geplaatst via de gebruikersinterface, door een persoon dus. De overige 80% gaat via een API, een Application Programming Interface, maar hoeveel daarvan worden ingediend zonder dat er naar wordt gekeken is onbekend.

"We zien wel steeds meer kleinere assets, zoals WKK installaties en pompvermogen dat geaggregeerd wordt aangeboden", vervolgt hij. EVs bij laadpalen zien ze nog niet ingezet worden voor flexibiliteit, omdat "aan de kant van de laadpaal is daarvoor nog geen proces is ontwikkeld." Verder geeft de expert aan dat de meeste aggregatoren actief zijn op de markten



voor regelvermogen, met name de aFRR. *"Daar zit het laaghangende fruit en administratief is die markt minder ingewikkeld voor marktpartijen."*

Deze expert ziet in de toekomst de mogelijkheid voor het ontstaan van flash crashes, of extreme volatiliteit, door synchronisatie in de staat waarin de apparaten, zoals warmtepompen, elektrische auto's en batterijen, zitten. *"In het huidige systeem is nog genoeg draaiend vermogen [van traditionele centrales] om dit op te vangen. Eén aansluiting of één aggregator heeft geen invloed op het systeem, maar als je verregaande synchronisatie krijgt kan het wel problemen opleveren. Dan kun je flash crashes krijgen, doordat volledig geautomatiseerde algoritmen met grote handelsvolumes op dezelfde manier op prijsprikkels reageren."* De expert suggereert om via analyses te onderzoeken hoe homogeen de assets op het net zijn.

Cyber-security Expert

Een cyber-security expert bij een kennisinstituut noemt een aantal algemene risico's van AI¹⁸ die ook voor de energievoorziening relevant zijn:

- Adversarial AI¹⁹: *"Langzaam voeden van de AI met slechte data. Spamfilters worden tegenwoordig ook al geleidelijk berichten gevoed, zodat een kwaadaardig mailtje er doorheen kan komen."*
- *"Als je een AI een taak laat vervullen die ingewikkeld is voor mensen, bestaat het risico dat er straks maar heel weinig mensen zijn die de taak zelf nog kunnen en de AI kunnen controleren. Voorbeelden zijn o.a. het landen van een vliegtuig of in een lab grote hoeveelheden cellen handmatig scheiden voor tumordiagnostisering."*

Over het gevaar van hacks: De cyber-security expert verwacht een sterke groei van kleinere (edge) devices in de lagere netdelen. *"Hoewel deze devices op zichzelf misschien makkelijker te hacken zijn, is het risico daar beperkt, omdat de impact daar veel kleiner is dan op hogere netvlakken. Alleen als je er heel veel hackt wordt het een systeemdreiging. Echter, als de technologie op de lagere netvlakken homogeniseert, is het wel mogelijk om grote hoeveelheden tegelijk te hacken. Dan wordt het wel een veel groter risico."*

De snelheid waarmee zonne-energie zich ontwikkelt kan een kwetsbaarheid opleveren. *"Omvormers zijn tegenwoordig vaak aan internet gekoppeld. Dan communiceert die omvormer met een server, bijvoorbeeld in China, voor het beheer van de firmware. Maar in het licht van de huidige situatie, denk ik dat China weinig baat heeft bij plat leggen van het elektriciteitsnet in Nederland, maar het is wel een risico."*

¹⁸ [Energie en democratie: hoe democratische invloed op Regionale Energie Strategieën en andere complexe besluitvormingsprocessen kan worden versterkt](#)

¹⁹ "Adversarial machine learning is a machine learning method that aims to trick machine learning models by providing deceptive input. Hence, it includes both the generation and detection of adversarial examples, which are inputs specially created to deceive classifiers. Such attacks, called adversarial machine learning, have been extensively explored in some areas, such as image classification and spam detection" [<https://viso.ai/deep-learning/adversarial-machine-learning/>].



3.5 Toepassing van AI door digitale platformen

Hoe ziet het huidige gebruik van AI-toepassingen m.b.t. de aansturing van de elektriciteitsvoorziening binnen deze digitale platformen er uit? Welke toepassingen zijn cruciaal voor de sturing van deze platformen en hoe beïnvloeden deze toepassingen elkaar?

Op basis van de bekende platformen, de inzichten uit de interviews en de aanwezige kennis bij de auteurs komen we tot het volgende beeld:

- Sturende digitale platformen binnen de elektriciteitsvoorziening zijn op dit moment vooral te vinden in de flexibilisering van vraag en aanbod in het elektriciteitssysteem.
 - ✓ Bronnen van flexibiliteit bevinden zich steeds vaker in de distributienetten. Het gaat dan om industrieel vermogen (zoals koelvermogen, WKK installaties, groter batterijvermogen) en in groeiende mate om vermogen in de gebouwde omgeving.
 - ✓ Belangrijke drijvende kracht is de toenemende onzekerheid in het elektriciteitsaanbod door een groeiend aandeel van opwekking uit zon en wind.
 - ✓ Het volume elektriciteit dat wordt verhandeld in de intra-day markten (EPEX en ETPA) is groeiende over de laatste jaren. Deels is dit flexibel vraag en aanbod gekoppeld aan de distributienetten dat reageert op de toegenomen prijsvolatiliteit.
 - ✓ Verder wordt deze flexibiliteit op dit moment ingezet als regelvermogen (FCR, aFRR, mFRR).
 - ✓ Via het GOPACS platform wordt er op beperkte schaal, maar in toenemende mate, ook ingezet voor congestiemanagement in zowel het transmissie- als het distributieniveau.
 - ✓ Handel op de Intra-day markten, de markten voor regelvermogen en GOPACS, leiden tot aansturing van vraag- en aanbodeenheden.
 - ✓ Waar er grote aantallen kleinere assets worden geaggregeerd (bijvoorbeeld elektrische voertuigen of huishoudelijke warmtepompen en boilers) worden door aggregatoren AI modellen ontwikkeld, bijvoorbeeld voor het voorspellen van het geaggregeerde gedrag van de decentrale eenheden.
- Inzet van decentrale eenheden als regelvermogen of op de intra-day markten kan leiden tot congestie in de distributienetten.
 - ✓ Dit gebeurt doorgaans buiten het zicht van de regionale netbeheerders, omdat grote delen van het distributienetwerk niet is uitgerust met op afstand uitleesbare sensoren.
 - ✓ De regionale netbeheerders hebben een beperkt wettelijk kader waarbinnen ze congestie in hun netten kunnen oplossen door aangesloten eenheden te sturen.
 - ✓ In specifieke gevallen kunnen aanbieders van bijvoorbeeld regelvermogen aansturen op congestie via hun digitale platformen voor extra verdiensten.



4 VIJF SCENARIO'S VOOR DE KOMENDE 5 JAAR

Hoe gaan de digitale platformen zich in de komende 5 jaar ontwikkelen? Hoe verandert de inzet van AI daarbij?

De mogelijke ontwikkelingen worden beschreven aan de hand van vijf mogelijke toekomst scenario's. Ieder scenario start met een situatieschets, de daarbij geïdentificeerde risico's en de opinie van geïnterviewde experts over de waarschijnlijkheid en de impact van het betreffende scenario.

4.1 Structurele synchronisatie van decentrale assets

In 2027 is er een florerende markt ontstaan voor regelvermogen vanuit decentrale eenheden met relatief hoge vergoedingen en frequente inzet. Hierin ontstaan verschillende digitale platformen die vermogen ontsluiten vanuit de eenheden van consumenten, zoals elektrische auto's, zonnepanelen en thuisbatterijen. In deze competitieve markt zijn de marges laag, omdat de revenuen met een groot aantal eigenaren van decentrale eenheden gedeeld moet worden, waardoor de platformen kiezen om zoveel mogelijk al beschikbare ICT te gebruiken, zoals data en algoritmen die elders beschikbaar zijn gesteld. Deze eenzijdige data-voorziening en gebruik van dezelfde/vergelijkbare algoritmes kan leiden tot synchronisatie van verschillende assets, waarbij zij eenzelfde gedrag vertonen en een eenzijdige belasting van de netwerken optreedt.

Een andere veroorzaker van synchronisatie van decentrale eenheden is buffergedrag. Flexibiliteit van decentrale eenheden wordt vaak gerealiseerd door buffering van energie in enige vorm. Dit kan thermische opslag zijn (bijvoorbeeld in geval van warmtepompen of WKKs voor ruimteverwarming en/of koeling) of directe elektriciteitsopslag (bij batterijen in voertuigen of gebouwen). Bij deze vorm van flexibiliteit wordt de flexibiliteitsruimte kleiner naar mate de flexibiliteit langer wordt ingezet. Als voorbeeld: batterijen in slim ladende elektrische voertuigen die op prijsprikkels reageren zullen allemaal vol raken gedurende een langere periode van lage prijzen. Hierdoor wordt de vulgraad over een groot aantal voertuigen gesynchroniseerd en daarmee de beschikbare flexibiliteit van het geheel beperkt voor een flink aantal uren in de toekomst. Vergelijkbaar zullen warmtepompen voor ruimteverwarming na een periode waarin de verwarmingstaak is uitgesteld volgend op een (prijs)signaal uit het elektriciteitssysteem de prioriteit leggen bij de verwarming als de laagste comforttemperatuur is bereikt. De flexibiliteit is dan even opgebruikt. Een grote groep warmtepompen die allen over een langere tijd hebben gereageerd op hetzelfde (prijs)signaal zullen allen in een staat zijn aangekomen waarop ze moeten draaien om comfort te garanderen. Dit gedrag is geobserveerd in systeemstudies²⁰ en ook in veldproeven in Nederland, zoals in PowerMatching City.

²⁰ Chengyuan Han, et al., "Collective effects and synchronization of demand in real-time demand response", *Journal of Physics: Complexity*, IOP Publishing, Vol. 3, Nr. 2, April 2022. Doi: 10.1088/2632-072x/ac6477



Risico:

- Wanneer decentrale eenheden op grote schaal gesynchroniseerd gedrag gaan vertonen, kan dit leiden tot stabiliteitsproblemen in het net. Er kan congestie ontstaan of te weinig flexibiliteit beschikbaar zijn voor de balanshandhaving.

Dit scenario wordt door geïnterviewde experts herkend als iets dat binnen 5 à 10 jaar incidenteel kan optreden, al wordt de impact op de stabiliteit van het elektriciteitsstelsel als beperkt ingeschat.

Als mitigerende maatregel kan worden gedacht aan een stresstest voor algoritmes en de ontwikkeling van modellen die op systeem- of regionaalniveau de hoeveelheid beschikbare flexibiliteit van de decentrale bronnen inschatten. Of door grootschalig opslag- en buffercapaciteit beschikbaar te maken, zoals warmte-koude buffers en thuisaccu's.

4.2 Geaggregeerde handel en capaciteitsproblemen

Het is 2027 en er wordt grootschalig (veelal geaggregeerd) gehandeld met flexibiliteit uit het distributienet op markten voor reservevermogen. Handelspartijen en hun algoritmen hebben zelf geen inzicht in knelpunten in het distributienet: veronderstelling van een 'koperen plaat'²¹. Er zijn geen/weinig sensoren die congestie real-time rapporteren. De DSO zet AI modellen in om congestie te voorspellen. Daadwerkelijke congestie (plaats en tijd) kan pas achteraf worden vastgesteld aan de hand van de data uit de gebruiksmeters. De distributienetbeheerder heeft geen (wettelijke) instrumenten om congestie te voorkomen.

Risico(s):

- Mechanismen voor korte-termijn handel (intra-day markten) en balancering op (inter)nationaal niveau veroorzaken congestie in delen van de distributienetten zonder dat de distributie netbeheerder middelen heeft dit te voorkomen.

Door de geïnterviewde experts wordt dit scenario gezien als iets dat nu al optreedt. Huidige regelgeving voor curtailment, het beperken van de output van (decentrale) opwekkers, loopt achter bij wat technisch mogelijk is: Grid Shield²² toepassing voor het kunnen beperken van de stroomvraag van het laden van elektrische auto's, de ontwikkeling van een real-time interface met decentrale opwekinstallaties door Netbeheer Nederland²³ en een curtailment test voor zonneparken door Enexis en Liander²⁴.

²¹ Het huidige energiesysteem is gebaseerd op een elektriciteitsnet dat faciliterend is aan de gebruikers en de markt, waarbij gebruikers uit mogen gaan van drie marktvrijheden: vrijheid van aansluitcapaciteit, vrijheid van transactie en vrijheid van dispatch. Dit wordt het 'koperen plaat'-principe genoemd.

²² <https://www.elaad.nl/smoothems-met-gridshield/>

²³

<https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i27108/realtime-interface-op-komst-noodrem-leidt-tot-veel-extra-aansluitcapaciteit-wind-en-zonne-energie>

²⁴

<https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i21795/pilot-curtailment-enexis-en-liander-mogelijk-30-procent-meer-ruimte-door-dimmen-zonneparken>

https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Systeemintegratie/TSE_SI_holarchie_20201.1.pdf



In wet- en regelgeving kunnen mitigerende maatregelen worden opgenomen, zoals in o.a. Duitsland al het geval is. Met curtailment kan worden ingegrepen. Hiervoor ontbreekt nu de wettelijke basis. Desondanks wordt gewerkt aan technische oplossingen, zoals Gridshield van ELaadNL, anticiperend op een aanpassing van de wettelijke basis om deze dienst mogelijk te maken. Overwogen kan worden om alleen levering of afname mogelijk te maken wanneer hiervoor capaciteit is, waarbij het opdelen in verschillende biedregio's een optie is.

4.3 Eén dominant platform voor de aansturing van decentrale assets

Eén partij heeft in 2027 de strijd om laad- en batterijinfrastructuur gewonnen. Deze partij beheert het grootste deel van de Nederlandse laadpalen en beheert veel batterijsystemen. Deze assets worden aangestuurd door een internationaal gesloten platform voor aggregatie van flexibele assets. Andere partijen als DSOs, TSOs en marktpartijen kunnen door hun grote flexibiliteitsbehoefte niet om het platform heen.

Risico(s):

- Monopolist kan de prijs van flexibiliteit opdrijven met hogere maatschappelijke kosten voor DSO en TSO tot gevolg.
- Lock-in van uitbater lokale (laad)infra leidt tot inzicht assymetrie (een voorsprong in handelsinformatie) en daardoor hogere maatschappelijke kosten/gebrek aan innovatie.
- Inperking van de monopolist kan flexibiliteitsvoorziening doen afnemen waardoor instabiliteit ontstaat.
- De internationale monopolist heeft geen incentive om lokaal veroorzaakte capaciteitsbeperkingen mee te wegen in schakelingen.

De risico's rondom de opkomst van een dominant platform moeten worden ingecalculeerd. In andere domeinen zijn o.a. Google en Facebook dominant geworden. Een monopolist kan mogelijk wettelijk worden gedwongen op te splitsen in Europa, maar in o.a. de VS, waar de meeste grote techbedrijven zitten is dit moeilijk of onmogelijk. Locatie van de platformen is essentieel. Ook kan een machtspositie ontstaan rondom aansturing van fysieke infrastructuur, zoals bij omvormers van zonnepanelen, waarvan nu een groot deel uit China komt en het firmware onderhoud vaak vanuit China wordt gedaan. De vraag speelt op wat te doen wanneer de monopolist zich buiten het bereik van Europese toezichthouders bevindt.

Qua maatregelen wordt gedacht aan:

- Toezicht op de vorming van monopolieposities.
- Met contracten is het mogelijk om divergentie na te streven om dit te voorkomen
- Stimuleer/verplicht het openstellen van data, zoals transactiedata.
- Maak goede afspraken maar beperk vooral afhankelijkheid.
- Werk aan Europees beleid t.a.v. digitale platformen en AI.

4.4 Veel speculatie op handelsplatformen

Toenemende volatiliteit heeft in 2027 veel handelaren naar de elektriciteitsmarkten gelokt. Handelaren die een onevenredige hoeveelheid decentrale capaciteit in een congestieregio



sturen kunnen extra verdienen door het 'oplossen' van zelf veroorzaakte congestie. Dit kan moedwillig, maar de gebruikte AI algoritmen kunnen deze speculatie ook oppikken als lucratieve strategie. Signalering hiervan (door de handelaar of de toezichthouder) is moeilijk doordat het grootste deel van de transacties worden uitgevoerd door *non-explainable AI* waarvan het niet duidelijk is hoe het AI model tot zijn uitkomsten komt. Veel van deze partijen zijn in het buitenland gevestigd.

Risico's:

- Transacties worden netwerk-agnostisch gemaakt. Kan leiden tot congestie en instabiliteit in het netwerk.
- Bijsturen is moeilijk met programma-verantwoordelijken gevestigd in het buitenland.
- Door speculatie nemen maatschappelijke kosten toe voor commercieel gewin.
- Op basis van algoritmes handelen op intraday markten leidt tot aan/uitzetten van centrales en kan onbalans veroorzaken. Flitsalgoritmes verstoren indirect fysieke infrastructuur.

Speculatie op handelsplatformen wordt zeer waarschijnlijk geacht en cruciaal om hier toezicht op te houden. De vraag speelt op of niet meer regulering moet worden overwogen t.a.v. de huidige marktwerking waarin speculatie vanuit geopolitiek en winstgevend profijtelijk is. Het ontwerp van de handelsmarkt lokt gaming -speculatie zonder de gevolgen mee te wegen- uit; de gevolgen hiervan kunnen worden ondervangen door congestie en netwerk te beprijzen zoals o.a. in Californië waar de kosten van transport worden meebelast. De opkomst van tussenhandelaars die op korte termijnmarkten zoals de intraday markt speculeren wordt als zorgelijk gezien.

Mitigerende maatregelen

- Maak gevolgen voor het netwerk inzichtelijk en werk aan het inprijzen van netwerkkosten.
- Regulering ontwerpen zodat dit niet profijtelijk is.
- Algoritmes beheersbaar maken door de juiste incentives te bieden in marktontwerp.

4.5 Autonom distributienet

In 2032 is de controlekamer van de distributienetbeheerders volledig geautomatiseerd en aangestuurd met algoritmes. Medewerkers monitoren alleen nog maar. Real time inperken van energievraag of -levering (curtailment) wordt toegepast vanuit digitaal schakelende relais die autonoom keuzes maken op basis van door AI samengestelde informatie. Nog niet overal in het distributienet is bemetering voldoende uitgerold.

Risico's:

- De kennis om het netwerk handmatig te bedienen gaat verloren.
- Grote afhankelijkheid van data uit nieuwe ICT.
- Cyber aanvallen kunnen besturing ontwrichten, terwijl detectie wordt vertraagd door de autonomie.
- Risico op datamanipulatie.
- AI schakelt ook bij gebrek aan lokale meetdata.
- In situaties die zeer zelden voorkomen, zogenaamde "*black swan*" situaties, is een data-gedreven AI-oplossing niet betrouwbaar.
- Eigenaarschap en aanspreekbaarheid van het autonome elektriciteitsnet vervaagt.



De belofte van een autonoom distributienet wordt als aannemelijk gezien. Hiertoe is vanuit Topsector Energie opdracht verleend om een dergelijk 'holarchisch' energiesysteem²⁵ te ontwikkelen, dat rondom 2030 operationeel kan zijn. Betrokkenheid van medewerkers blijft belangrijk in een monitorende rol, vergelijkbaar met piloten die op automatische piloot vliegen, maar ook zelf moeten kunnen blijven vliegen. De zorg bestaat dat het onduidelijk wordt van wie het autonome distributienet straks is. Is er nog wel een markt als dit er is? Welke actoren ontstaan daarbij?

Mogelijke mitigerende maatregelen:

- Control rooms DSO en TSO geleidelijk met explainable AI als informatiebron uitrusten. Explainable AI levert modellen waarvan te traceren is hoe uitkomsten tot stand zijn gekomen.
- Controle op informatieketen bij onlogische schakelingen door AI.
- Ontwerpen voor cyberweerbaarheid. Monitoring. Lokale AI uitvoeren waar het lokaal kan.
- Simulaties voor inzicht in extreme situaties.
- Creëer duidelijkheid over wie aanspreekbaar en verantwoordelijk is voor keuzes en gevolgschade van het algoritme.

²⁵ Topsector Energie - Groot onderzoekstraject HOLON van start. 20-01-2022
<https://www.topsectorenergie.nl/nieuws/groot-onderzoekstraject-holon-van-start>



5 RISICOANALYSE DIGITALE PLATFORMEN IN DE ELEKTRICITEITSVOORZIENING

Welke belangrijke risico's zijn er ten aanzien van de continuïteit en beschikbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als gevolg van het huidige en toekomstige gebruik van AI over 5 jaar?

Door het tegelijkertijd uitfaseren van de traditionele flexibiliteitsvoorziening zoals stuurbare gascentrales, en het snel opbouwen van hernieuwbare energiebronnen ontstaat een grotere afhankelijkheid van flexibiliteit en haar aansturing door o.a. digitale platformen en AI.

5.1 Aanpak

In een expert workshop zijn de bevindingen uit de interviews en de vijf scenario's gepresenteerd en bediscussieerd. Hierbij is gereflecteerd op de risico's van de scenario's. Waar bij de interviews is gekozen voor professionals uit het veld, bestond de workshopgroep uit wetenschappers en innovatie professionals. Deelnemers aan de workshop waren:

- Wetenschapper Digitalisering in de Energietransitie bij het Rathenau Instituut
- Wetenschapper Digitalisering van de Elektriciteitsvoorziening, Universiteit Twente
- Wetenschapper Governance van AI, Technische Universiteit Eindhoven
- Programma Directeur bij de Topsector Energie

5.2 Digitalisering en platformen zetten nu al de energievoorziening onder druk

De discussie over digitale platformen en AI is geen vergezicht: momenteel wordt AI al breed toegepast in het elektriciteitssysteem. Echter leveren deze AI-systemen nu nog vooral informatie op basis waarvan een operator besluiten neemt. Wanneer de beoogde stapsgewijze transitie naar autonome of holistische energiesystemen plaatsvindt, zal de tussenkomst van de operator uitfaseren en het belang van een betrouwbaar en controleerbaar besluitvormingssysteem toenemen. Die controleerbaarheid ontbreekt momenteel volledig.

De energiedomeinen waarin AI wordt toegepast, voornamelijk flexibiliteitsvoorziening en energiehandel, zijn nu al, of worden binnen afzienbare tijd substantieel. Hierbij is de groei in de te schakelen capaciteit, zoals met de batterijen van elektrische voertuigen (EVs), van groot belang. Voorspellingen van het internationaal energieagentschap IEA suggereren dat tegen 2030 het terugleverpotentieel van EVs bij piekcapaciteit in Europa meer dan 160 GW zal zijn²⁶. Dit wordt mogelijk gemaakt door de substantiële en snelgroeiende vloot aan elektrische

²⁶

<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/vehicle-to-grid-potential-and-variable-renewable-capacity-relative-to-total-capacity-generation-requirements-in-the-sustainable-development-scenario-2030>.



auto's: in 2021 zijn er meer dan 4 miljoen EV's op de weg in heel Europa²⁷. Tegen 2030 zullen alleen al in Duitsland zo'n 7 miljoen elektrische auto's op de weg zijn - wat neerkomt op ongeveer 70 GW aan flexibiliteit. De huidige Europese warmtepompvoorraad van 14,9 miljoen eenheden (2020) vertegenwoordigt 521 GWh aan opslagcapaciteit²⁸; in Nederland is dit 14,2 GW. Al deze snelgroeiende beschikbare capaciteit die zich buiten het traditionele elektriciteitssysteem bevindt, benadrukt het belang van deze verkenning.

5.3 Van risico's naar mitigerende maatregelen

Vanuit de eerder voorgelegde scenario's zijn risico's geïdentificeerd welke in onderstaande tabel nader worden geduid in termen van impact, waarschijnlijkheid van optreden en mogelijke mitigerende maatregelen. Deze risico's zijn voorgelegd aan experts van o.a. regionale en landelijke netbeheerders tijdens een workshop, en daarbij aangepast en verrijkt. Risico's die niet werden herkend op van belang geacht zijn uit het overzicht verwijderd. De overblijvende risico's bieden een eerste verkenning van dit domein en kunnen verder worden onderzocht.

De huidige beschikbare kennis en inzicht rondom deze risico's schiet tekort, derhalve is in onderstaand overzicht getracht een inschatting te maken hoe groot de kans is dat het risico optreedt (kolom 2) en de impact wanneer dit optreedt (kolom 3). Hierin staat "L" voor een laag risico, "M" voor een middelmatig risico en "H" voor een hoog risico. De basis voor deze inschatting komt direct voort uit de workshop met experts. De tijdhorizon die hierbij is beschouwd is de periode tot 2030, waarin de tussentijdse klimaatdoelen dienen te worden gerealiseerd en daarbij veel veranderingen in het elektriciteitssysteem zijn te verwachten. De ingeschatte waarschijnlijkheid dat een risico optreedt is dan ook niet meer dan een inschatting van deze experts dat het risico zich, mogelijk als onderdeel van de eerder besproken scenario's, zal voltrekken. Hierbij is de te verwachten impact wanneer dit risico optreedt (kolom 3) eveneens een inschatting van deze expertgroep. Veel van deze risico's zijn kwalitatief, zonder directe gevolgen voor de fysieke elektriciteitsvoorziening, waarbij een grondiger risicoanalyse kan bestaan uit een studie naar de verschillende aspecten de gevolgen hiervan voor de beschikbaarheid, betrouwbaarheid en betaalbaarheid van de elektriciteitsvoorziening.

²⁷ <https://www.eafo.eu/vehicles-and-fleet/m1>

²⁸ http://www.stats.ehpa.org/hp_sales/country_cards/



Overzicht risico's	Kans van optreden	Impact	Mitigerende maatregelen
Algemene risico's			
1. Tegenstrijdige incentives deelmarkten (opwek/teruglevering, flexibiliteit, congestie) leiden tot instabiliteit elektriciteitsnetwerk.	M	H	Aanpassingen marktmodel of regelgeving voor platformen, mogelijk door Europa.
2. Uitval AI-systeem waardoor flexibiliteitsvoorziening niet meer beschikbaar is.	L	L	Diversiteit in gebruikte platformen voor het AI-systeem zelf.
3. Bestaande publieke waarden energiesysteem in het geding: duurzaamheid, betrouwbaarheid, betaalbaarheid, privacy en cybersecurity.	M	H	Bewustwording, discussie, gevolgtrekking in regulering en incentives. Stakeholders uit energiesector.
4. Spanningen in opkomende publieke waarden: energie democratie, energie communities, beheersbare technologie, individuele autonomie, rechtvaardigheid en gelijkheid.	M	H	Bewustwording, discussie, gevolgtrekking in regulering en incentives. Stakeholders vanuit (semi)overheid.
Scenario 1. Het scenario waarin structureel synchronisatie van decentrale assets optreedt			
5. Synchronisatie van assets. Wanneer assets (bijvoorbeeld EV's) allemaal tegelijk hetzelfde gedrag gaan vertonen kan dit leiden tot stabiliteitsproblemen in het net. Er kan congestie ontstaan of te weinig flexibiliteit beschikbaar zijn voor de balanshandhaving.	L	H	Stress test voor algoritmes.
Scenario 2. Geaggregeerde handel en capaciteitsproblemen.			
6. Mechanismen voor korte-termijn handel (intra-day markten) en balancering op (inter)nationaal niveau veroorzaken congestie in	H	H	In wet- en regelgeving kunnen mitigerende maatregelen worden opgenomen, zoals in o.a. Duitsland al het geval is. Met curtailment kan



delen van de distributienetten zonder dat de distributie netbeheerder middelen heeft dit te voorkomen.			worden ingegrepen. Hiervoor ontbreekt nu de wettelijke basis.
Scenario 3. Eén dominant platform voor de aansturing van decentrale assets			
7. Monopolist kan de prijs van flexibiliteit opdrijven met hogere maatschappelijke kosten voor DSO en TSO als gevolg.	M	L	Toezicht op de vorming van monopolieposities.
8. Lock-in van uitbater lokale (laad)infra leidt tot inzicht asymmetrie en daardoor hogere maatschappelijke kosten/gebrek aan innovatie.	M	H	Stimuleer/verplicht het openstellen van data, zoals transactiedata.
9. Inperking van de monopolist kan flexibiliteitsvoorziening doen afnemen waardoor instabiliteit ontstaat.	M	L	Maak goede afspraken maar beperk vooral afhankelijkheid.
10. De internationale monopolist heeft geen incentive om lokaal veroorzaakte capaciteitsbeperkingen mee te wegen in schakelingen.	M	M	Werk aan Europees beleid t.a.v. digitale platformen en AI.
Scenario 4. Veel speculatie op handelsplatformen			
11. Trades worden netwerkgnostisch gemaakt. Kan leiden tot congestie en black-outs.	M	M	Maak gevolgen voor het netwerk inzichtelijk en werk aan inrijzen van netwerkkosten.
12. Door 'gaming' nemen maatschappelijke kosten toe voor commercieel gewin.	M	H	Regulering ontwerpen zodat dit niet profijtelijk is.



13. Op basis van algoritmes handelen op intraday markten leidt tot aan/uitzetten van centrales en kan onbalans veroorzaken. Flitsalgoritmes verstoren indirect fysieke infrastructuur.	M	H	Algoritmes beheersbaar maken door de juiste incentives te bieden in marktontwerp.
Scenario 5. Autonoom distributienet			
14. De kennis om het netwerk handmatig te bedienen gaat verloren.	M	H	Control rooms DSO en TSO geleidelijk met explainable AI als informatiebron uitrusten. Explainable AI levert modellen waarvan te traceren is hoe uitkomsten tot stand zijn gekomen.
15. Grote afhankelijkheid van data uit nieuwe ICT. Risico op datamanipulatie.	M	L	Controle op informatieketen bij onlogische schakelingen door AI.
16. Cyber aanvallen kunnen besturing ontwrichten, terwijl detectie wordt vertraagd door de autonomie.	H	L	Ontwerpen voor cyberweerbaarheid. Monitoring. Lokale AI uitvoeren waar het lokaal kan.
17. AI schakelt ook bij gebrek aan lokale meetdata.	L	H	Simulaties voor inzicht in extreme situaties.
18. In "black swan" situaties is een data-gedreven AI- oplossing niet betrouwbaar.	H	L	Simulaties voor inzicht in extreme situaties.
19. Eigenaarschap en aanspreekbaarheid van het autonome elektriciteitsnet vervaagt	M	H	Wie is aanspreekbaar en verantwoordelijk voor keuzes en gevolgschade van het algoritme?

Tabel 3: longlist van risico's welke kunnen optreden bij operationele digitale platformen en artificiële intelligentie in de elektriciteitsvoorziening.

5.4 Reflectie op risico's vanuit de vijf scenario's

Deze eerste analyse leert dat momenteel de voornaamste risico's van digitale platformen en artificiële intelligentie voor de beschikbaarheid, betaalbaarheid in betrouwbaarheid van het elektriciteitsnetwerk liggen in speculatie op intraday handelsplatformen zonder daarin oog te hebben voor het transport en distributienetwerk (risico #11). Het handelsplatform heeft geen inzicht of transacties door een menselijke handelaar of een systeem worden gedaan. De verdiensten van vroeg aankopen en verkopen van posities worden naar verwachting groter naarmate meer duurzame moeilijk voorspelbare elektriciteit beschikbaar komt; dat leidt tot



meer speculatie. Door een handelspositie in te nemen wordt daadwerkelijk bijvoorbeeld een gascentrale aangezet. Wanneer deze positie niet geplaatst kan worden aan het eind van de handelsperiode en de handelende partij het volume niet daadwerkelijk fysieke afneemt, ontstaat een systeemprobleem. Volumes van bijvoorbeeld Europese windparken 12 GW en 400 GW (de huidige en de beoogde Europese offshore windcapaciteit in 2050) zijn niet direct uit te zetten. De FCR in Europa is 3 GW dus bij een lager vermogen ligt hier al een uitdaging. Wanneer dit plaatsvindt schakelen beveiligingssysteem in het hoogspanningsnet eruit. Dat levert geen permanente schade op aan het netwerk, maar leidt wel tot een *blackstart* situatie waarin het uitgeschakelde deel van het netwerk gefaseerd weer in bedrijf genomen wordt. In het slechtste geval kan dit enkele dagen in beslag nemen.

Wat opvalt is dat experts unaniem zijn over de huidige situatie waarin risico's van tegenstrijdige incentives die congestie veroorzaken (risico #1), publieke waarden van de energievoorziening die in het geding komen (risico #3) en beheersbaarheid van opkomende publieke waarden zoals beheersbare technologie (risico #4) nu al als de huidige status quo wordt gezien. Om mitigerende maatregelen toe te passen is het duiden van de oorzaak van deze ontstane spanning op publieke waarden belangrijk. Schiet bijvoorbeeld privacy wetgeving te kort, zijn een aantal partijen te dominant geworden, is er te weinig variatie of te weinig capaciteit in het regelvermogen, is er geen sprake van prijselasticiteit in de markt?

Het ontstaan van monopolie en oligopolie posities van digitale platformen lijkt waarschijnlijk. Hierbij is het van belang welk soort organisatie deze positie vervuld: wanneer de monopolist een publieke partij is met oog op de maatschappelijke kosten, zoals TenneT, dan is sprake van een andere situatie dan wanneer dit door een commerciële partij wordt vervuld. De gevolgen van het ontstaan van een monopolie of oligopolie positie door een commerciële partij variëren van lock-ins bij o.a. uitbesteding van laadinfrastructuur door informatievoorsprong (risico #8) tot het ontstaan van congestie door gelijktijdig schakelen van op- of ontlad capaciteit (risico #5). Waar dergelijke lock-ins ontstaan kunnen maatschappelijke kosten oplopen en wordt lokaal/nationaal ondernemerschap ontmoedigd. Om de informatievoorsprong die ten grondslag ligt aan dit soort monopolies te voorkomen kan worden gedacht aan maatregelen om data en eventueel data-analyse vanuit het netwerk zoals laadtransacties en onderhoudsgerelateerde data verplicht publiek te maken. Het gelijktijdig schakelen is een waarschijnlijk scenario, dat in de basis al voorkomt door woon-werkverkeer tijden en prijs-incentives. Vanuit de laadsector voor EV wordt hiertoe een "*grid shield*" vormgegeven dat de stroomlevering beperkt wanneer het netwerk tegen de grenzen loopt.

Het ingeslagen pad richting een autonoom distributienet stuit vooral op risico's met betrekking tot governance. De kennis om het netwerk handmatig te bedienen gaat verloren (risico #14) doordat informatie in hapklare brokken wordt aangeleverd, geïnterpreteerd door het AI-systeem en geschakeld. Momenteel beheren voor regionale en landelijke netbeheerders nog een aantal medewerkers de control rooms waarin de staat van het net wordt gemonitord en wordt ingespeeld op incidenten. Dit werk neemt in complexiteit toe en problemen treden meer frequent op, waardoor verdere automatisering de meest waarschijnlijke route naar te toekomst is. Wanneer deze netwerkkennis zou verdwijnen en deze verantwoordelijkheid komt te liggen bij een digitaal platform, dat in eigen handen is of wordt uitgebaat door een commerciële partij, nemen risico's toe voor de beschikbaarheid en betaalbaarheid van het elektriciteitsnetwerk. Daarbij is het van belang om een duidelijk marktmodel aan te houden, waarbij ook wanneer een algoritme zelfstandig schakelt, de actor binnen het marktmodel verantwoordelijk wordt gehouden voor de gevolgen (risico #19).



6 ROL VAN DE TOEZICHTHOUDER

Instrumentarium Agentschap Telecom in het licht van digitale platformen, AI en de elektriciteitsvoorziening.

Hoe kan Agentschap Telecom als toezichthouder en uitvoeringsorganisatie deze risico's beperken?

Toezicht is vooral van belang voor digitale platformen die real time of dichtbij real time schakelen in de elektriciteitsvoorziening. Afstemming met andere toezichthouders in de energiesector is essentieel. Organiseer breed lerend vermogen rondom effecten van digitalisering in de sector. Overweeg nieuwe competenties op te bouwen zoals simulaties.

6.1 Bevoegdheden Agentschap Telecom

De energiesector verheugt zich in de aanwezigheid van een aantal toezichthouders: Autoriteit Consument & Markt (ACM), Autoriteit Persoonsgegevens (AP), Staatstoezicht op de Mijnen (SodM) en Agentschap Telecom (AT). Vanuit de Wet Beveiliging Netwerk- en Informatiesystemen (WBNI)²⁹ houdt AT toezicht op de beveiliging van netwerk- en informatiesystemen ten behoeve van de continuïteit van de essentiële dienst. De ACM³⁰ ziet erop toe dat de investeringen van netbeheerders zo efficiënt mogelijk worden uitgevoerd. AP is overall actief en ziet uitsluitend op de bescherming van persoonsgegevens, niet op het goed functioneren van het energiesysteem. SodM maakt zich sterk voor de veiligheid van de mens en de bescherming van het milieu bij energiewinning en het benutten van de ondergrond. AT zal naar verwachting in toenemende mate actief worden in de energiesector³¹. Van belang is om vooral voor snel ontwikkelende digitale domeinen duidelijke afspraken te blijven maken tussen toezichthouders over verantwoordelijkheden en mogelijke maatregelen.

6.2 Toezicht op Digitale Platformen

Met betrekking tot van de rol van digitale platformen en AI in de elektriciteitsvoorziening zijn de volgende activiteiten voor te leggen ter overweging aan Agentschap Telecom.

1. Toezicht op AI binnen het elektriciteitsnetwerk op basis van de Europese AI Act³².
2. Toezicht is van belang voor digitale platformen die real time of dichtbij real time schakelen in de elektriciteitsvoorziening. Ook wanneer de operator schakelt op basis van de uitkomst van een algoritme. Dit vindt plaats in de aansturing van fysieke assets maar óók op handelsplatformen.
3. Toezicht is te overwegen voor meetbedrijven die data ter beschikking stellen waarop door digitale platformen en AI wordt geschakeld.

²⁹ [Wet Beveiliging Netwerk- en Informatiesystemen \(Wbni\) voor Digitale dienstverleners](#)

³⁰ [Wat doet de ACM op de energiemarkt?](#)

³¹

<https://www.agentschaptelecom.nl/documenten/rapporten/2021/07/12/verkenning-rollen-agentschap-telecom-energietransitie>

³² [Briefing aan het Europees parlement inzake de Europese AI Act](#)



4. Toezicht op IoT apparatuur binnen elektriciteitsnetwerken;
5. Gezien de systeembehoefte aan digitaal aangestuurde flexibiliteitsopties is het te overwegen een experimenteerruimte aan te bieden voor vernieuwing binnen de digitale platformen en om markttoetreding voor dit soort oplossingen op korte termijn mogelijk te maken, onder voorwaarde dat risico's met behulp van scenario's en cascade-effecten grondig in beeld zijn gebracht.
6. Scenario's en cascade-effecten kunnen o.a. met simulaties worden doorgerekend. Competenties hiervoor zijn beschikbaar bij o.a. Universiteit Twente³³ en TU Delft's digitale tweeling van het elektriciteitsnetwerk³⁴. Agentschap Telecom kan zelf deze competenties opbouwen, uitbesteden of op simulatie gebaseerde risico-analyses van de digitale platformen zelf verlangen.

6.3 Borgen van niet technologische aspecten

Het Rathenau Instituut heeft onlangs een rapport³⁵ gepubliceerd waarin zij de opkomst van digitale platformen in de elektriciteitsvoorziening beschouwt en toezichthouders oproept hier aandacht aan te besteden. Het Rathenau Instituut geeft hierin aan dat in aanvulling op de door de Europese Commissie gestelde AI governance maatregelen óók maatregelen nodig zijn die paal en perk stellen aan automatisering waarbij de mens autonomie verliest, (cyber)veiligheid wordt geborgd en zowel richtlijnen voor de markt als aanvullende capaciteit voor toezichthouders om prijsmanipulatie en het ontstaan van oligarchieën en monopolies tegen te gaan. Vanuit gesprekken met betrokkenen uit de sector ontstaat het beeld dat dit geen vanzelfsprekendheid is en dat de opkomst van digitale platformen en AI nu al speelt. Het verdient aanbeveling om deze aanvullende governance maatregelen te borgen in het toezicht. Hierbij is het van belang om lerend vermogen te organiseren binnen de sector, zodat tijdig kan worden ingespeeld op te verwachten snel opeenvolgende ontwikkelingen. Dit lerend vermogen kan o.a. worden vormgegeven door beleidsmakers, strategen en ondernemers regelmatig bijeen te brengen rondom heikеле vraagstukken en verkenningen, zoals dat binnen de energiesector nu is georganiseerd in de Club van Wageningen³⁶.

³³ Hoogsteen, G. (2017). A Cyber-Physical Systems Perspective on Decentralized Energy Management. (1 ed.). University of Twente. <https://doi.org/10.3990/1.9789036544320>

³⁴ Delft Integraal, "Levensecht evenbeeld van stroomnet", 12-2021. <https://www.tudelft.nl/delft-integraal/articles/dec-2021-nieuwe-energie/levensecht-evenbeeld-van-stroomnet>

³⁵ Niet I, van Est R and Veraart F (2021) Governing AI in Electricity Systems: Reflections on the EU Artificial Intelligence Bill.

³⁶ <https://clubvanwageningen.nl>



7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De zorg over opkomende digitale platformen en sturing door algoritmen wordt gedeeld door experts in de Nederlandse elektriciteitssector. Hier is specifieke aandacht nodig om de publieke waarden van de elektriciteitsvoorziening te borgen; te weten beschikbaarheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid.

De inventarisatie in dit rapport vanuit literatuuronderzoek en interviews met experts geeft een nadere duiding van mogelijke knelpunten. Vanuit mogelijke scenario's is aangegeven hoe digitale platformen en het gebruik van AI zich kunnen ontwikkelen en welke risico's dit met zich meebrengt. Dit rapport beschrijft de voornaamste risico's vanuit de beschikbaarheid, betaalbaarheid en betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet. En dus nog niet andere knelpunten die zich in het digitale domein manifesteren zoals het borgen van inclusiviteit en persoonsgegevens, noch cyberweerbaarheid en cyberveiligheid.

7.1 Conclusies

Welke rol spelen op dit moment digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening en hoe zijn dergelijke platformen opgebouwd?

De rol van digitale platformen in de aansturing van de elektriciteitsvoorziening zal de komende vijf à tien jaar sterk toenemen. Op dit moment zijn een aantal digitale platformen actief, zoals Tesla Autobidder. De groei van deze digitale platformen gaat gelijk op met de groei van schakelbare energievoorzieningen, zoals elektrische auto's en zonnepanelen, en de daarmee toenemende waarde van het voorspellen van toekomstige vraag, aanbod en o.a. congestie.

Digitale platformen zijn nu vooral actief in de markt voor regelvermogen, waarbij het regelen van het opladen van elektrische auto's het meest voorkomt. Het is waarschijnlijk dat in het komende decennium hierin een dominant platform zal ontstaan. Een dergelijk scenario is uitgewerkt in scenario 3.

Veel van de momenteel actieve digitale platformen zijn door (semi-)publieke organisaties ontwikkeld en in de markt geïntroduceerd. Voorbeelden hiervan zijn handelsplatform ETPA³⁷ en balanceringsplatform Equigy³⁸ welke vanuit TSO TenneT zijn geïntroduceerd. Congestieplatform Gopacs op haar beurt is geïntroduceerd door eerdergenoemd handelsplatform ETPA. Digitaal platform Jedlix voor het timen van het opladen van elektrische auto's is geïntroduceerd door energieleverancier Eneco. Het beeld dat digitale platformen uit Silicon Valley een snelle opmars maken in de elektriciteitssector in Europa en Nederland behoeft dus nuancering.

³⁷ <https://etpa.nl>

³⁸ <https://equigy.com/the-platform/>



Hoe ziet het huidige gebruik van AI-toepassingen m.b.t. de aansturing van de elektriciteitsvoorziening binnen deze digitale platformen er uit? Welke toepassingen zijn cruciaal voor de sturing van deze platformen en hoe beïnvloeden deze toepassingen elkaar?

Sturende digitale platformen binnen de elektriciteitsvoorziening zijn vooral te vinden in de flexibilisering van het elektriciteitsnet, vooral bij regelvermogen (aFRR) en congestiemanagement. Bij gebrek aan regelgeving kan inzet van decentrale eenheden voor aFRR juist leiden tot congestie in de distributienetten. Dit gebeurt doorgaans buiten het zicht van de regionale netbeheerders, omdat grote delen van het distributienetwerk niet is bemeterd. Maar, belangrijker, de regionale netbeheerders hebben een beperkt wettelijk kader waarbinnen ze congestie in hun netten kunnen oplossen door aangesloten eenheden te sturen. In specifieke gevallen, kunnen aanbieders van aFRR zelfs aansturen op congestie via hun digitale platformen voor extra verdiensten.

Hoe gaan de digitale platformen zich in de komende 5 jaar ontwikkelen? Hoe verandert de eerder beschreven inzet van AI daarbij? Zowel in het type AI-toepassing als in de locatie en wisselwerking tussen de verschillende toepassingen. Beschreven aan de hand van scenario's.

De ontwikkeling van digitale platformen is uiteengezet in vijf verschillende scenario's in hoofdstuk 4. Deze scenario's variëren van ongewenste netwerkeffecten door eenzijdige algoritmes tot het ontstaan van monopolie-posities, van geautomatiseerde speculatie op handelsplatformen tot een autonoom distributienet. AI wordt nu al in deze domeinen toegepast, en zal breder worden verspreid. De werkgroep Energie van de Nederlandse AI coalitie bevestigt dit beeld in haar gewenste ontwikkelagenda van algoritmes in het elektriciteitssysteem³⁹.

Welke belangrijke risico's zijn er ten aanzien van de continuïteit en beschikbaarheid van de elektriciteitsvoorziening als gevolg van het huidige en toekomstige gebruik van AI over 5 jaar?

De voornaamste geïdentificeerde risico's zijn (1) speculatie op intraday handelsplatformen zonder daarin oog te hebben voor het transport en distributienetwerk. (2) Het ontstaan van monopolie- en oligopolieposities van digitale platformen leidt mogelijk tot lock-ins bij o.a. uitbesteding van laadinfrastructuur door informatievoorsprong tot het ontstaan van congestie door gelijktijdig schakelen van op- of ontladcapaciteit. (3) Geïnterviewde experts zijn unaniem over risico's van tegenstrijdige incentives die congestie veroorzaken, publieke waarden van de energievoorziening die in het geding komen en haalbaarheid van opkomende publieke waarden zoals beheersbare technologie.

³⁹ Rapport Nederlandse AI coalitie: AI als versneller van de energietransitie. https://nlaic.com/wp-content/uploads/2021/09/Position_paper_AI_als_versneller_van_de_energietransitie.pdf



7.2 Aanbevelingen

Hoe (doelen én instrumentarium) kan Agentschap Telecom als toezichthouder en uitvoeringsorganisatie deze risico's beperken?

Toezicht is vooral van belang voor digitale platformen die real time of dichtbij real time schakelen in de elektriciteitsvoorziening. Afstemming met andere toezichthouders in de energiesector is essentieel. In de energiesector zijn Autoriteit Consument en Markt (ACM), Agentschap Telecom en de Autoriteit Persoonsgegevens actief. Door afstemming wordt overlapping en hiaten in toezicht voorkomen. Organiseer breed lerend vermogen rondom effecten van digitalisering in de energiesector. Overweeg nieuwe competenties op te bouwen zoals het draaien van simulaties om de betrouwbaarheid van algoritmes te toetsen.

1. Bouw competenties op in het simuleren van scenario's. Met behulp van digitale tweelingen en rekenmodellen kan in diverse extreme scenario's worden verkend welke impact optreedt in fijnmazige delen van het elektriciteitssysteem zoals het laagspanningsnetwerk. Agentschap Telecom kan dit soort simulaties in eigen beheer doen, maar dit is een complexe en gespecialiseerde activiteit. Mogelijk is uitbesteden aan partijen als Universiteit Twente of actieve marktpartijen extreme scenario's zelf laten doorrekenen en regelmatig (jaarlijks) rapporteren een optie om te overwegen.
2. Onwenselijke effecten door digitale platformen worden veelal pas duidelijk wanneer het te laat is. Organiseer lerend vermogen onder beleidsmakers, strategen en bedrijven zodat onwenselijke effecten tijdig worden gesignaleerd, beleid kan worden opgesteld en uitgevoerd, en bedrijvigheid doorgang kan vinden. Een dergelijke lerende community is reeds actief in het energiedomein onder de naam "Club van Wageningen"⁴⁰. Ook initiatieven rondom Digitale Soevereiniteit zijn hierbij relevant.
3. Gezien de systeembehoefte aan digitaal aangestuurde flexibiliteitsopties verdient het aanbeveling een experimenteerruimte aan te bieden voor vernieuwing binnen de digitale platformen en om markttoetreding voor dit soort oplossingen op korte termijn mogelijk te maken onder voorwaarde dat risico's met behulp van scenario's en cascade-effecten grondig in beeld zijn gebracht.
4. Het is in deze verkenning ongewis gebleven of o.a. simulaties rekening houden met gevolgschade. De gevolgen van een spanningsdip of uitval kan groot zijn, getuige de recente gebeurtenissen in het ziekenhuis St. Jansdal Harderwijk⁴¹, de ontruiming van het VU medisch centrum⁴² en de stroomstoring die het vliegverkeer op Schiphol in 2018 stillegde door een verkeerd ingestelde noodaggregaat, problemen in datanetwerken en software⁴³. Dit verdient nadere verkenning en investering om de weerbaarheid tegen dit soort onderbrekingen te verbeteren.
5. Voorkom onduidelijkheden over domeinen waarin een specifieke toezichthouder actief is. Agentschap Telecom is de derde toezichthouder die actief wordt in het energiedomein. Afstemming met andere toezichthouders is wenselijk om snelheid en een eenduidig beleid naar deze snel ontwikkelende markt te borgen.
6. Het ontstaan van monopolieposities door data en inzicht uit jarenlang beheer kan worden voorkomen door bij uitbesteding afspraken te maken over het beschikbaar stellen van zowel data als analyse aan concurrenten. Digitale platformen actief in het

⁴⁰ <https://clubvanwageningen.nl>

⁴¹ NOS, Extern onderzoek naar stroomstoring bij ziekenhuis van Harderwijk, 4 januari 2022.

⁴² Ontruiming VU medisch centrum na wateroverlast, 2015.

<https://nos.nl/liveblog/2056568-ontruiming-vumc-na-wateroverlast>

⁴³ NRC, Hoe een stroomdipje van niets heel Schiphol plat heeft gelegd, 01-05-2018



- energiedomein worden veelal contractueel ingeschakeld door lokale overheden, zoals bij het aanleggen en uitbaten van laadinfrastructuur van elektrische auto's.
7. Bij het opstellen van dit rapport is uitgegaan van het identificeren van voornaamste risico's van de beschikbaarheid van de stroomvoorziening. Door deze keuze is minder aandacht besteed aan factoren als inclusiviteit en publieke waarden, terwijl dit door decentralisatie en digitalisering onder druk komt te staan. Wanneer digitalisering van het stroomnet wordt vormgegeven door algoritmen is het van belang deze te toetsen op publieke waarden⁴⁴.
 8. Mogelijk de belangrijkste factor die niet is benoemd in de conclusies: algoritmen hebben anno 2022 meer effect op (duurzame) energiegebruik dan dat algoritmes helpen om tot duurzaam energiegebruik te komen. Het energieverbruik dat nodig is voor het trainen van algoritmes zoals het herkennen van beelden is van 2012 tot 2018 met een factor 300.000 gegroeid. Het trainen en draaien van algoritmes is nu al een ondragelijke last op de elektriciteitsinfrastructuur, maatregelen in datacenters en bewustwording onder AI-ontwikkelaars is essentieel voor een duurzame én houdbare toekomst.

⁴⁴ Rathenau Instituut, Seeking Public Values of Digital Energy Platforms, 2021.
<https://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:pure.tue.nl:publications%2F768d9b56-eb0b-4449-8eb9-50e2ad255170>



8 BIJLAGEN

8.1 Overzicht van de verschillende soorten balanceringsenergie

Type	Gebruikelijke Europese naam	Uitleg
Primair Reservevermogen	Frequency Containment Reserve (FCR)	Wordt automatisch geactiveerd binnen enkele seconden bij een afwijking in de netfrequentie, en moet het volledig gecontracteerd vermogen binnen 30 seconden kunnen leveren. De netfrequentie wordt binnen Europa constant gehouden op 50 Hz.
Regelvermogen	Automatic Frequency Restoration Reserve (aFRR)	Wordt centraal aangestuurd door de netbeheerder Tennet en moet binnen 15 minuten volledig geactiveerd kunnen worden, met een minimale ramprate van 7%/min. Na activatie stuurt de netbeheerder elke 4 seconden een nieuw setpoint dat binnen een strikte nauwkeurighedsband gevolgd dient te worden. Op deze manier kan de netbeheerder het evenwicht op een nauwkeurige manier bijsturen.
Reservevermogen (mFRRsa) & Noodvermogen (mFRRda)	Manual Frequency Restoration Reserve (mFRR)	Nood- en reservevermogen worden ingezet om het Regelvermogen weer beschikbaar te maken bij grote en langdurige onbalansen en moeten binnen 15 minuten volledig geactiveerd kunnen worden. Reservevermogen werkt volgens vrije biedingen, terwijl Noodvermogen vooraf gecontracteerd wordt. Bij grote onbalansen kunnen deze reserves gedurende minuten tot uren de netfrequentie ondersteunen.

