

GEDISTRIBUEERDE FLEXIBILITEIT IN STADSREGIO'S: HOE KUNNEN AGGREGATOREN, FLEXAANBIEDERS EN BALANSVERANTWOORDELIJKEN HET POTENTIEEL AAN KLEINSCHALIGE FLEXIBILITEIT OP HET NET HELPEN ACTIVEREN?

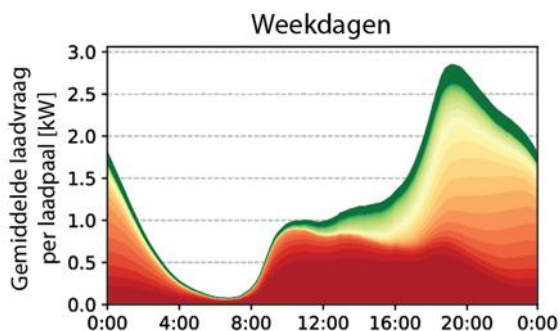
ROBUST Whitepaper – juni 2025

Flexibiliteit op het elektriciteitsnet in stadsregio's

De energietransitie brengt kansen en uitdagingen met zich mee. In Nederlandse steden nemen de problemen door netcongestie snel toe, als gevolg van de groeiende elektriciteitsvraag van bedrijven maar ook door de groeiende aantallen elektrische voertuigen (EV's), zonnepanelen, batterijen en warmtepompen. Deze Whitepaper belicht de mogelijkheden van juist deze gedistribueerde flexibiliteitsbronnen om te fungeren als onderdeel van de oplossing en analyseert de mogelijkheden voor aggregatoren, balansverantwoordelijken (BRP's) en aanbieders van die flexibiliteit om die potentie te realiseren.

Netcongestie: een groeiend probleem

Netcongestie vormt een grote maatschappelijke uitdaging. Door de opkomst van decentrale energiebronnen zoals zonnepanelen en de elektrificatie van vervoer, verwarming (warmtepompen), energieopslag (batterijen, boilers) raakt het elektriciteitsnet op steeds meer plekken overbelast. Dit leidt onder meer tot lange wachttijden voor nieuwe aansluitingen voor woningen en bedrijven, verminderde leveringszekerheid (stroomstoringen of beperkingen in de beschikbaarheid van stroom), stijgende en sterker fluctuerende kosten en vertraging van de energietransitie.



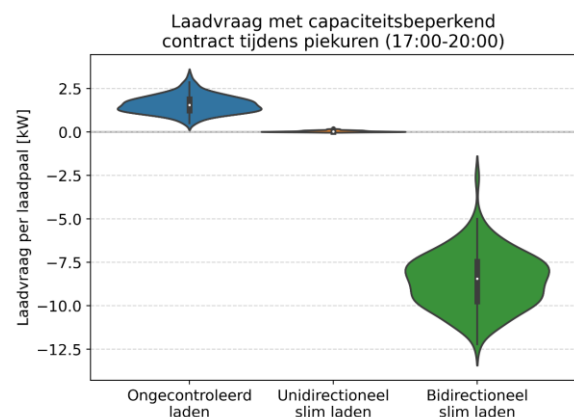
Figuur 1 De laadpiek van elektrische auto's treedt op in de avonden wanneer de netbelasting al hoog is. Maar juist op die momenten is de flexibiliteit van de laadvraag groot (weergegeven als gele, oranje en groene kleuren in de figuur). Berekening op basis van historische data van publieke laadpalen in Utrecht.

Om deze problemen te verminderen, wordt gekeken naar een combinatie van oplossingen. Naast verzwaring van het net is er meer nodig, waaronder het flexibeler op elkaar afstemmen van vraag en aanbod van elektriciteit. In stedelijke omgevingen is er, naast bijvoorbeeld grote batterijen en congestiemanagement bij bedrijven, een aanzienlijk

potentieel vanuit verspreide kleinschalige flexibiliteit, door slim en bi-directioneel laden van elektrische voertuigen (EV's) en bijvoorbeeld slim aansturen van warmtepompen en batterijopslag. ROBUST onderzoekt hoe die flexibiliteit kan worden ingezet en wat daarvan het effect kan zijn. Slim en bi-directioneel laden van EV's en andere gedistribueerde kleinschalige flexbronnen (batterijen, warmtepompen) hebben een aanzienlijk potentieel; ze kunnen tientallen procenten van de flexbehoefte in steden vervullen.

Elektrische auto's en andere gedistribueerde flexibiliteitsassets

Elektrische auto's kunnen zowel een probleem als een oplossing vormen waar het gaat om netcongestie. Enerzijds verhogen de laadpalen de vraag naar elektriciteit, vooral op momenten dat het net toch al zwaar wordt belast. Anderzijds kunnen slimme laadstrategieën zoals netbewust laden en Vehicle-to-Grid (V2G) technologie bijdragen aan netstabiliteit. V2G stelt EV's in staat om ook stroom terug te leveren aan het net op momenten van schaarste. Hierdoor kunnen EV's helpen om netcongestie te verminderen en de integratie van duurzame energiebronnen te ondersteunen. Zeker als een groot aantal EV's dat tegelijk doet als een gebundelde groep 'gedistribueerde assets'. Ook andere gedistribueerde assets zoals kleine warmtepompen, zonnepanelen en batterijen kunnen bijdragen aan het verminderen van netcongestie en het verbeteren van netstabiliteit.



Figuur 2 Slim laden kan de netbelasting van laadpalen voor elektrische auto's in de avonden tot bijna nul reduceren, maar met bidirectioneel laden kan die netbelasting zelfs aanzienlijk worden verlaagd. Berekening op basis van historische data van laadpalen met deelauto's in Utrecht.

Verschillende partijen werken aan de ontwikkeling van mechanismen waarmee gedistribueerde assets congestiemanagement kunnen versterken. De opschaling van netbewust laden is het verst

GEDISTRIBUEERDE FLEXIBILITEIT IN STADSREGIO'S: HOE KUNNEN AGGREGATOREN, FLEXAANBIEDERS EN BALANSVERANTWOORDELIJKEN HET POTENTIEEL AAN KLEINSCHALIGE FLEXIBILITEIT OP HET NET HELPEN ACTIVEREN?

ROBUST Whitepaper – juni 2025

gevorderd. Daarnaast wordt gewerkt aan een reeks andere manieren waaronder:

- Herziening van nettarieven;
- Nieuwe contractvormen die de capaciteitsvraag verlagen;
- De mogelijkheid om met groepen gedistribueerde assets biedingen te doen op het congestiemanagementplatform GOPACSⁱ;
- De mogelijkheid om geaggregeerd te bieden op de balanceringsmarkten (met name aFRRⁱⁱ);
- Regelgeving om de inzet van batterijen op congestiemomenten aan banden te leggen.

Daarnaast wordt gewerkt aan de mogelijkheid om op de balanceringsmarkten (met name aFRRⁱⁱⁱ) te bieden vanuit bidirectionele auto's. Daarbij kan worden gedacht aan publieke laadpalen, thuisladen (met eigen laadpunt), deel- en huurauto's, leasevloten en bedrijfsvoertuigen. Met de verwachte groei van slim en bidirectioneel laden wordt een toenemend flexibiliteitspotentieel verwacht.

Belang en uitdagingen

Beheerders en aggregatoren van vloten EV's, batterijen, zonnestroomsystemen en warmtepompen kunnen direct belang hebben bij het aanbieden van flexibiliteit via de spotmarkten en balanceringsmarkten, en in de vorm van congestiemanagementproducten. In sommige segmenten zoals met grote batterijen wordt nu al grootschalig op de markten ingespeeld, in andere segmenten, zoals elektrische voertuigen, kleine batterijen, zonnestroomsystemen en warmtepompen zijn de businessmodellen nog in ontwikkeling. Uitdagingen daarbij zijn onder meer:

- Er zijn nog weinig faciliteiten om de businessmodellen te verwerklijken door gedistribueerde flexibiliteit in te passen in de diverse systemen, zoals via GOPACS, op de balanceringsmarkten, en mogelijkheden voor huishoudens om af te rekenen op flexibele nettarieven. Hieraan wordt door de netbeheerders gewerkt. Regelgeving en processen moeten nog verder worden aangepast op ontsluiting van geaggregeerde flexibiliteitsbronnen.
- Er is grote onzekerheid in de te behalen inkomsten, zeker bij flexbronnen op kleinverbruiksansluitingen. Ook de balans tussen prikkels vanuit de verschillende systemen moet beter. Zo is er berichtgeving over batterijen die congestie verergeren door op balanceringsmarkten te handelen. De mix tussen sturing door middel van contracten en

aansluitvoorwaarden (netbewust laden) en marktinstrumenten is nog in ontwikkeling.

- Er zijn nog onvoldoende breed gedragen communicatieprotocollen en -systemen tussen netbeheerders en (de exploitanten van) laadpalen, warmtepompen, kleinere batterijen en andere energie-assets.
- De markt voor V2G-auto's en -laadpalen en daarbij behorende producten en diensten staat nog in de kinderschoenen. Er zijn bijvoorbeeld nog nauwelijks producten en marktproposities voor V2G-auto's met thuisladers en voor V2G-leaseauto's die laden bij een bedrijf.

Handelingsperspectief van flexaanbieders en aggregatoren

Naarmate de mogelijkheden voor aggregatie van kleinschalige flexibiliteitsbronnen toenemen, kunnen aggregatoren en aanbieders van die flexibiliteit nieuwe verdienmodellen en marktproposities ontwikkelen en opschalen. Dat kan in diverse nog nieuwe marktsegmenten waar relatief eenvoudig aggregatie mogelijk is, bij eindgebruikers maar ook bij bedrijven (bijvoorbeeld vloten van distributie- en logistieke voertuigen, deelauto's, leaseparken).

Er ontstaan nieuwe mogelijkheden om met vloten van zulke geaggregeerde assets in te spelen op netcongestie. GOPACS is bijvoorbeeld een faciliteit voor redispatch vanuit geaggregeerde flex aan het opzetten, die beoogt toegankelijk te worden voor V2G maar ook voor aggregatie van flexibiliteit uit andere bronnen zoals warmtepompen en batterijen.

Vanuit de ontwikkeling van groepscontracten komt een nieuwe mogelijke rol beschikbaar voor aggregatoren: de partij die schakelt tussen de netbeheerder en de partijen in het groepscontract, en die er verantwoordelijk voor is dat de groep als geheel zich aan de afspraken met de netbeheerder houdt.

Bij het realiseren van nieuwe mogelijke verdienmodellen is het de kunst om te optimaliseren op opbrengst zonder (te grote) inbreuk te doen op de andere functies van de assets. Een EV moet voldoende volgeladen zijn wanneer gebruik gewenst is, een woning mag niet te ver afkoelen of opwarmen. Daar ligt ontwikkelpotentieel voor intelligente regelingen die de verdien capaciteit optimaliseren.

Communicatie is uiteraard van groot belang om de keten tussen beheerders van gedistribueerde flexbronnen (en partijen daarachter), aggregatoren, de netbeheerders en de hierboven al genoemde platformen voor flexibiliteit te laten samenwerken. Onder meer door te werken aan brede

GEDISTRIBUEERDE FLEXIBILITEIT IN STADSREGIO'S: HOE KUNNEN AGGREGATOREN, FLEXAANBIEDERS EN BALANSVERANTWOORDELIJKEN HET POTENTIEEL AAN KLEINSCHALIGE FLEXIBILITEIT OP HET NET HELPEN ACTIVEREN? *ROBUST Whitepaper – juni 2025*

implementatie van open protocollen en normen en van breed toegankelijke platforms. Digitale veiligheid is bij grootschalige sturing van groepen assets een belangrijk aandachtspunt; in de Guidelines die ElaadNL voorjaar 2025 heeft opgesteld staan concrete eisen m.b.t. digitale veiligheid voor laadpunten^{iv} en de Topsector Energie Digitalisering stelt een online kennisbank ter beschikking^v.

Richting de gebruikers van de aangeboden diensten (zowel professionele partijen als locatie-ontwikkelaars als particulieren die bijvoorbeeld hun woning verduurzamen) is er behoefte aan overzichtelijke en goede informatie over de concrete mogelijkheden en beperkingen. Aggregatoren en flexaanbieders (naast andere marktpartijen en overheden) kunnen werken aan goede en beter toegankelijke informatie over de opties voor eindgebruikers.

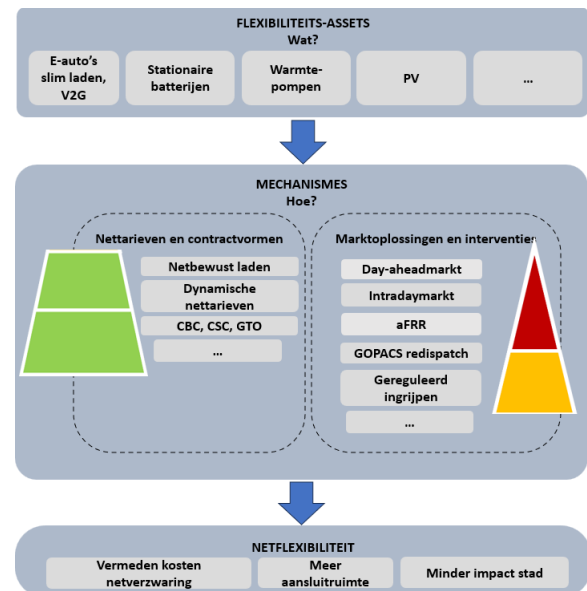
Conclusie

Naast netverzwaring is betere benutting van het net - afstemming van vraag en aanbod - essentieel om de uitdagingen van netcongestie in stadsregio's het hoofd te bieden. Gedistribueerde kleine flexbronnen, zoals elektrische voertuigen, batterijen en warmtepompen hebben het potentieel om de congestieproblematiek te verminderen, om het gebruik van duurzame energiebronnen te optimaliseren en om de balans van het elektriciteitsnet te verbeteren en zo prijspieken te verminderen. Aggregatoren en aanbieders van gedistribueerde flexibiliteit vervullen in toenemende mate belangrijke rollen als aanbieders van die flexibiliteit. De markten groeien en nieuwe verdienmodellen dienen zich aan. De uitdaging is om optimaal in te spelen op de marktkansen zonder elders op het net problemen te versterken, en daarbij de cyberveiligheid veel aandacht te blijven geven.

Het ROBUST-project

Het onderzoeksproject ROBUST loopt van 2021 tot september 2025 en richt zich op het onderzoeken en valideren van de mogelijkheden van gedistribueerde flexibiliteit. Daarbij gaat de meeste aandacht uit naar elektrische auto's, maar ook batterijen en warmtepompen spelen een rol. Het doel is om beter te begrijpen hoeveel flexibiliteit slimme en bidirectionele laadstrategieën voor EV's – en andere gedistribueerde energiebronnen – kunnen leveren op verschillende schaalniveaus, van stadswijken en nieuwbouwlocaties tot middenspanningsnetten. Daarnaast kijkt het project hoe deze bronnen kunnen bijdragen aan het elektriciteitssysteem, door deel te nemen aan de day-aheadmarkt, balansmarkten en congestiemanagement. Ook de

impact van nettarieven en de mogelijkheden voor netbewust laden worden onderzocht. Tot slot wordt gekeken hoe de inzet van deze flexbronnen opgeschaald kan worden in het bredere energiesysteem.



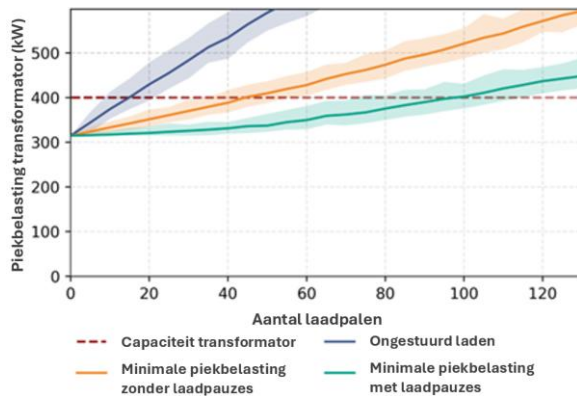
Figuur 3 Het 'ROBUST flexibiliteitssysteem' om gedistribueerde flexbronnen inzetbaar te maken voor bestrijding van netcongestie en vergroting van de robuustheid van de elektriciteitsvoorziening.

Het onderzoek is uitgevoerd als een combinatie van model- en rekenstudies, waarbij gebruik is gemaakt van gegevens van ongeveer 400 elektrische deelauto's en 700 laadpalen van We Drive Solar. Daarnaast is onderzoek uitgevoerd op locaties als het Utrecht Science Park, Triodos Bank, de woonwijken Cartesius en Wisselspoor, het testlab van Elaad, QBuzz en aan circa 900 onderhoudsbusjes van Stedin.

De resultaten laten zien dat slim en netbewust laden van elektrische auto's veel potentie heeft om het elektriciteitsnet te ontlasten. Dit effect wordt nog groter als het laden tijdelijk volledig kan worden gepauzeerd, al zijn er bij sommige EV-modellen nog technische beperkingen. Die problemen kunnen deels worden opgevangen met slimme regelsystemen.

Met slim laden en de mogelijkheid om laadpauzes toe te passen, kan de netbelasting in piekuren bijna tot nul worden teruggebracht. Door Vehicle-to-Grid (V2G)-technologie toe te passen op groepen auto's, kunnen laadpalen zelfs actief bijdragen aan het ontlasten van het net in piekuren (zie Figuur 2).

GEDISTRIBUEERDE FLEXIBILITEIT IN STADSREGIO'S: HOE KUNNEN AGGREGATOREN, FLEXAANBIEDERS EN BALANSVERANTWOORDELIJKEN HET POTENTIEEL AAN KLEINSCHALIGE FLEXIBILITEIT OP HET NET HELPEN ACTIVEREN? *ROBUST Whitepaper – juni 2025*



Figuur 4 Bij plaatsing van circa 15 laadpunten (met 17 of 22kW laadcapaciteit) in deze woonwijk zou er bij ongestuurd laden overbelasting optreden bij de nettransformator (de rode stippellijn). Met slim laden kunnen er circa 40 laadpunten worden geplaatst, en wanneer het laden tijdelijk kan worden gepauzeerd zouden er circa 100 laadpunten kunnen worden geplaatst.

Afspraken over vraagsturing tijdens piekmomenten kunnen worden gemaakt als onderdeel van concessies voor publieke laadpalen of commerciële laadpleinen, of door het afsluiten van een (collectief) capaciteitsbeperkend contract met de netbeheerder.

Sturing op kortetermijn-afroep is mogelijk door middel van redispatch-biedingen. Voor deelname aan redispatch is een minimaal biedvolume van 100 kW vereist. ROBUST heeft onderzocht hoeveel laadpalen nodig zijn om dat volume te halen. In woonwijken zijn bij slim laden ongeveer 150 tot 200 laadpalen nodig om op piekmomenten 100 kW te leveren. Met bidirectioneel laden volstaan 75 tot 100 laadpalen, zonder dat dit ten koste gaat van het laadcomfort. ROBUST heeft met succes een redispatch-test uitgevoerd met ongeveer 300 slimme

laadpalen via het congestiemanagementplatform GOPACS. Een test met bidirectioneel laden staat gepland voor de zomer van 2025.

Ook heeft ROBUST verschillende dynamische nettariëfsystemen met elkaar vergeleken. Hieruit blijkt dat de opzet van een nettariëfsysteem grote invloed heeft op het laadgedrag. Sommige varianten kunnen zelfs leiden tot 'secundaire laadpieken' die hoger zijn dan de pieken die men juist probeert te voorkomen.

De regelgeving rondom het inzetten van slim en bidirectioneel laden voor congestiemanagement is de afgelopen jaren sterk in beweging geweest. ROBUST heeft deze ontwikkelingen geanalyseerd en adviezen opgesteld voor gemeenten en projectontwikkelaars, met name voor nieuwbouw- en werklocaties.

Naast de technische kant is er ook gekeken naar de gebruikerservaringen. Uit een reeks interviews en een enquête onder 282 elektrische rijders van Universiteit Utrecht blijkt dat vooral mensen die thuis kunnen laden positief staan tegenover slim laden, al maken ze zich zorgen over de beschikbaarheid van laadpalen en het 'laadpaalkleven'. Particuliere rijders noemen batterijslijtage bij gebruik van V2G als belangrijkste zorgpunt. Financiële prikkels blijken een belangrijke motivatie om deel te nemen aan flexibel laden. Uit een eveneens uitgevoerd keuze-experiment komt naar voren dat veel gebruikers waarde hechten aan een gegarandeerd minimaal laadniveau.

De resultaten van het ROBUST-project worden gepresenteerd tijdens het eindcongres op 5 juni 2025. In de zomer van 2025 verschijnen de eindrapportages op www.tki-robust.nl.

ⁱ In het kader van het project ROBUST wordt het bieden op GOPACS met groepen slim ladende en V2G laadpalen getest en werkt GOPACS aan ondersteuning van biedingen vanuit gedistribueerde flexbronnen.

ⁱⁱ In het project SCALE wordt het bieden getest via het Equigy-platform op de aFRR-markt met groepen slim en V2G ladende laadpalen en Equigy werkt aan ondersteuning van het opschalen daarvan.

ⁱⁱⁱ In het project SCALE wordt het bieden getest via het Equigy-platform op de aFRR-markt met groepen slim en V2G ladende laadpalen en Equigy werkt aan ondersteuning van het opschalen daarvan.

^{iv} <https://scale-horizon.eu/presenting-the-scale-procurement-guidelines-for-smart-and-v2x-charging-infrastructure-on-may-23/>

^v <https://topsectorenergie.nl/nl/maak-kennis-met-tse/digitalisering/cybersecurity/>