

Januari 2026

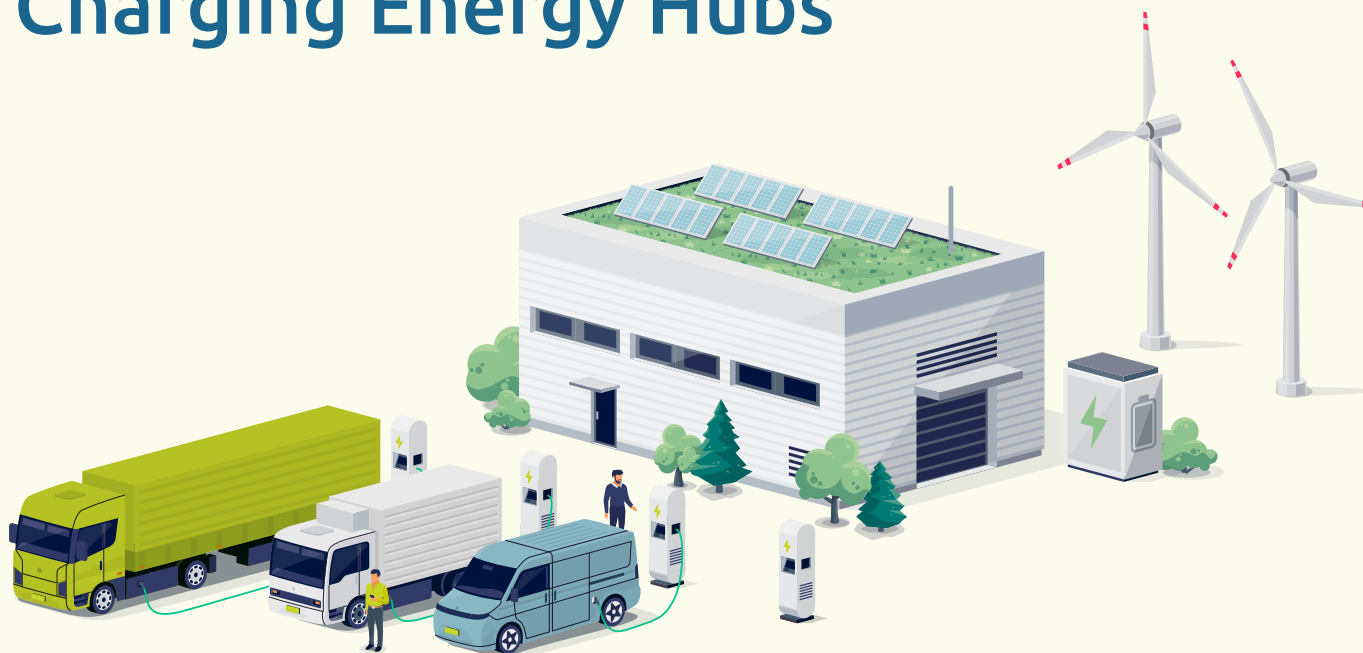
Elaadnl

Charging Energy Hubs

Combineren van logistieke
laadvraag en lokale
duurzame energie



Onderzoeksrapport Charging Energy Hubs



Team Markontwikkeling
ElaadNL

Januari 2026

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Ontwikkelingen in de markt	7
3. Potentiekaart	9
4. Laadprofielen	11
5. Punten van aandacht	15
Bronnenlijst	17
Bijlage 1: Laadprofielenanalyse	18



Samenvatting

De elektrificatie van logistiek vervoer leidt de komende decennia tot een substantiële toename van de elektriciteitsvraag, met name op bedrijventerreinen en langs logistieke corridors. Deze transitie kan niet los worden gezien van de beperkingen van het elektriciteitsnet. Zonder aanvullende maatregelen zal ongecoördineerd laden resulteren in hoge vermogenspieken, vooral in de avond- en nachturen, en daarmee de druk op het net verder vergroten.

In dit rapport worden Charging Energy Hubs (CEH's) onderzocht als mogelijke oplossingsrichting. Een Charging Energy Hub is een laadlocatie waar hoogvermogen elektrisch wordt geladen en waar de laadvraag actief wordt afgestemd op lokale omstandigheden, zoals beschikbare netcapaciteit, duurzame energie-opwek en elektriciteitsprijzen. Deze afstemming vindt plaats via een Energy Management Systeem (EMS), dat het laadproces automatisch aanstuurt.

De analyse laat zien dat Charging Energy Hubs met name relevant zijn in een context waarin logistieke laadvraag zich concentreert op specifieke locaties. Een groot deel van deze vraag komt terecht op bedrijventerreinen. Dit maakt deze locaties bepalend voor zowel de net-impact als de mogelijkheden om flexibiliteit te benutten.

In het rapport worden verschillende ontwikkelniveaus van Charging Energy Hubs onderscheiden. De nadruk ligt op niveau twee en niveau drie. Niveau twee kenmerkt zich door het collectief organiseren en aansturen van laadvraag van meerdere gebruikers en modaliteiten. Niveau drie voegt hier lokale duurzame energie-opwek en eventueel stationaire opslag aan toe, waardoor vraag en aanbod lokaal beter kunnen worden gematcht.

Simulaties tonen aan dat Charging Energy Hubs van niveau drie een duidelijk effect hebben op het laadprofiel. Door laden te combineren met lokale opwek en opslag wordt de vermogensvraag beter gespreid over de tijd en verschuift een deel van de laadvraag naar momenten met meer duurzame energie en lagere netbelasting. In vergelijking met ongecontroleerd laden kan de afstemming tussen laadvraag en lokale opwek aanzienlijk verbeteren (55% betere afstemming) en nemen pieken in de avonduren substantieel af (57% van de vraag verschuift uit de piekuren). Dit wijst erop dat Charging Energy Hubs kunnen bijdragen aan een meer net-neutrale inzet van laadinfrastructuur.

De ruimtelijke analyse in het rapport laat zien dat er rond de 500 kansrijke locaties zijn voor Charging Energy Hubs. Kansrijke locaties bevinden zich met name op en rond bedrijventerreinen aan de randen van stedelijke gebieden, nabij hoofdtransportcorridors en in de nabijheid van grootschalige zon- en wind-opwek. Op deze locaties vallen logistieke schaal, ruimte en energiepotentie samen, wat de voorwaarden schept voor slimme laadoplossingen.

Het onderzoek benadrukt dat Charging Energy Hubs niet uitsluitend een technische oplossing zijn. De effectiviteit is sterk afhankelijk van samenwerking tussen logistieke gebruikers, de inrichting van laadpleinen, de gekozen aansturingsstrategie en de lokale net- en energiesituatie. Dit rapport laat zien dat Charging Energy Hubs een relevante rol kunnen spelen in het faciliteren van de verdere elektrificatie van de logistiek binnen de grenzen van het elektriciteitsnet. De mate waarin deze hubs bijdragen aan kostenbeheersing, netneutraliteit en congestieverlichting is contextafhankelijk, maar de analyses maken duidelijk dat collectieve, slim aangestuurde laadconcepten met lokale opwek en opslag een duidelijke meerwaarde hebben ten opzichte van ongecoördineerde laadoplossingen.

1. Inleiding

ElaadNL publiceert periodiek onderzoeken, waarin steeds een onderwerp op het gebied van elektrisch vervoer wordt uitgelicht. Dit rapport richt zich op de toekomstige impact van Charging Energy Hubs en is onderdeel van het nationaal groeifondsproject Charging Energy Hubs. Dit rapport geeft inzicht in de huidige stand van zaken, schetst toekomstige ontwikkelingen én toont het potentieel door middel van uitgewerkte use-cases. Dit biedt inzicht voor netbeheerders, (regionale) overheden en andere stakeholders.

Charging Energy Hubs is een term die zijn intrede heeft gedaan via het gelijknamige project van het nationaal groeifonds. Veel verschillende locaties kunnen worden gezien als een Charging Energy Hub. Het is daarom belangrijk een duidelijke definitie te hanteren. In dit onderzoeksrapport wordt gebruikgemaakt van de volgende definitie:

Een laadlocatie met één of meerdere netaansluitingen waarbij de laadvraag lokaal wordt gebalanceerd op basis van duurzaam opgewekte energie, de grenzen van het elektriciteitsnet en energieprijzen.

Het gebruik van bovenstaande definitie zorgt ervoor dat een aantal basiskennmerken kunnen worden toegeschreven aan een Charging Energy Hub. Het eerste kenmerk is de laadvraag; op een Charging Energy Hub speelt het laden van voertuigen een significante rol. Deze significante rol vertaalt zich in (zeer) hoog vermogen laden van logistieke voertuigen en/of bouw materieel. Het tweede kenmerk is een Energy Management Systeem (EMS). Dit systeem zorgt voor het lokaal en slim aansturen van het laadgedrag. Het derde kenmerk van een Charging Energy Hub is de wisselende bron van elektriciteit. Deze elektriciteit kan worden geleverd via het elektriciteitsnet, maar ook vanuit lokale duurzame opwek vanuit zon en wind of een batterij.

Naast deze basiskennmerken kan een Charging Energy Hub nog een aantal extra elementen bevatten. Deze elementen zorgen voor verschillende vormen van complexiteit. Dit onderzoek maakt onderscheid tussen vijf verschillende niveaus van Charging Energy Hubs, van simpel tot aan zeer complex. Deze niveaus zijn uitgeschreven op de volgende pagina.

De in dit rapport gehanteerde definitie van Charging Energy Hubs sluit nauw aan bij bestaande definities van vergelijkbare termen, zoals de term 'energiehubs'. Waar bij energiehubs vaak wordt gesproken over het delen of op elkaar afstemmen van netcapaciteit tussen meerdere bedrijven, is dit binnen een Charging Energy Hub niet per se het geval. Het onderscheidende kenmerk van een Charging Energy Hub is dat het laden van elektrische mobiliteit altijd het primaire doel vormt. In deze hubs draait het om het balanceren van lokale energievraag en -opwek, wat zowel achter één en dezelfde netaansluiting kan plaatsvinden als via technische constructies zoals cable pooling of gesloten distributiesystemen.

Dit rapport geeft een eerste inzicht in de huidige ontwikkelingen, de potentie en de impact van Charging Energy Hubs weer. Waarbij de hubs in niveau één uitvoerig zijn beschreven in de ElaadNL Outlook Logistiek uit 2025. In dit onderzoeksrapport verdiepen we daarom op de niveaus twee en drie. In de tweede niveau wordt de energievraag van verschillende energieverbruikers gecombineerd. In het geval van een Charging Energy Hub kunnen dit logistieke voertuigen, zowel 's nachts als corridor laden, zijn in combinatie met de elektriciteitsvraag van zero-emissie bouw materieel. Voor het derde niveau is de aanwezigheid van lokale duurzame opwek en/ of batterij van belang. De termen 'energiehub' en Charging Energy Hub komen samen als er sprake is van het koppelen van meerdere hubs, deze vallen onder niveau 4 of 5 van de in dit rapport onderscheiden niveaus van Charging Energy Hubs en worden niet verder uitgewerkt in dit rapport.

Niveau	Beschrijving	Voorbeeld	Praktijkvoorbeeld	Scope
1	Koppeling van meerdere dezelfde energieverbruikers of producerende apparaten	Logistiek laadplein op een depot	Renewi Wateringen	ElaadNL Outlook Logistiek 2025
2	Koppeling van verschillende energieverbruikers of producerende apparaten met dezelfde energiedrager	Publiek logistiek laadplein voor een combinatie van bouw- en logistieke laadinfrastructuur	Laadplein Hornweg 1, Haven van Amsterdam	Huidig rapport
3	Koppeling van zowel energie verbruikende als energie producerende apparaten met dezelfde energiedrager	Logistiek laadplein gekoppeld aan duurzame opwek inclusief batterij	Watthub Geldermalsen	Huidig rapport
4	Koppeling van meerdere hubs met verschillende netaansluitingen	Meerdere logistieke ondernemers op een bedrijventerrein met een groepscontract	Energiehub Lage Weide	
5	Koppeling van meerdere energiedragers in één of meerdere hubs	Een laadlocatie waar omzetting naar andere energiedragers (bijvoorbeeld elektrolyse) of vice versa plaatsvindt		

2. Ontwikkelingen in de markt

De aandacht voor het lokaal optimaliseren van vraag en aanbod groeit snel. Vanuit het Nationaal Programma Energiesysteem wordt daarnaast nadrukkelijk gestuurd op meer decentrale oplossingen. Deze aanpak wordt gezien als kansrijk om de druk op het elektriciteitsnet te verlagen en de kosten voor bedrijven en huishoudens beheersbaar te houden. Dit hoofdstuk beschrijft de drijfveren en knelpunten in de totstandkoming van de verschillende niveaus van Charging Energy Hubs.

2.1 Netcongestie als drijfveer voor lokaal matchen van vraag en aanbod

Een belangrijke aanleiding voor de inzet van decentrale oplossingen, en dus Charging Energy Hubs, is de huidige netcongestie. In vrijwel heel Nederland is de ruimte op het elektriciteitsnet beperkt, waardoor aanvragen van nieuwe aansluitingen of uitbreidingen in de wachtrij terecht komen. Door lokaal opwek en verbruik beter te koppelen kan een deel van deze vraag naar netcapaciteit worden verminderd. Zo is onderzocht dat energiehubs een potentieel in 2030 om de vraag naar netcapaciteit met circa 3,2 gigawatt (GW) te verlagen (RHDHV, 2024). Binnen deze onderzochte energiehubs speelt het laden van elektrische logistieke voertuigen een significante rol, waarbij er dus ook gesproken kan worden van Charging Energy Hubs niveau vier en vijf. Ter vergelijking, het huidige landelijke piekvermogen per dag is ongeveer 22 GW.

Daarnaast heeft Netbeheer Nederland een inschatting gemaakt van de impact van het ontsluiten van flexibiliteit bij grootverbruik-klanten. Deze interventie kan de investeringen van netbeheerders met €1 tot €6 miljard reduceren (Netbeheer Nederland, 2025).

2.2 Financiële voordelen en uitdagingen

Naast het ontlasten van het elektriciteitsnet spelen ook financiële motieven een rol. Voor logistieke partijen kan het sturen van de elektrische laadvraag leiden tot lagere kosten. Door gebruik te maken van momenten met goedkopere stroom en door vermeden netwerkgerelateerde kosten. Een daling van de inkoopkosten voor elektriciteit en dus per gereden kilometer, kan daarbij zorgen voor een concurrentievoordeel. Ook op de lange termijn blijft de capaciteit om elektriciteitsvraag flexibel in te zetten van waarde om de kosten te verlagen. Behalve dat de laadkosten omlaag gaan, is het mogelijk om extra hernieuwbare brandstofeenheden (HBE) te registreren wanneer de laadvraag wordt afgestemd op duurzame energie-opwek via dezelfde aansluiting. Bovendien kan het laden met lokale groene stroom de financiële haalbaarheid van deze duurzame energie-installatie versterken. Deze financiële baten worden vaak op de midden- tot lange termijn zichtbaar.

Daarbij is aan te tekenen dat de initiële investering in elektriciteitsinfrastructuur, opslag, laadsystemen en aansturing ten behoeve van een Charging Energy Hub aanzienlijk. Subsidies, publiek-private samenwerking of gedeelde financiering zijn dus cruciaal in de opstartfase (RVO, 2023).

2.3 Uitdagingen bij het uitbreiden van lokaal gebonden concepten

Charging Energy Hubs zijn sterk van de lokale context afhankelijk en daarmee zeer verschillend. Dit maakt het moeilijker om een standaardproces of blauwdruk te ontwikkelen. Rittenpatronen, de gewenste laadcapaciteit, het aanbod van lokale duurzame elektriciteit en de netcapaciteit zijn voorbeelden van deze lokale factoren.

De hardware die gebruikt wordt binnen de verschillende niveaus van hubs is ook in ontwikkeling. De range van elektrische voertuigen wordt groter, het laadvermogen van laadpalen en de capaciteit van batterijen steeds hoger. Voor het balanceren van de energiestromen op een hub is het daarbij van belang dat de juiste data, op het juiste moment in het correcte format wordt gedeeld tussen deze apparaten. Omdat elke hub een andere configuratie van technologieën heeft is het inregelen van deze informatiestromen een tijdrovend proces. De realisatie van Charging Energy Hubs vergt daarbij samenwerking tussen uiteenlopende partijen: bedrijven, netbeheerders, gemeenten en ontwikkelaars. Dat brengt uitdagingen met zich mee zoals governance, rolverdeling, kostentoewijzing en datadeling. Het gebrek aan standaardisatie verhoogt hiermee de drempel voor opschaling.

Afhankelijk van het niveau van de Charging Energy Hub, neemt ook de juridische complexiteit toe. Bij het slim afstemmen van laadvraag achter één aansluiting met één enkele afnemer is de juridische complexiteit vaak beperkt. Inrichting van een niveau Charging Energy Hub drie of hoger, neemt de juridische complexiteit toe. Er zijn inmiddels een aantal juridische blauwdrukdocumenten ontwikkeld die in dit proces moeten versoepelen. Hierbij gaat het om zowel het vastleggen van de organisatievorm op korte en lange termijn, als om de verdeling van beschikbare capaciteit en de inzet van flexibiliteit (InvestNL, 2024). Deze juridische hulpmiddelen komen boven op de contractvorm die met de netbeheerder moet worden afgesloten, zoals bijvoorbeeld een groepstransportovereenkomst (GTO), een groeps-Capaciteitsbeperkingscontract (CBC) of een individuele (alternatieve) contractvorm.

2.4 CO2 reductie potentie

Tot slot draagt de inzet van het lokaal balanceren van vraag en aanbod naar elektriciteit bij aan het behalen van de klimaatdoelen. Een inschatting van de NVDE (2023) laat zien dat het lokaal afstemmen van vraag en aanbod door middel van niveau vier en vijf Charging Energy Hubs kan leiden tot een reductie tot 5,5 megaton CO₂-uitstoot per jaar.



3. Potentiekaart

De specifieke configuratie van een Charging Energy Hub wordt sterk bepaald door de lokale omstandigheden. Voor een goed begrip van de potentiële impact is het essentieel inzicht te verkrijgen in welke locaties meer of minder geschikt zijn voor de ontwikkeling van een Charging Energy Hub. In dit hoofdstuk worden de locaties geanalyseerd waar Charging Energy Hubs naar verwachting kansrijk of juist minder kansrijk zijn.

Om inzicht te verkrijgen in locaties voor Charging Energy Hubs maken we gebruik van de basiskennmerken van Charging Energy Hubs. Als eerste is dit een significante laadvraag, ten tweede is dit het sturingselement via een EMS en de derde is de wisselende bron van elektriciteit. Waarbij de benodigde elektriciteit geleverd kan worden via het elektriciteitsnet, maar ook vanuit lokale duurzame opwek vanuit zon en wind of een batterij. De locaties waar deze basiskennmerken bij elkaar komen worden gerangschikt als kansrijk, hoe minder deze randvoorwaarden aanwezig zijn, hoe minder kansrijk deze locatie is voor een Charging Energy Hub.

De locatie-analyse is gebaseerd op de basiskennmerken van een Charging Energy Hub met een ruimtelijke component. Het gaat hierbij om zowel de laadvraag als de beschikbaarheid van lokale duurzaam opgewekte elektriciteit. Het sturen van de laadvraag door middel van een EMS is niet geografisch gebonden en daarom niet meegenomen.

3.1 Methode

De locatie-analyse voor de laadvraag voor Charging Energy Hubs is opgebouwd uit een aantal factoren. Als eerste zijn de locaties met een significante laadvraag in kaart gebracht. Daarbij is uitgegaan van de laadvraag van logistieke voertuigen en elektrisch bouw materieel. De belangrijkste locaties voor het laden van logistieke voertuigen zijn bedrijventerreinen (ElaadNL Outlook Logistiek, 2025). De bedrijventerreinen met substantiële verwachte laadvraag zijn daarom als basis voor deze locatie-analyse gebruikt. De transitie naar

logistieke voertuigen is volop in ontwikkeling, daarom wordt voor deze locatie-analyse gebruik gemaakt van de geprognosticeerde laadvraag in 2030.

Naast deze bedrijventerreinen is de verwachting dat een substantieel deel van de laadvraag vanuit de logistieke sector langs corridors zal worden ingevuld. De afstand tot deze corridors is daarom als factor meegenomen in de bepaling van de potentie.

Naast de laadvraag uit de logistieke sector is ook de geprognosticeerde laadvraag van zero emissie bouw materieel meegenomen in deze locatie-analyse. Hiervoor is gebruik gemaakt van de ElaadNL Outlook ZE Bouw uit 2024.

Aan de andere kant zijn ook de locaties met duurzame opwek in kaart gebracht. Hierbij is uitgegaan van lokale duurzame elektriciteits-opwek projecten met een SDE(++) beschikking (zon-PV en wind op land). Er is gekozen om alleen gebruik te maken van grootschalige duurzame opwek-projecten en daarmee in aanmerking komen voor de SDE++ beschikking. Om de voordelen van het matchen van vraag en aanbod te realiseren is zowel een substantiële laadvraag als een grote hoeveelheid duurzame elektriciteit nodig. Kleinschalige duurzame opwekprojecten vallen hiermee buiten de scope van het project.

Als laatste is onderzocht wat de beschikbare ruimte op deze locaties is. Alleen locaties met beschikbare ruimte zijn meegenomen in deze analyse.

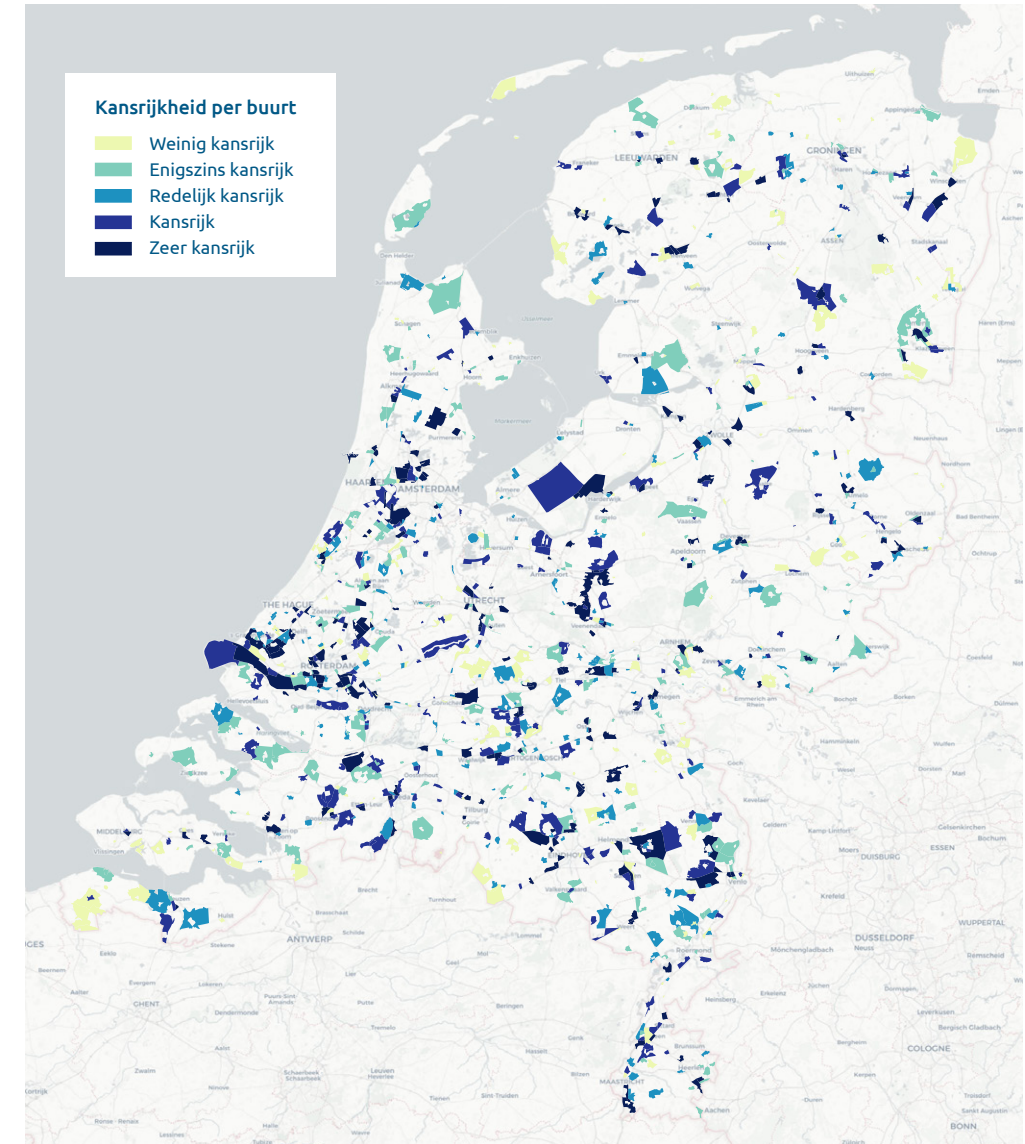
De hiervoor benoemde factoren worden niet alleen gebruikt om aan te geven of een locatie potentie heeft, maar deze locaties worden onderling ook gerangschikt. Zo krijgt een bedrijventerrein met een hoge laadvraag vanuit de logistiek en de bouw en ook in de nabijheid ligt van een corridor met een significante laadvraag een hogere score dan een locatie met minder laadvraag. Hetzelfde geldt voor de aanwezigheid van duurzame opwek. Hoe hoger het aanbod van duurzame elektriciteit uit zon en wind (in MWh), des te hoger de score. Bij deze score wordt er ook rekening gehouden met de afstand tussen de laadvraag en de

Potentiekaart Charging Energy Hubs

duurzame opwek. Locaties waar duurzame opwek en laadvraag zeer dichtbij elkaar liggen krijgen een hogere score dan locaties waar de afstand tussen deze twee factoren groter is.

Een voorbeeld van een locatie met een score 'zeer kansrijk' is het Cleantech park Arnhem. Op deze locatie is een significante laadvraag geprognostiseerd en is in de nabijheid van de corridor richting Duitsland met een relatief hoge geprognostiseerde laadvraag. Daarnaast is er opwek aanwezig in de vorm van meerdere grootschalige zon-PV installaties en zijn er in de nabije omgeving ook windturbines gerealiseerd.

In het algemeen valt op dat met name gebieden aan de rand van de steden, vlakbij de snelweg gunstig zijn voor Charging Energy Hubs. Op deze plekken is vaak een aanzienlijke laadvraag geprognosticeerd, gelegen bij een snelweg en een grootschalige zon-PV installatie of grootschalig windproject aanwezig. In totaal komt dit neer op ongeveer 500 locaties.



Figuur 1: Kansrijkheid van Charging Energy Hubs per buurt.

4. Laadprofielen

Om de impact van Charging Energy Hubs op het elektriciteitsnet te kunnen kwantificeren zijn laadprofielen opgesteld. Deze laadprofielen geven inzicht in het dagelijks gebruik van het elektriciteitsnet. Als basis voor deze analyse is gebruikgemaakt van niveau twee en drie Charging Energy Hubs. Op deze locatie komt het laden van trucks, bestelauto's en bouwvoertuigen samen. In dit hoofdstuk simuleren en vergelijken we een niveau 2 Charging Energy Hub waar alleen geladen wordt met een niveau 3 Charging Energy Hub waar stationaire opslag en slimme sturing van de vermogensvraag op basis van lokale opwek worden ingezet.

4.1 Gemiddeld bedrijventerrein

Om inzicht te geven in de impact van een Charging Energy Hub, is een gemiddeld bedrijventerrein gesimuleerd. De locatie-analyse uit het vorige hoofdstuk heeft laten zien dat dit locaties zijn met een hoge kans voor de ontwikkeling van een Charging Energy Hub. In de praktijk zal elk laadplein een andere dimensionering en verdeling van de laadvraag hebben. Het gebruik van een gemiddelde geeft het wel een indicatie van de impact van een Charging Energy Hub. Om een gemiddeld laadplein te dimensioneren is de spreiding voor laadpunten op bedrijventerreinen gebruikt uit de ElaadNL Outlook Logistiek (2025). Een gemiddeld bedrijventerrein bestaat uit deze Outlook in 2030 7 trucklaadpunten en 31 bestelauto laadpunten. Daarnaast is de verwachting dat er in 2030 gemiddeld 383 MWh door bouwvoertuigen geladen wordt per bedrijventerrein (Outlook ZE Bouw, 2024 ElaadNL).

Om de koppeling tussen lokale opwek en het laden van voertuigen beter te kunnen maken kan ook een Battery Energy Storage System (BESS) ingezet worden. Voor deze modellering is de BESS gedimensioneerd op basis van het ongecontroleerde laadprofiel van de verwachte laders op het bedrijventerrein. Concreet is het nodige batterijvermogen gebaseerd op het

verschil tussen de maximale gemiddelde piek rond 12:00 uur en de maximale gemiddelde piek rond 18:00 uur. Dit resulteert in een batterij met een vermogen van 500 kW, waarna er gekozen is voor een variant met 1000 kWh (0,5C) aan capaciteit.

4.2 Methode

Het doel van het model is om de vermogensvraag van de Charging Energy Hub optimaal te verplaatsen, gegeven een lokaal opwekprofiel. Hoe meer opwek er is op een moment, de gunstiger het is om dan te laden. Dit vindt plaats op basis van een optimalisatiemodel. Het opwekprofiel is een genormaliseerd profiel naar het Nederlands gemiddelde vermogen in 2024 voor opwek door zon en windturbines op land (NED). Om realistische sturing te krijgen gedurende langere periodes met weinig opwek, is in dit opwekprofiel ook de elektriciteitsprijs (EPEX) van 2024 (ENTSO-E) verwerkt.

De ElaadNL laadprofielen voor logistiek en de bouw (2024) dienen als basis voor de modellering van de laadvraag van deze modaliteiten. De inputdata voor deze profielen bevatten laadsessies voor trucks en bestelauto's op bedrijventerreinen en vermogensprofielen van bouwlocaties.

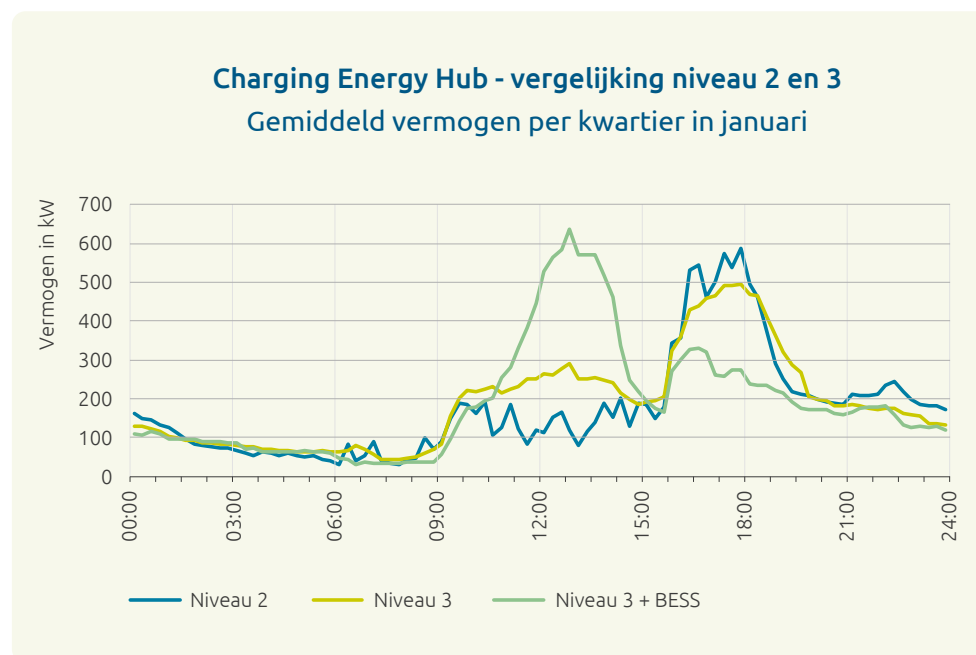
4.3 Resultaten

In de resultaten kijken we naar het gemiddelde vermogen per kwartier voor niveau 2 en 3 Charging Energy Hubs. Een niveau 2 Charging Energy Hub is een laadplein waar trucks, bestelauto's en bouw materieel kunnen laden. Op dit niveau is nog geen slimme sturing. Voertuigen beginnen gelijk met laden wanneer ze aansluiten en laden met maximaal vermogen tot de energievraag van de sessie is voldaan. Niveau 3 is een Charging Energy Hub waar

het laden wordt gestuurd op basis van lokale opwek. Waar mogelijk gaan voertuigen pas laden als er meer opwek is. Het laatste profiel 'Niveau 3 + BESS' geeft het profiel van een niveau 3 Charging Energy Hub met een BESS weer.

Aangezien er grote verschillen in opwekpatronen zijn door de maanden van het jaar, zijn apart figuren opgesteld voor januari en juli om een beeld te geven van de verschillen in sturing in de winter en zomer.

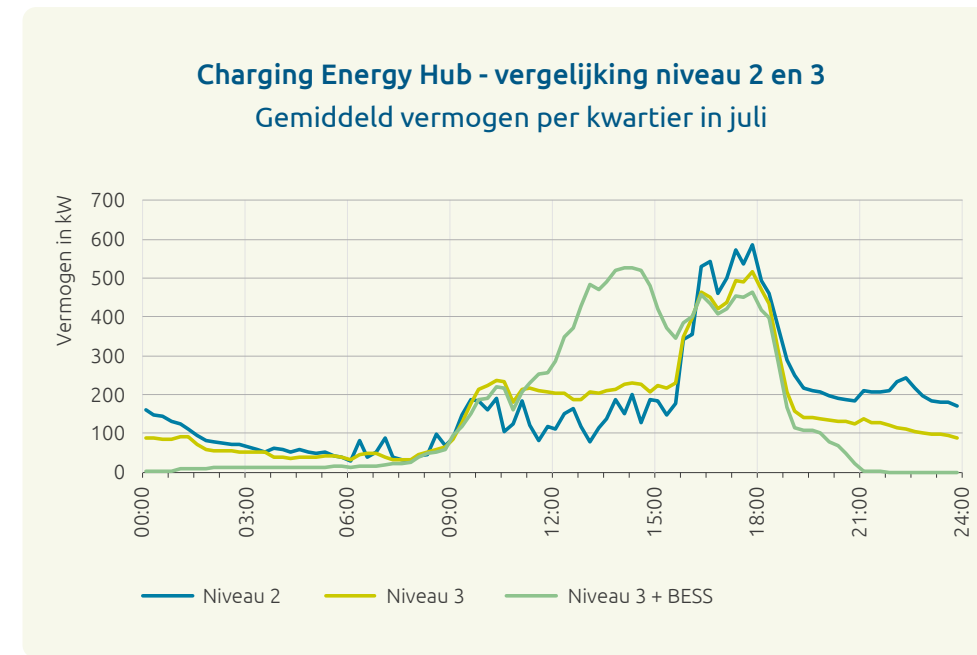
In Figuur 2 zijn de verschillende profielen te zien voor de maand januari. Bij een niveau 2 Charging Energy Hub is er een duidelijke vermogenspiek rond het eind van de middag.



Figuur 2: Het gemiddelde vermogen per kwartier voor een Charging Energy Hub in januari, vergeleken met ongecontroleerd laden.

Wanneer sturing wordt toegevoegd om deze vermogensvraag beter te koppelen met lokale opwek zien we dat de vermogensvraag in rond het middaguur toeneemt en in de latere middag afneemt. Wanneer een BESS wordt toegevoegd is deze koppeling duidelijk een stuk effectiever. De vermogenspiek is dan volledig verschoven naar het middaguur waar de batterij wordt geladen. Deze wordt in de avond ontladen om de vermogensvraag deels op te vangen.

In Figuur 3 zijn dezelfde profielen voor de verschillende niveaus te zien voor de maand juli. Ook hier zorgt niveau 3 voor een lichte verplaatsing van de vermogensvraag naar het midden



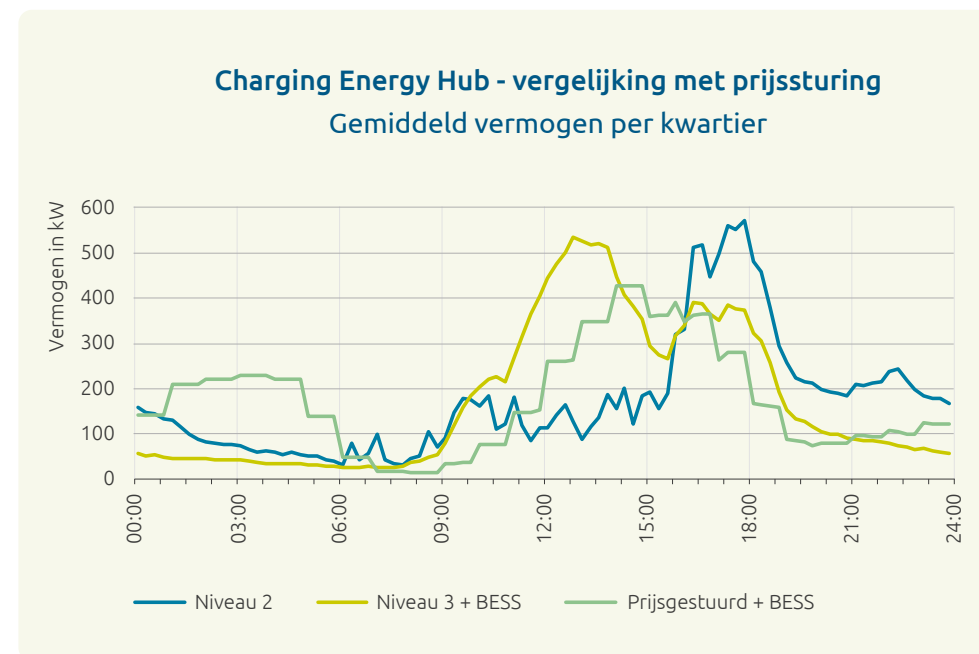
Figuur 3: Het gemiddelde vermogen per kwartier voor een Charging Energy Hub in juli, vergeleken met ongecontroleerd laden.

van de dag. Bij het toevoegen van een BESS blijft de gemiddelde vermogensvraag in de late middag vrijwel net zo hoog als zonder BESS, omdat er nog veel zonopwek beschikbaar is rond deze uren. De batterij wordt in plaats daarvan ingezet om de vermogensvraag in de nacht te verkleinen, aangezien er in juli minder opwek uit wind beschikbaar is in de nacht.

Analyse op de jaarprofielen van regulier en gestuurd laden laat zien dat bij een niveau 3 Charging Energy Hub zonder BESS de vermogensvraag 19% beter afgestemd is op lokale opwek dan bij niveau 2. Dit zorgt er ook voor dat de totale energievraag tussen 17:00 en 23:00 uur met 23% afneemt. Wanneer een BESS wordt toegevoegd kan echter nog beter gekoppeld worden. De vermogensvraag is dan 55% beter afgestemd op lokale opwek en de energievraag neemt tussen 17:00 en 23:00 uur met 57% af ten opzichte van niveau 2. Hieruit kan worden geconcludeerd dat een CEH van niveau 3 aanzienlijk meer potentie heeft voor flexibiliteit dan een CEH van niveau 2. De elektriciteitspiek neemt bij niveau drie meer dan twee keer zoveel af ten opzichte van niveau twee.

Om te kunnen duiden hoe sturing op basis van lokale opwek kan verschillen met andere vormen van sturing, is ook sturing op basis van EPEX-prijs gesimuleerd. In Figuur 4 is te zien dat deze sturing zorgt voor een ander profiel. Wanneer de elektriciteitsvraag hoog is, namelijk in de ochtend en de avond, wordt het laden opgevangen door de batterij. Deze wordt bijgeladen wanneer de stroomprijs het laagst is. Daarnaast wordt de vermogensvraag van zoveel mogelijk verplaatst naar goedkopere uren, wat vooral terug te zien is als een hogere vermogenspiek in de nacht.

Gedetailleerdere uitleg van de gebruikte methodes in dit hoofdstuk staat in de bijlage.



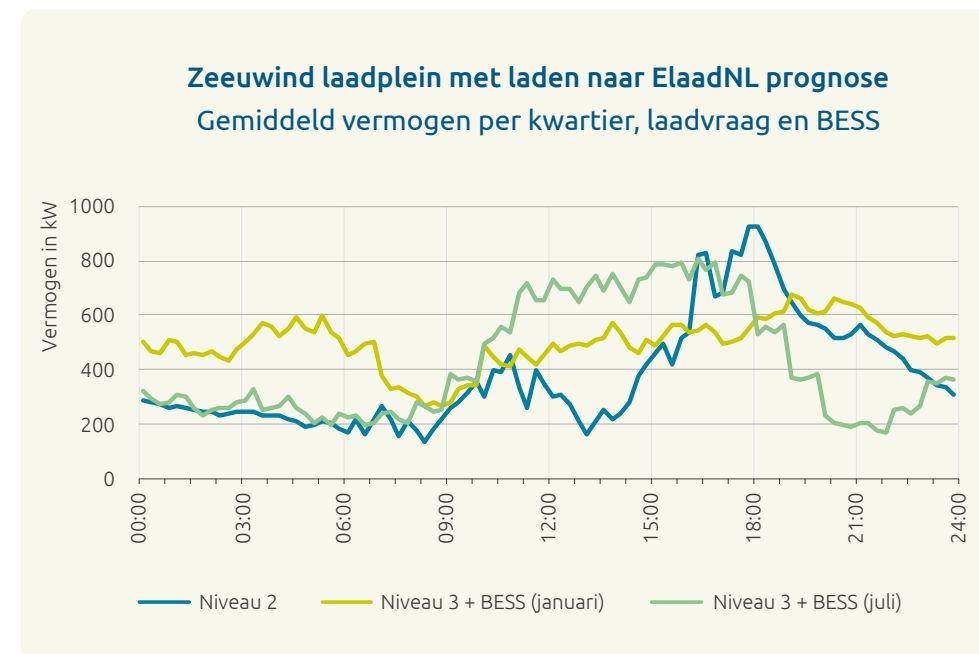
Figuur 4: Het gemiddelde vermogen per kwartier voor een Charging Energy Hub wanneer we sturing op basis van opwek of prijs met elkaar vergelijken.

4.4

Casus: Zeeuwind laadplein

Op dit moment zijn er al Charging Energy Hubs waar het laden van verschillende modaliteiten plaatsvindt en de koppeling met lokale opwek wordt gemaakt. Om de hiervoor besproken resultaten te vergelijken met een locatie in ontwikkeling kijken we naar een laadplein van Zeeuwind. Zeeuwind is een energiecoöperatie uit Zeeland met verschillende wind- en zonneparken. Op dit moment ontwikkelt Zeeuwind op één van deze locaties een laadplein. Op dit beoogde laadplein zal naar verwachting voor 3 GWh per jaar worden geladen door trucks en bouw materieel. Daarnaast wordt er op de aansluiting jaarlijks 8,5 GWh opgewekt door windturbines (89%) en zonnepanelen (11%). Een 4 MWh (1 MW=0,25c) BESS wordt ingezet om de geproduceerde elektriciteit lokaal beter te benutten. Aangezien meerdere modaliteiten samen laden op dit laadplein en er gekoppeld wordt aan lokale opwek spreken we hier van een niveau 3 Charging Energy Hub met een BESS. Voor de modellering is hetzelfde model gebruikt. De lokale opwek wordt meegenomen achter de aansluiting zoals dat bij dit laadplein ook het geval is. Daarnaast maximaliseert het model nu lokaal gebruik van opwek en dus wordt afname van het net geminimaliseerd. Aangezien nog steeds elektriciteit wordt afgenomen van het net is ook hier de elektriciteitsprijs in de optimalisatie meegenomen.

In Figuur 5 zijn de gemiddelde vermogens van het laadplein per kwartier van de dag te zien. Om de vergelijking te maken met de analyses uit Paragraaf 4.3 kijken we naar het laadvermogen en vermogen van het BESS. Het profiel in juli is vergelijkbaar met het profiel voor juli uit de analyse in Paragraaf 4.3. In de middag wordt het BESS geladen en in de avond wordt deze gebruikt om de laadvraag op te vangen wanneer de elektriciteitsprijs hoog is. In juli is opwek 's nachts schaars, dus wordt er vooral overdag de BESS geladen. Grotere verschillen zijn te zien in januari, omdat bij dit Charging Energy Hub opwek door wind dominant is. Er wordt veel meer 's nachts geladen omdat het in januari vaak in de nacht waait. Over het hele jaar zorgt de optimalisatie over het gebruik van lokale opwek voor 58% minder elektriciteit afgenomen van het net. Hieruit kunnen we concluderen dat de koppeling van het laadplein met lokale opwek zorgt voor een sterke afname in netimpact en sterke toename in benutting van lokaal opgewekte elektriciteit.



Figuur 5: Vermogensprofiel van laden en BESS van het Zeeuwind laadplein.

5. Punten van aandacht

In dit hoofdstuk wordt een aantal punten van aandacht gepresenteerd op basis van de ontwikkelingen in de markt, de locatie-analyse en de analyse van de profielen uit de vorige hoofdstukken.

De verdere ontwikkeling en opschaling van Charging Energy Hubs vraagt om een aantal aandachtspunten voor netbeheerders, lokale overheden, ontwikkelaars van energiemanagementsystemen (EMS) en logistieke vervoerders. Deze punten vloeien voort uit de analyses van marktontwikkelingen, technische mogelijkheden, juridische aspecten en praktijkervaringen zoals beschreven in dit rapport.

5.1 Toekomstgerichte benadering van belang bij dimensioneren en bepalen effectiviteit

Een eerste aandachtspunt is dat slimme sturing van laadprocessen alleen effectief kan zijn wanneer toekomstige laad- en energievraag expliciet wordt meegenomen in het ontwerp van de hub. De laadvraag van logistiek en bouwmaterieel groeit richting 2030 aanzienlijk, en de dagelijkse en seizoensgebonden patronen veranderen mee. Daarom is het noodzakelijk om laadprofielen niet te baseren op de huidige situatie, maar op verwachte ontwikkelingen. De resultaten in dit rapport laten zien dat gerichte sturing de vermogensvraag aanzienlijk kan verplaatsen naar momenten met meer lokale opwek, waardoor de piekbelasting op het net vermindert. Dit vraagt om vroegtijdige modellering van laadcurves en intensieve uitwisseling van data tussen betrokken partijen, zodat sturing tijdig en betrouwbaar kan worden ingericht.

5.2 Flexibiliteit van laden en dimensionering van stationaire opslag

De flexibiliteit van de voertuigen die op de hub laden is een cruciale factor bij het bepalen van de benodigde capaciteit voor stationaire opslag. Hoe meer flexibiliteit er beschikbaar is, bijvoorbeeld door langere laadvensters of beter voorspelbare ritpatronen, des te effectiever kan een batterij worden ingezet. Uit de analyses blijkt dat wanneer opslag op een geschikte manier wordt toegepast, de koppeling met lokale opwek aanzienlijk verbetert en vermogenspieken in het elektriciteitsnet sterk kunnen worden verminderd. Het gebruik van een batterijsysteem is daarbij essentieel om deze koppeling effectief te kunnen maken. Het is van groot belang dat logistieke partijen en ontwikkelaars van energiemanagementsystemen samen inzicht verkrijgen in de mate van flexibiliteit binnen de dagelijkse operatie. Dit inzicht vormt de basis voor het ontwerp en de dimensionering van de batterijopslag en de bijbehorende sturingslogica.

5.3 Standaardisatie essentieel voor opschaling

Een derde aandachtspunt is de noodzaak tot standaardisatie. In de huidige praktijk zijn energiehub vaak uniek ontworpen configuraties waarin verschillende hardware en softwaresystemen samenkomen. Dat maakt het inregelen van datastromen en slimme sturing ingewikkeld en kostbaar. Voor grootschalige uitrol is het daarom essentieel om standaarden te ontwikkelen voor de systeemarchitectuur, dataprotocolen, communicatie tussen EMS, laadinfrastructuur, stationaire opslag en duurzame opwek, en voor uniforme procedures rondom data-uitwisseling en monitoring. Door standaardisatie kan de doorlooptijd van projecten worden verkort, en wordt het eenvoudiger om ervaring en best practices tussen hubs te delen.

5.4 Impact elektriciteitsnetwerk sterk afhankelijk van doel en lokale context

Tot slot is het van belang dat de gekozen vorm van sturing altijd wordt afgestemd op het lokale doel en de lokale context. Een hub kan sturen op basis van lokale opwek, elektriciteitsprijzen, netbelasting of een combinatie daarvan. De optimale strategie verschilt sterk per locatie door verschillen in beschikbaarheid van zon en windenergie, variatie in logistieke activiteit en ambities van de betrokken partijen. De casus van het Zeeuwind-laadplein laat zien dat windrijke locaties tot andere laadprofielen en inzet van opslag leiden dan locaties waar zon dominant is. Dit benadrukt dat, ondanks de noodzaak tot standaardisatie, de uiteindelijke sturingsstrategie maatwerk blijft. Het zorgvuldig afstemmen van doelstellingen, zoals kostenreductie, netimpact minimalisatie of maximale benutting van duurzame bronnen, vormt daarmee een cruciale stap in de inrichting van elke Charging Energy Hub.

5.5 Potentie groot voor Charging Energy Hubs op bedrijventerreinen

Dit rapport geeft inzicht over locaties die kansrijk zijn voor het ontwikkelen van Charging Energy Hubs. Er zijn rond de 500 locaties geïdentificeerd die kansrijk zijn voor de ontwikkeling van Charging Energy Hubs. Deze zijn vooral te vinden op bedrijventerreinen in de buurt van middelgrote en grote steden. Op deze locaties komt de laadvraag van zwaar materieel en lokale duurzame opwek geografisch bij elkaar. Daarnaast heeft de analyse van laadprofielen laten zien dat het afstemmen van de laadvraag en duurzame opwek in de tijd daarbij duidelijke voordelen oplevert. In vergelijking met ongecontroleerd laden kan de afstemming tussen laadvraag en lokale opwek aanzienlijk verbeteren, een 55% betere afstemming. Daarbij nemen pieken in de avonduren substantieel af, 57% van de vraag verschuift uit de piekuren. Dit wijst erop dat Charging Energy Hubs kunnen bijdragen aan een meer net-neutrale inzet van laadinfrastructuur.



Bronnenlijst

Bron	Informatie/titel publicatie
Berenschot & APPM (2023)	<i>Energiehubs: landelijke verkenning naar potentieel en ontwikkelpaden.</i> Topsector Energie/RVO
Netbeheer Nederland (2023)	<i>Visie op energiehubs en netcongestie</i>
ACM (2023)	<i>Transporttarieven elektriciteit en de rol van piekvermogen.</i> Autoriteit Consument & Markt
PBL (2023)	<i>Klimaat- en Energieverkenning 2023.</i> Planbureau voor de Leefomgeving
RVO (2023)	<i>Handreiking energiehubs: stappenplan en praktijkervaringen.</i> Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
TNO (2022)	<i>Effecten van flexibiliteit en opslag op CO₂-reductie in de elektriciteitssector</i>
Netbeheer Nederland (2025)	<i>Slimme keuzes voor een betaalbaar en robuust energiesysteem</i>
ElaadNL (2025)	<i>Outlook Logistiek, Elektrisch geladen</i>
ElaadNL (2024)	<i>Outlook Bouw, Bouwen & laden</i>
NED	<i>Gemiddelde vermogen duurzame opwek 2024, Nationaal Energie Dashboard: Samen slimmer met energie</i>
ENTSO-E	<i>EPEX day-ahead elektriciteitsprijzen 2024, ENTSO-E Transparency Platform</i>

Bijlage 1: Laadprofielenanalyse

Opwekprofiel

Om lokale opwek te simuleren is voor de analyse een genormaliseerd opwekprofiel samengesteld uit opwekprofielen voor zon en wind op land. Dit profiel geeft een gemiddeld beeld voor opwek in Nederland. Er is gekozen voor een genormaliseerd profiel, omdat de hoeveelheid beschikbaar vermogen uit lokale opwek erg kan verschillen tussen locaties. Een genormaliseerd profiel staat toe om het laadmodel de energievraag te verplaatsen naar de momenten waar de meeste opwek is.

De gebruikte historische opwekdata van 2024 voor zon en wind op land zijn afkomstig uit het Nationaal Energie Dashboard. Uit analyse van opwektotaal in Nederland en daarnaast gerealiseerde SDE-subsidieprojecten van zon- en wind, is bepaald dat zonopwek 65% en windopwek 35% van het vermogen leveren. Het totale opwekprofiel is dus opgebouwd door eerst beide opwekprofielen te normaliseren, het zonprofiel te vermenigvuldigen met 65% en het windprofiel met 35%, waarna deze bij elkaar zijn opgeteld.

In het opwekprofiel kunnen momenten voorkomen waar over een langere periode de verschillen in opwek klein erg klein zijn. Om te voorkomen dat het model optimaliseert op basis van deze verwaarloosbare pieken, is de elektriciteitsprijs meegenomen. Hier zijn elektriciteitsprijzen (EPEX) uit 2024 gebruikt. Het uiteindelijke profiel waarover wordt geoptimaliseerd bestaat voor twee derde uit het opwekprofiel en een derde uit het prijsprofiel. Hierdoor wordt primair gestuurd op basis van opwek, maar zullen momenten met hoge energievraag op het landelijke net alsnog vermeden worden.

Optimalisatiemodel

Het laadplein is gemodelleerd door middel van een lineair programma. De optimalisatie wordt gedaan over het opwekprofiel uit het vorige onderdeel, de zogenaamde kostenfunctie. Deze functie bepaalt per tijdstip hoeveel het “kost” om vermogen af te

nemen van het net. Binnen de start- en stoptijden van elke laadsessie heeft het model de vrijheid om per kwartier het geladen vermogen optimaal in te delen zodat de kosten zijn geminimaliseerd, onder de voorwaarde dat aan het einde van de laadsessie de batterij is volgeladen. De stationaire opslag kan daarnaast ingezet worden om de vermogensvraag van het laden te verplaatsen. De uitkomst van het model is dan een vermogensprofiel waar de vermogensvraag zoveel mogelijk plaatsvindt op momenten met veel opwek.

Om het model realistischer te maken is batterijefficiëntie voor de stationaire opslag meegenomen. Bij het laden en ontladen wordt rekening gehouden met 15% verlies (round-trip efficiency).

Resultaten

Om te bepalen hoe goed er gebruik wordt gemaakt van opwek kijken we per kwartier naar de vermenigvuldiging van het vermogen uit het laadprofiel (inclusief stationaire opslag) en de opwek uit het opwekprofiel. De hoger deze waarde, de meer opwek er was gedurende het laden. De opsomming van alle kwartierwaardes is dan een indicator voor het gebruik van opwek door het laden. Door deze opsomming te vergelijken tussen regulier laden en gestuurd laden kan percentueel aangegeven worden hoeveel beter de sturing het laden aan laat sluiten op opwek.

Aanpassingen model voor casus

Aangezien voor de casus het opwekprofiel in vermogen bekend is, is de modellering aangepast. In plaats van een genormaliseerd opwekprofiel dat bepaalt wanneer het gunstig is om te laden, is het profiel met de hoeveelheid opwek als vermogen achter de meter zijnde meegenomen. De kostenfunctie is aangepast zodat wordt geoptimaliseerd op lokaal gebruik van opwek, met een additioneel component van elektriciteitsprijs om eventuele afname van het net te laten gebeuren op goedkope momenten. Concreet betekent dit dat de kosten voor netbelasting op elk tijdstip gelijk zijn aan de absolute waarde van de belasting plus de prijs van elektriciteitsgebruik. Door te optimaliseren over de absolute waarde van belasting wordt net neutraliteit gestimuleerd en dus het lokaal gebruik van opwek.

Januari 2026

The ElaadNL logo is a blue circle containing the text 'Elaadnl' in white, with a yellow lightning bolt graphic under the 'nl'.

Elaadnl

Colofon

ElaadNL team Marktontwikkeling:

Thomas Bos, Rutger de Croon, Gijsbert van der Geer,
Jeroen Janssen en Nazir Refa & Tim van 't Wel

Met dank aan:

- Bedrijventerrein Lage weide
- Haskoning
- Maxem
- Scholt Energy
- Topsector Energie
- Zeeuwind
- Eindhoven University of Technology
- Liander
- NGF Charging Energy Hubs
- Stratelligence
- TNO