

De impact van satellietlaadpalen

Onderzoek in opdracht van Laadwerk
Rapport TNO-2026-16094, versie 2

Hanna van Sambeek, Linda van der Schaaf-Punt, Omar Usmani



Inhoud



1. Onderzoek: aanleiding en opzet
2. Resultaten interviews (kwalitatief onderzoek)
3. Resultaten simulatie (kwantitatief onderzoek)
4. Conclusies

Bijlagen:

- Methodologie
- Extra grafieken

Aanleiding

- Met de invoering van het nieuwe prioriteringskader van de Autoriteit Consument en Markt (ACM) per januari 2026 dreigt vanaf 1 juli 2026 een stop op nieuwe aansluitingen voor publieke laadpalen in gebieden met netcongestie.
- Toenemende netcongestie leidt tot knelpunten op het elektriciteitsnet. Om te voorkomen dat de elektriciteitsnetten op piekmomenten uitvallen en beschadigd raken is er door de netbeheerders een wachtrij ingesteld. Tot 1 januari 2026 gold dit alleen voor grootverbruik, maar na een overgangperiode geldt dit vanaf 1 juli 2026 ook voor kleinverbruik aansluitingen.
- Dit raakt huishoudens, kleine bedrijven en maatschappelijke voorzieningen, en belemmert verduurzaming, woningbouw en elektrisch vervoer.
- Dit onderzoek verkent of aansluiting van satellietlaadpalen op bestaande aansluitingen een noodoplossing kan zijn wanneer nieuwe aansluitingen niet mogelijk zijn.
- Doel van het onderzoek is het bieden van inzichten en beslisinformatie voor bestuurders, beleidsmakers, netbeheerders en marktpartijen bij de afweging of en onder welke voorwaarden satellietlaadpalen wenselijk en haalbaar zijn.



Wat is een satellietlaadpaal?

- Een satellietlaadpaal is een extra laadpaal die wordt aangesloten op de bestaande netaansluiting van een reguliere laadpaal in plaats van op een nieuwe eigen netaansluiting.
- Met een satellietlaadpaal kunnen meer auto's tegelijkertijd laden zonder extra netaansluiting.
- Net als bij een reguliere laadpaal wordt het beschikbare vermogen verdeeld over gelijktijdig ladende voertuigen. Bij een satellietopstelling wordt dit vermogen verdeeld over maximaal vier laadpunten. Daardoor is, bij gelijke verdeling van het vermogen, de laadsnelheid per voertuig bij meer dan twee gelijktijdig ladende auto's lager dan de minimale laadsnelheid bij een reguliere laadpaal.
- Dit onderzoek richt zich uitsluitend op publieke laadpalen op 3x25A aansluitingen.



Onderzoeksvraag

Wat is de impact van het realiseren van satellietlaadpalen (een extra laadpaal, verbonden aan een bestaande **publieke** laadpaal met een 3x25A aansluiting) op:

- EV-rijders
- de kosten van elektrisch rijden
- regionale netbeheerders
- Laadpaalexploitanten (CPO's)
- de businesscase van laadpaalexploitanten, en
- de bijdrage aan klimaatdoelen



Aanpak

De hoofdvraag wordt beantwoord via een gecombineerde onderzoeksaanpak:

- **Kwalitatief onderzoek**

Verdiepend onderzoek onder relevante stakeholders om inzichten, ervaringen en randvoorwaarden te identificeren.

- **Kwantitatieve analyse**

Modelleren van de impact van satellietlaadpalen ten opzichte van de bestaande situatie zonder extra laadpaal op het niveau van een aansluiting.



Opzet kwalitatief onderzoek

Er zijn **verdiepende gesprekken** (60-75 min) uitgevoerd met relevante stakeholders om perspectieven en aandachtspunten op te halen.

- **Brancheorganisatie:** VER – Vereniging Elektrische Rijders
- **Netbeheerders*:** Alliander, Stedin
- **Concessieverlener:** Laadwerk
- **Laadpaalexploitanten (CPO's)*:** ubitricity, TotalEnergies, Vattenfall
- **Gemeente:** Almere

* Actief in de Laadwerk regio (Noord-Holland, Utrecht en Flevoland)

Conclusies VER – Vereniging Elektrische Rijders

Ervaringen EV-rijder

- Bij een groot deel van de sessies (nachtsessies, wat circa 70% van de sessies zijn) ervaren EV-rijders **geen hinder van een lager laadvermogen**. Gebruikers merken echter wel wanneer er langzamer wordt geladen.
- **Onvoorspelbaarheid in laadsnelheid** en **gebrek aan transparantie** leiden tot verwarring en soms klachten bij gebruikers.
- **Negatieve berichtgeving en onzekerheid** over laadsnelheid en beschikbaarheid van voldoende laadpalen dragen mogelijk bij aan de keuze om **niet over te stappen naar elektrisch rijden**.

Communicatie en acceptatie

- **Transparante informatievoorziening** is essentieel om de voorspelbaarheid van de laadmogelijkheden te verbeteren.
- Er is onder EV-rijders **begrip voor netbewust laden en lagere laadsnelheden**, mits dit **duidelijk wordt gecommuniceerd** en er sprake is van **keuzevrijheid**.
- Er is behoefte aan keuzemogelijkheden, zoals prioritering of **afmeldmogelijkheid** bij laadsnelheidsbeperkingen.
- **Tijdstarieven (kosten per uur)** in combinatie met lage laadsnelheden worden als onwenselijk ervaren.*

* Dit punt is niet van toepassing op de huidige Laadwerk consessies, waar dit niet het geval is.

Conclusies netbeheerders

Impact netcongestie

- Het elektriciteitsnet is niet ontworpen voor **een hoog gelijktijdig gebruik** van alle aangesloten vermogens.
- Het plaatsen van satellietlaadpalen op bestaande aansluitingen **vergroten bij ongewijzigd laadgedrag de gelijktijdige belasting**. Dit leidt tot **sneller optredende capaciteitsproblemen** en **langere wachttijden** voor nieuwe aansluitingen.
- Hogere piekbelastingen zorgen ervoor dat in gebieden met netcongestie **de beschikbare ruimte voor nieuwe aansluitingen langer schaars blijft**, waardoor nieuwe aanvragen in de **wachtrij** terechtkomen en aansluitingen via het **maatschappelijk prioriteringskader** worden vergeven. Als satellietlaadpalen de piekbelasting verhogen heeft dit mogelijke gevolgen voor **woningbouw en andere maatschappelijke prioriteiten**.

Netbewust laden

- Binnen de huidige afspraken* kunnen laadpalen worden ingezet voor netbewust laden. Hierbij wordt het vermogen op aangeven van de netbeheerder teruggestuurd naar **8 kW per laadpaal (4 kW per laadpunt) tijdens piekuren**, waarbij **pooling**** over meerdere laadpalen is toegestaan. Volgens analyse van de netbeheerders heeft deze configuratie echter **nauwelijks piekdempend effect**.
- Een verdere sturing tot **per laadpaal tijdens piekmomenten** is volgens netbeheerders nodig om pieken te reduceren.
- Laadpalen kunnen positief bijdragen aan het verminderen van netcongestie wanneer zij actief flexibiliteit terugleveren, bijvoorbeeld via vehicle-to-grid (V2G). Satellietlaadpalen kunnen netneutraal worden ingepast door niet te laden tijdens piekmomenten, en juist **buiten deze momenten de beschikbare ruimte op het net benutten**.

* Handreiking Netbewust Laden, NAL, nov 2023, [link](#)

** het gemiddelde vermogen van meerdere laadpalen wordt gestuurd op 8 kW.

Conclusies netbeheerders (vervolg)

Administratie en monitoring

- Netbeheerders hebben **geen zicht op het aantal en de locatie van satellietlaadpalen** achter bestaande aansluitingen. Dit brengt risico's met zich mee voor **netanalyses, capaciteitsinschattingen en investeringsplannen**.
- Bij grootschalige toepassing van satellietlaadpalen is er behoefte aan **betrouwbare voorspellingen** van het aantal satelliet-palen, zodat netbeheerders tijdig hun **capaciteitsuitbreiding, investeringen en operationele inzet** kunnen plannen.
- Het **ontbreken van klant- en objectadministratie** voor satellietlaadpalen bemoeilijkt structureel het **beheer, toezicht, en de monitoring**.

Veiligheid en operationele impact

- Veiligheid is een aandachtspunt door de aanleg van **extra ondergrondse kabels**. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt bij **laadpaalexploitanten en gemeenten**.
- Operationele impact voor de netbeheerders: Zolang de satellietopstelling gerealiseerd wordt achter de hoofdschakelaar van de primaire laadpaal is er geen extra inzet nodig van de netbeheerder. Er zijn eisen waar een laadpaal aan moet voldoen om een satellietopstelling te realiseren, deze zijn opgenomen in de Aansluitspecificaties Laadobjecten 3x25A - 3x80A van ElaadNL. Indien de primaire laadpaal wordt vervangen is er extra inzet nodig vanuit de Netbeheerders. De werkzaamheden bestaan dan uit buiten de laadpaal de aansluitkabel verwijderen en deze weer aansluiten op de nieuw te plaatsen laadpaal.*
- Op het moment van publicatie is ElaadNL bezig met het schrijven van een kaderdocument voor de toepassing en veiligheidseisen, conform de Aansluitspecificaties Laadobjecten 3x25A - 3x80A, voor satellietopstellingen voor publieke laadpalen.

* De beschrijving van de operationele impact is aangepast vergeleken met versie 1 van het rapport, op basis van voortschrijdend inzicht.

Conclusies concessieverlener

Een concessieverlener is de partij die van één of meerdere gemeenten het recht én de verantwoordelijkheid krijgt om publieke laadpalen te realiseren en te beheren. **Laadwerk** is de concessieverlener voor de meeste gemeenten in de regio Noord-Holland, Utrecht en Flevoland. De gemeenten Amsterdam en Utrecht organiseren hun eigen concessies.

Laadwerk, de aangesloten gemeenten en provincies willen een dekkend en **toekomstbestendig netwerk** van openbare oplaadobjecten opbouwen. De concessieverlener gaat een overeenkomst aan met één of meerdere concessiehouders (laadpaalexploitanten) die voor meerdere jaren het laadnetwerk realiseren, beheren en exploiteren.

Satellietlaadpalen

- Door **netcongestie** en een integrale **wachtrij**, waarbij ook kleinverbruikaansluitingen (zoals laadpalen) in de wachtrij komen, wordt er gewerkt aan een **alternatieve transportovereenkomst waarmee ook publieke laadpalen kunnen worden geplaatst**.
- Wanneer dit **niet tijdig** tot stand kan komen, is het plaatsen van satellietlaadpalen een **alternatief om het laadnetwerk uit te breiden**.
- In **lopende en toekomstige concessies** is het plaatsen van satellietlaadpalen **een mogelijkheid**.
- Recent geplaatste laadpalen zijn vaker ‘Satellite ready’ en **geschikt** voor het realiseren van satellietlaadpalen **zonder tussenkomst van de netbeheerder**.
- In de **nieuwste beheerconcessie** worden oudere, bestaande laadpalen overgedragen aan een nieuwe laadpaalexploitant, en vanwege verschillende ontwikkelingen **vervangen voor nieuwe laadpalen**. De nieuwe palen zijn steeds vaker geschikt voor een (toekomstige) satellietopstelling.

Conclusies concessieverlener (vervolg)

Netbewust laden

- De **Handreiking Netbewust Laden*** geeft de eisen en uitgangspunten voor het implementeren van netbewust laden en laadzekerheid.
- Overdag (8-17u) is er voor de laadzekerheid per laadpunt een minimale levering van 30 kWh per 6 uur (voor EV's die 3-fase laden). In de avond en nacht is er geen sprake van een minimale levering, om optimaal laden op het aanbod van duurzame energie mogelijk te maken. De laadpaalexploitant (CPO) belooft de gebruiker voor het slim laden.
- Op aangeven van de netbeheerder wordt de laadsnelheid verlaagd naar 8 kW per laadpaal met een 3x25A aansluiting, oftewel **4 kW per laadpunt**.
- In het Laadwerk-gebied is een **aangescherpte variant van netbewust laden getest** waarbij tussen 16:00 en 21:00 het vermogen wordt verlaagd naar **2 kW per laadpunt** op aangeven van de netbeheerder.

Laadzekerheid en netbewust laden op satellietlaadpalen

- Ook bij satellietlaadpalen is een **positieve laadervaring belangrijk**, waarbij het **garanderen van laadzekerheid** ondanks een mogelijk lagere laadsnelheid wenselijk is.
- **Netbewust laden bij satellietpalen** is in de nieuwe beheerconcessie **niet standaard vereist** als gevolg van de uitgangspunten voor laadzekerheid in de handreiking Netbewust Laden*.
- Wanneer het wenselijk is om tijdens **de pieken** ook bij satellietpalen naar **een lager vermogen** te gaan, moeten er **congestiemanagement afspraken tussen de netbeheerder en laadpaalexploitant** worden gemaakt via een capaciteitssturend contract.

* Handreiking Netbewust Laden, NAL, nov 2023, [link](#)

Conclusies laadpaalexploitanten

Impact businesscase

- De businesscase voor satellietlaadpalen is **minder aantrekkelijk** dan die voor reguliere laadpalen. Dit komt door **extra installatiekosten, vergunningen, en een complexer installatieproces**.
- Tegelijkertijd geldt dat een satellietlaadpaal **de voorkeur heeft boven het ontbreken van een additionele reguliere laadpaal**. Zodra plaatsing mogelijk is, heeft een additionele reguliere laadpaal echter duidelijk de voorkeur.

Technische uitvoerbaarheid

- Niet elke bestaande laadpaal is geschikt om als **master-laadpaal** te fungeren. Afhankelijk van de aanwezige bekabeling en de fabrikant kunnen **aanpassingen of vervanging** noodzakelijk zijn voordat gebruik als master-laadpaal mogelijk wordt.
- De **installatie** van satellietlaadpalen kan in theorie **sneller verlopen** dan reguliere plaatsing, omdat men niet afhankelijk is van de netbeheerder voor de aansluiting. In de praktijk wordt deze tijdswinst echter **niet altijd gerealiseerd** (dit is de ervaring van zowel laadpaalexploitanten als de gemeente).
- Operationeel zijn er **geen grote extra onderhoudsrisico's** voor satellietlaadpalen, maar het afwijken van standaardprocessen vergroot de kans op fouten bij plaatsing. Daarnaast kan de **storingsgevoeligheid toenemen** door extra componenten en verbindingen.

Conclusies laadpaalexploitanten (vervolg)

Slim laden & netbewust laden

- Slim laden is technisch **complexer bij master-satellietopstellingen**, omdat load balancing en externe sturing, zoals bijvoorbeeld slim laden, elkaar kunnen tegenwerken. Tegelijkertijd is slim laden **vaak een vereiste binnen concessies**.
- Bij het huidige **beperkte aantal satellietlaadpalen** is investeren in slimme aansturing (van het laadproces) doorgaans **niet rendabel**. Dit kan veranderen bij **grootschalige uitrol van satellietlaadpalen**.

Klantervaring

- Voor e-rijders is er momenteel **weinig verschil in laadsnelheid of gebruikerservaring** tussen reguliere en satellietlaadpalen. Dit is gebaseerd op ervaringen in de gemeente Almere en bij laadpaalexploitanten met bestaande satellietlaadpalen.

Aanvullende aandachtspunten (van toepassing op aansluitingen groter dan 3x25A *)

- **Transparantie over de capaciteit van aansluitingen** is belangrijk, omdat dit direct invloed heeft op de **waarde en verhandelbaarheid** van de laadpaal.
- De **businesscase voor de overname van satellietlaadpalen** is met name minder gunstig in situaties met **zwaardere aansluitingen**, vanwege de bijbehorende **hoge vaste kosten**.

*Voor dit onderzoek richten we ons op 3x25A aansluitingen. Er zijn bestaande satellietlaadpalen op grotere aansluitingen.

Conclusies Gemeente Almere

Huidige ervaring

- Satellietlaadpalen worden vooral toegepast om **werkzaamheden in de openbare ruimte te beperken, sneller te kunnen plaatsen** en het **net efficiënter te benutten**.
- In de praktijk blijkt het plaatsingsproces **soms traag** door afhankelijkheid van externe aannemers. In sommige gevallen liet het aansluiten van een satellietlaadpaal tot een jaar op zich wachten.
- Binnen de huidige concessie zijn satellietlaadpalen **niet langer toegestaan**. Hierdoor krijgt elke nieuwe laadpaal een **eigen netaansluiting**, wat leidt tot **inefficiëntie en coördinatieproblemen** bij het aanleggen van laadpleinen.
- **Afspraken in contracten en concessies** belemmeren het plaatsen van satellietlaadpalen binnen en overname tussen concessies.

Impact netcongestie

- Satellietlaadpalen worden gezien als een manier om laadinfrastructuur te kunnen realiseren in geval van een wachtrij of plaatsingsstop.
- In gebieden met **zware netcongestie** kan het ontbreken van **netbewust laden** bij satellietlaadpalen een probleem vormen, met name op **wijk- of transformatorniveau**.

Toekomst laadinfrastructuur

- Zonder alternatieven zoals satellietlaadpalen wordt verwacht dat de **uitbreiding van laadinfrastructuur stagneert** door aansluitbeperkingen en netcongestie.
- De meeste gemeenten zijn **onvoldoende voorbereid** om op korte termijn met satellietlaadpalen te werken. Hiervoor is **beleidsmatige en organisatorische ondersteuning** nodig.

Opzet kwantitatieve analyse

- We hebben een simulatiestudie uitgevoerd om de impact van satellietlaadpalen te vergelijken met een situatie zonder extra laadpaal (alleen de bestaande laadpaal) op een 3x25A aansluiting.
- In de simulatie zijn we uitgegaan van 3-fase auto's.
- We hebben de simulatie uitgevoerd op een selectie van bestaande Laadwerk laadpaallocaties, waar historische laadsessiegegevens beschikbaar zijn.
- Voor beide situaties hebben we per locatie de laadsessies op aansluitingsniveau gesimuleerd over een periode van één maand.
- We hebben 104 laadpaallocaties geselecteerd, gekozen uit een door Laadwerk aangeleverde dataset van drukbezette laadpalen.
- We hebben de simulatie uitgevoerd voor verschillende percentages EV-ingroei, die kunnen worden gekoppeld aan scenario's van Elaad (zie tabel).
- Daarnaast hebben we de volledige simulatie ook uitgevoerd voor een **aangescherpte variant van netbewust laden** waarbij tussen 16:00 en 21:00 het vermogen wordt teruggestuurd naar 2 kW op aangeven van de netbeheerder.

	2030 (toename t.o.v. 2025)
Laag	133%
Midden	180%
Hoog	236%

Elaad 2030 scenario's voor EV-ingroei

Voor meer details over de simulatie, selectie van locaties en EV-ingroei scenario's, zie de bijlagen.

KPI's voor verschillende EV-ingroei scenario's

- **Sessies zonder beschikbaar laadpunt**

Aantal laadsessies dat niet kan starten op deze locatie, omdat binnen 2 minuten na aankomst geen laadpunt beschikbaar komt, waarna de sessie moet uitwijken naar een andere locatie.

- **Afzet (kWh per locatie per maand)**

De totale hoeveelheid elektriciteit die op een locatie in een maand wordt geladen.

- **Bezettingsgraad**

Het gemiddelde bezettingspercentage van de laadpunten op een locatie, uitgesplitst naar dagdelen.

- **Flexibiliteit in laadsessies**

Het verschil tussen de connectietijd en hoelang er daadwerkelijk wordt geladen.

- **Geleverde laadvraag**

Het aandeel van laadsessies waarin aan minstens 80%, 90% of 100% van de laadbehoefte wordt voldaan, waarbij wordt aangenomen dat de laadbehoefte is afgeleid van de historisch geladen energie per sessie en alleen sessies met een beschikbaar laadpunt worden meegenomen.

KPI's uitgesplitst naar uur van de dag

Deze KPI's worden weergegeven per uur van de dag en voor het scenario van een verdubbeling van het aantal EV's ten opzichte van 2025 (100% EV-ingroei t.o.v. 2025).

De KPI's op locatieniveau zijn gebaseerd op het laadpaalvermogen bij een **enkele laadpaal** en op het gezamenlijke vermogen van laadpaal en satelliet bij een **satellietopstelling**.

- **Geleverd vermogen per uur**

Het gemiddeld geleverd vermogen per locatie per uur

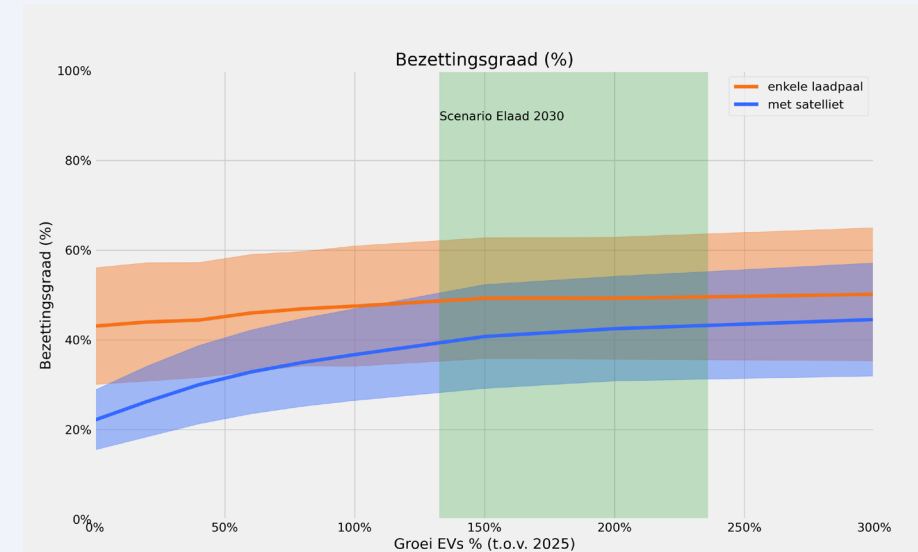
- **Flexibiliteit in laadsessies per aankomstuur**

Laat zien op welke momenten van de dag er ruimte is om laden te verschuiven.

Kwantitatieve analyse - resultaten

Onze inzichten worden ondersteund door de figuren die resultaten van de simulaties weergeven. Alle figuren hebben dezelfde opbouw:

- **Horizontale as** toont óf de ingroei van EVs (%) óf het uur van de dag (0-24)
- **Verticale as** geeft de waarde van de betreffende KPI (bijvoorbeeld bezettingsgraad, afzet of flexibiliteit)
- **Lijnen**
 - Oranje lijn: situatie met enkele laadpaal (referentiesituatie)
 - Blauwe lijn: situatie met satellietlaadpaal
- **Groene verticale band** geeft de bandbreedte van de Elaad 2030 scenario's
- Resultaten zijn gebaseerd op alle gesimuleerde laadpaallocaties
 - De **doorgetrokken lijn** toont het gemiddelde effect.
 - De **bandbreedte rondom de lijn** geeft één standaarddeviatie weer, wat betekent dat circa 68% van de laadpaallocaties binnen deze band valt.

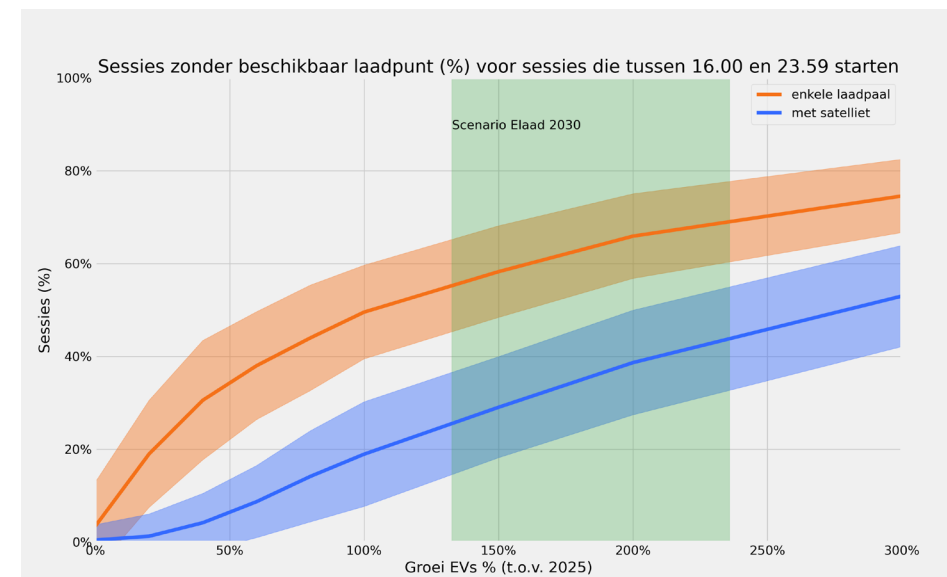
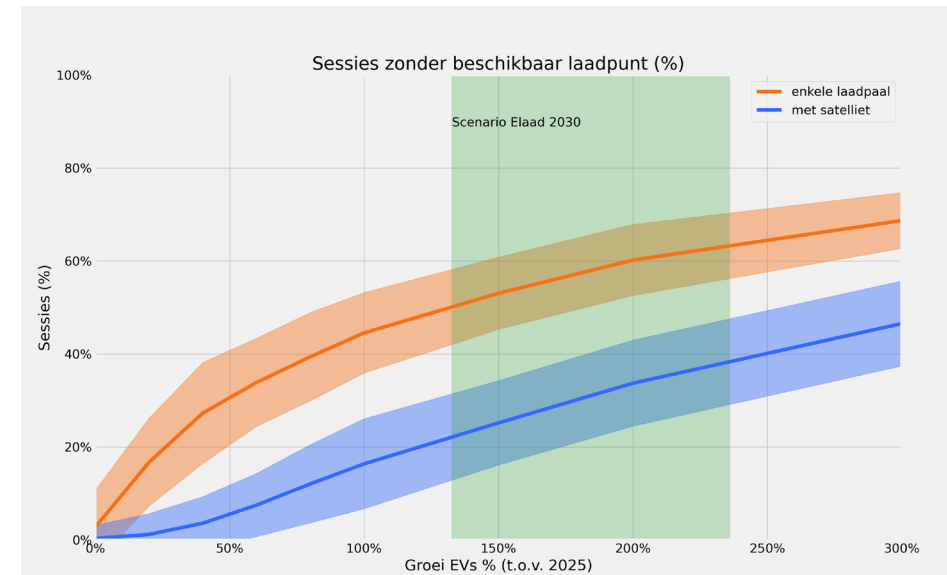


Voorbeeldfiguur

Sessies zonder beschikbaar laadpunt

De bezettingsgraad en afzet **vlakken af** doordat er voor een toenemend deel van de gewenste laadsessies **geen beschikbaar laadpunt is**.

- Methodologie: Wanneer een auto **binnen 2 minuten na aankomst** geen beschikbaar laadpunt vindt, **wijkt die uit naar een andere locatie**.
- In de situatie **zonder satelliet** neemt het aandeel sessies zonder beschikbaar laadpunt snel toe en bereikt **circa 60% in 2030**.
- Ook **met satelliet** stijgt het aandeel sessies zonder beschikbaar laadpunt: **aanvankelijk beperkt**, maar **sterk toenemend bij verdere EV-ingroei**.
- In de **avonduren** liggen de percentages nog hoger.
- Dit leidt tot **extra laaddruk op nabijgelegen locaties** – dit is niet meegenomen in deze analyse en kan verder onderzocht worden.
- **Geen verandering bij netbewust laden**.

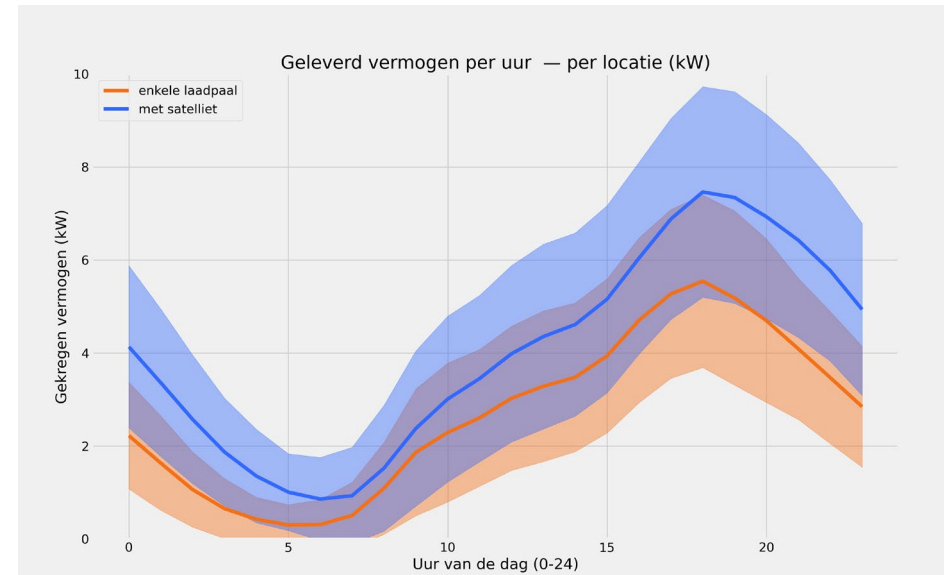


Geleverd vermogen

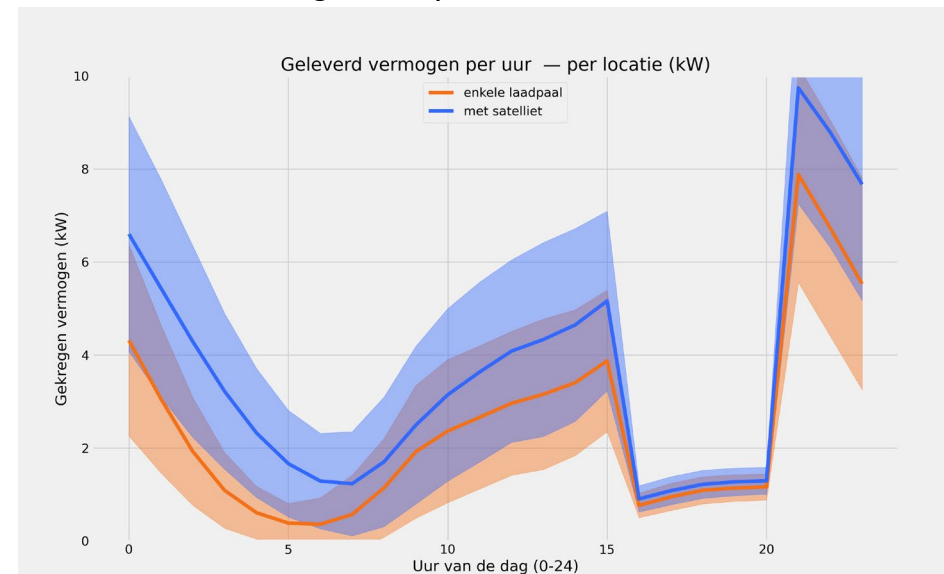
- Deze figuur toont het gemiddeld geleverde vermogen per uur per locatie (kW), zoals berekend in de simulatie op basis van de 104 geselecteerde, drukbezette laadpalen.
- Zonder aangescherpt netbewust laden ontstaat een duidelijke **vermogenspiek** tussen 16:00 en 21:00 uur, **die hoger ligt bij een satellietopstelling**.
- **Met aangescherpt netbewust laden** wordt deze avondpiek actief begrensd en verschuift het laadvermogen grotendeels naar de **nachten**.

Aangezien we het geleverd vermogen laten zien voor drukbezette laadpalen, is het niet volledig representatief voor het totale netwerk.

Zonder netbewust laden

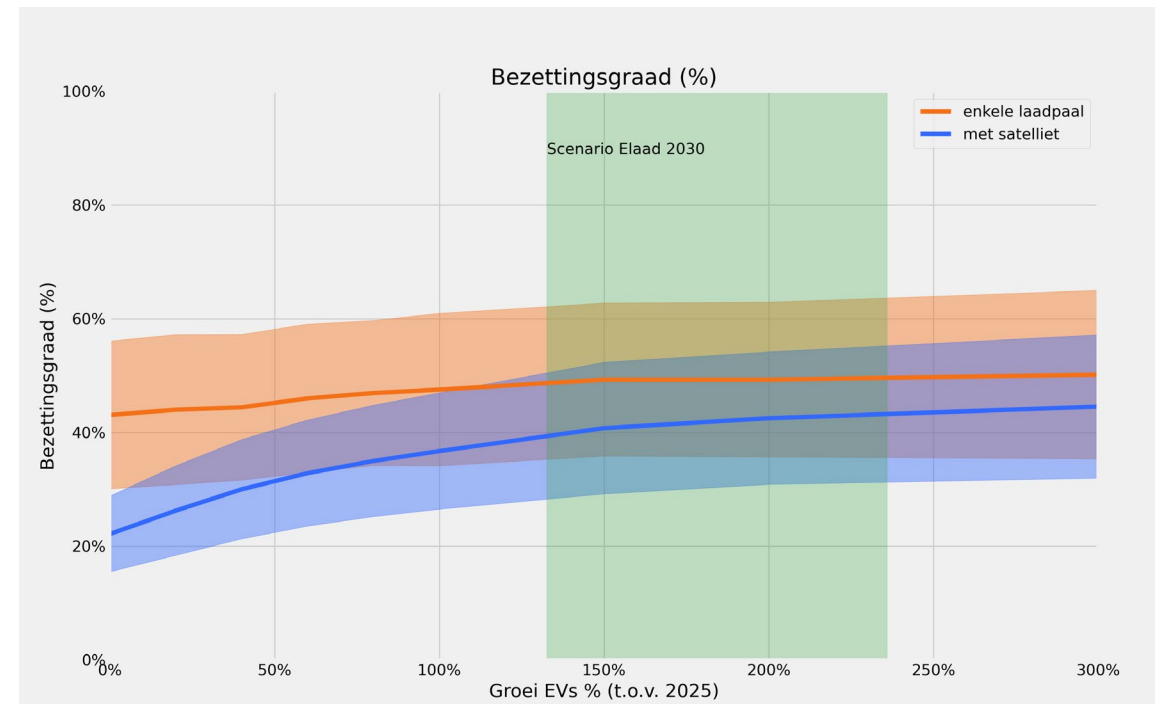


Aangescherpt netbewust laden



Bezettingsgraad

- Bij het **huidige EV-niveau (0% groei)** ligt de bezettingsgraad per laadpaal **lager** met satelliet.
- Bij **toenemende EV-ingroei** stijgt de bezetting met satelliet **snel**.
- Rond 100% groei is het verschil in bezettingsgraad niet meer statistisch significant.
- Op basis van de **Elaad scenario's** wordt de bezettingsgraad **circa 40% in 2030** bij laadpalen met satelliet.
- **Geen verschil in bezettingsgraad bij aangescherpt netbewust laden**, omdat in beide gevallen dezelfde laadsessies worden meegenomen.

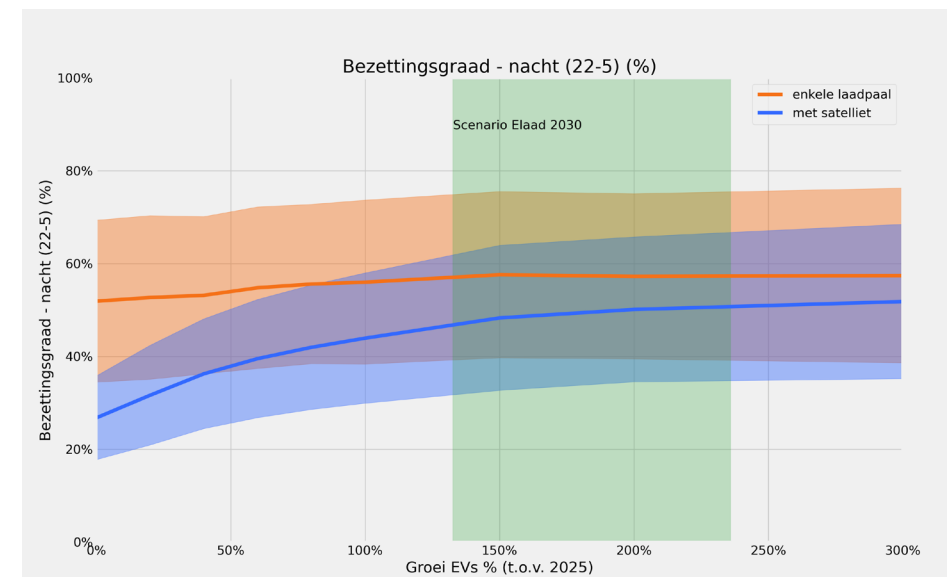
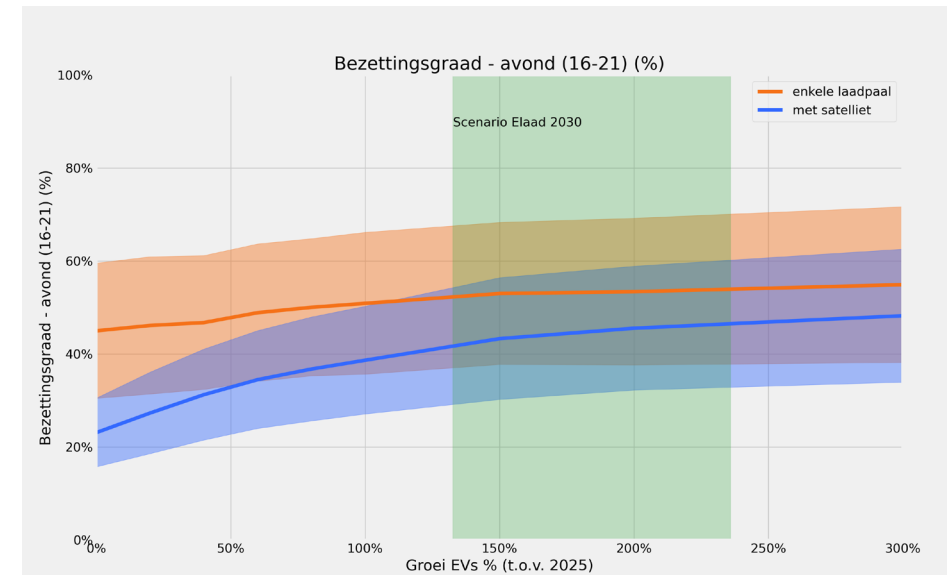


De afvlakking van de bezettingsgraad weerspiegelt een gedragsmatige bovengrens: door dagelijkse vervoerspatronen (werk, thuis, nacht) neemt het aantal gelijktijdige aankomsten per locatie niet onbeperkt toe, ongeacht het aantal EV's.

Bezettingsgraad (avond/nacht)

- De bezetting is **hoger** in de **avond- en nachturen** dan overdag.
- Ruim **vóór 2030** wordt een bezettingsgraad van **circa 40%** bereikt voor laadpalen met satelliet.
- satellietlaadpalen verlagen de bezettingsgraad **bij lage ingroei**; bij **hogere EV-ingroei** raken de laadopstellingen **vergelijkbaar drukbezet***

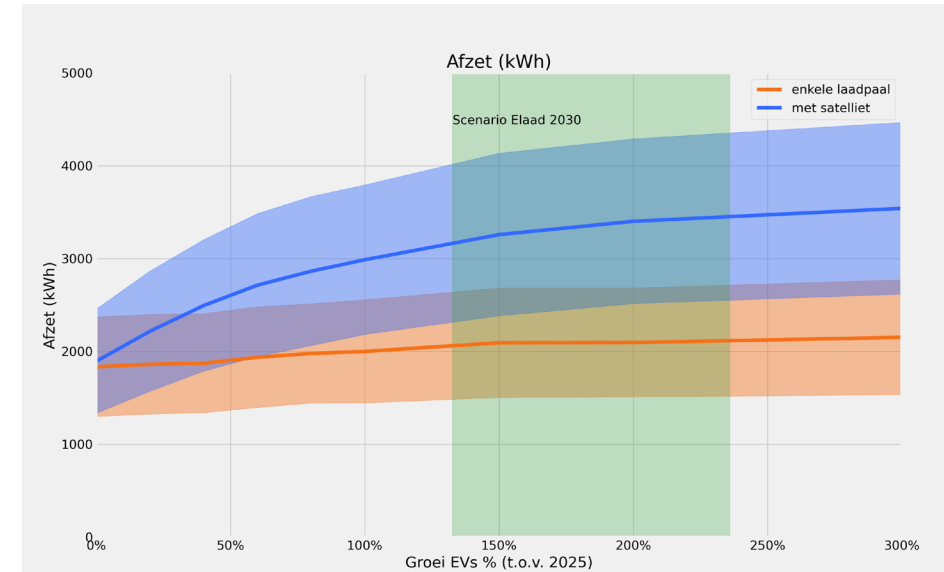
* Dit komt omdat we op aansluitingsniveau kijken: wanneer een auto binnen 2 minuten na aankomst geen beschikbaar laadpunt vindt, wijk die uit naar een andere locatie. Dit spillover effect, en het effect op buurniveau, zijn interessant om in een vervolgstudie te onderzoeken. De KPI *het aantal sessies zonder beschikbaar laadpunt* geeft een indicatie van stijging van de laaddruk op andere plekken.



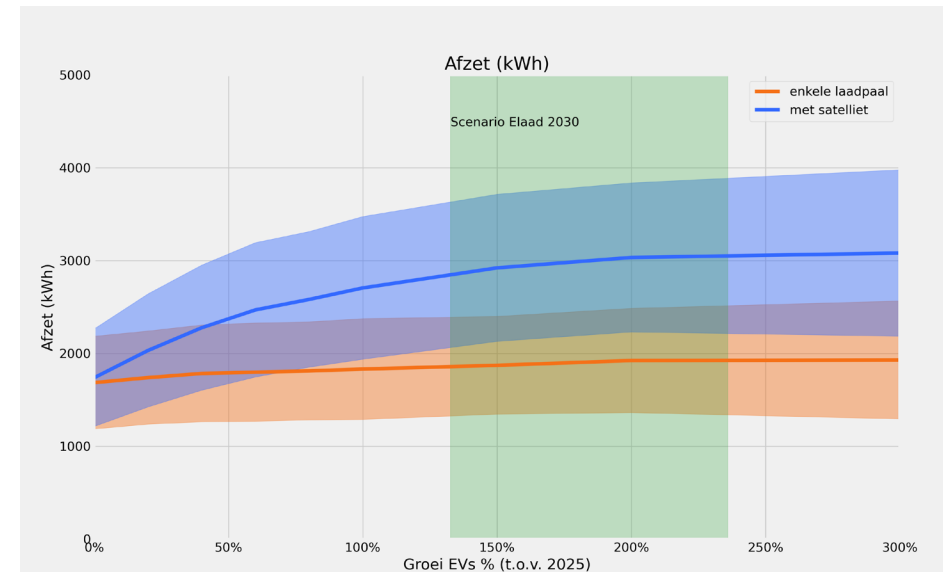
Afzet per maand (kWh)

- Met een **satelliet-laadpaal** neemt de maandelijkse **afzet per laadpaal opstelling** toe naarmate de **EV-ingroei** toeneemt.
- De **grootste toename** in afzet wordt gerealiseerd bij een EV-ingroei toename tot **circa 100%**, waarna de groei afvlakt.
- Dit laat zien dat een satelliet-laadpaal **met name in de vroege EV-ingroEIFase** extra opbrengsten kan opleveren voor **laadpaalexploitanten**.
- Bij toepassing van **aangescherpt netbewust laden** groeit de afzet **minder hard, zowel met als zonder satelliet**, doordat het laadvermogen actief wordt begrensd.

Zonder netbewust laden



Aangescherpt netbewust laden

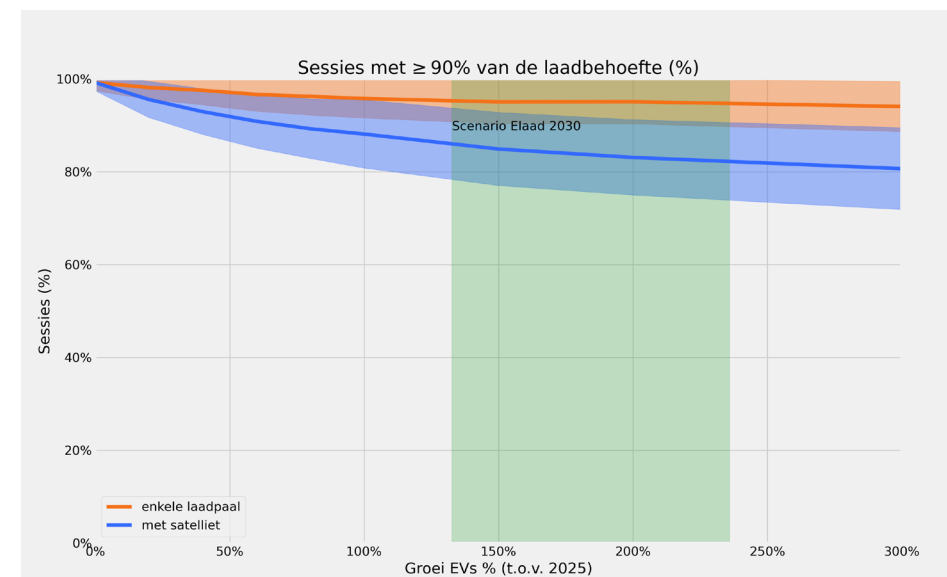
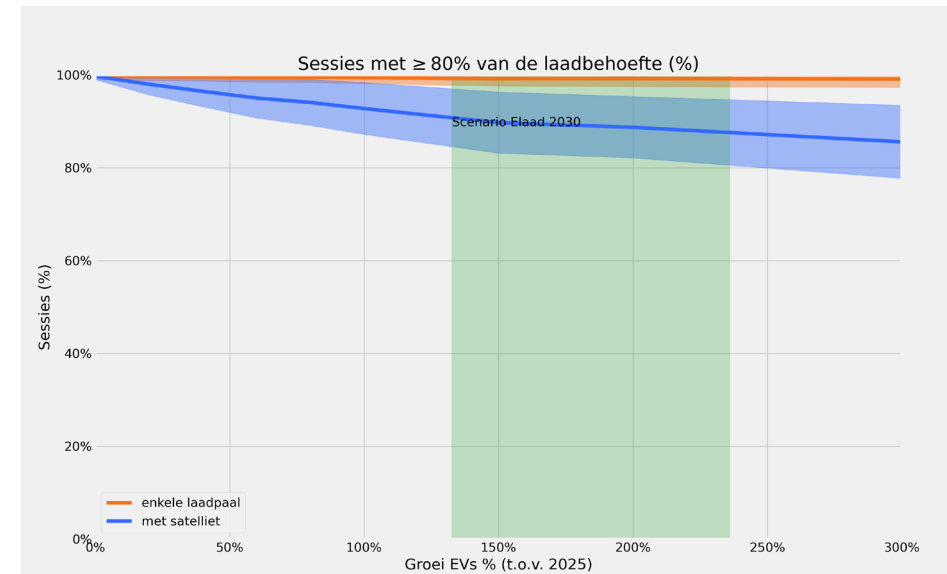


De afvlakking van de afzet is het gevolg van aankomstpatronen en beperkte gelijktijdigheid. Hierdoor neemt het aantal gerealiseerde laadsessies per locatie niet onbeperkt toe en vlakt ook de totale afzet af.

Vervulling laadbehoefte

Er is onderzocht bij welk aandeel van de sessies **minstens 80% of 90% van de laadbehoefte** kan worden vervuld tijdens de connectietijd. Hierbij zijn **alleen sessies met een beschikbaar laadpunt** meegenomen.

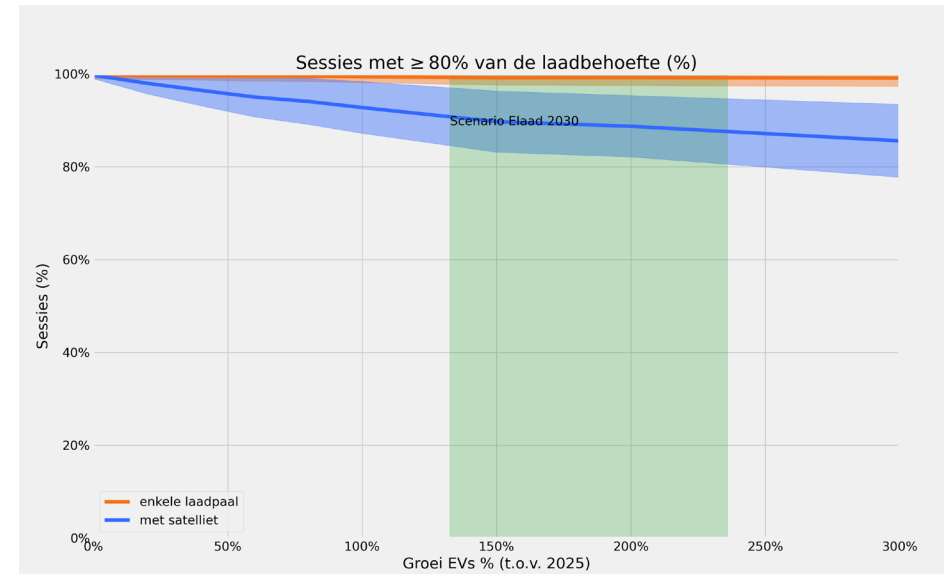
- Met een satellietlaadpaal kunnen **meer laadsessies** worden gefaciliteerd, maar bij een **kleiner aandeel** kan ook de **gewenste laadvraag (volledig)** worden vervuld.
- In de situatie **zonder satelliet** kan bijna altijd **80%** van de laadvraag worden vervuld.
- Zelfs bij een EV-ingroei van **500%** kan bij **90-100%** van de sessies **zonder satelliet** minimaal **90%** van de laadvraag worden vervuld
- In de situatie **met satelliet** ligt dit lager:
 - **Minstens 80% levering van laadvraag: bij ruim 80% van de laadsessies**
 - **Minstens 90% levering van laadvraag: bij iets minder dan 80% van de laadsessies**



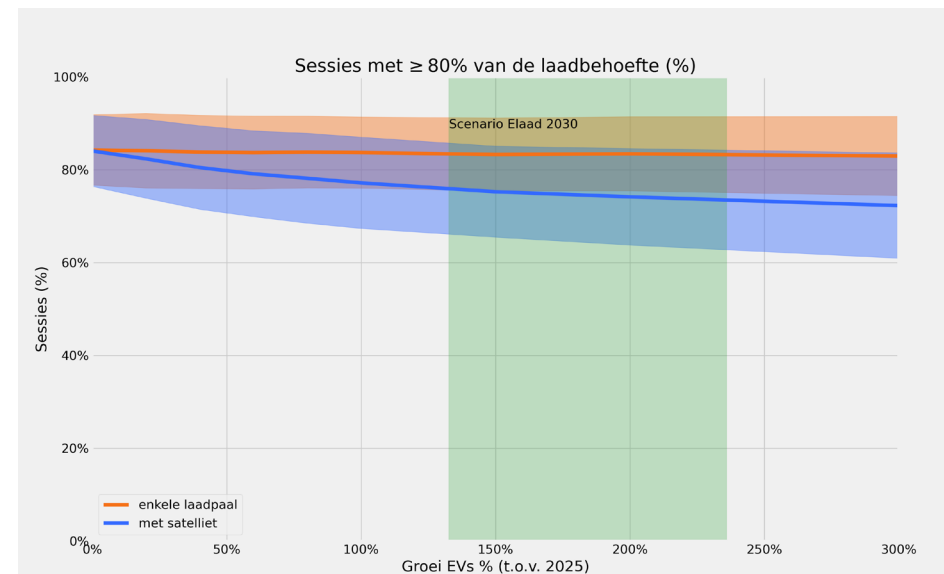
Vervulling laadbehoefte

- In de situatie van **netbewust laden**, liggen de percentages voor **vervulde laadbehoefte** veel lager voor beide situaties.
- **Zonder satelliet** krijgt **gemiddeld 85% minstens 80%** van de laadbehoefte ongeacht de EV-ingroei.
- In de situatie **met satelliet** neemt dit af van 85% in de huidige situatie tot **70-75% in 2030** conform de Elaad scenario's.
- **Eenzelfde patroon** is zichtbaar voor de situatie waarbij **minstens 90%** van de laadbehoefte moet worden vervuld.

Zonder netbewust laden



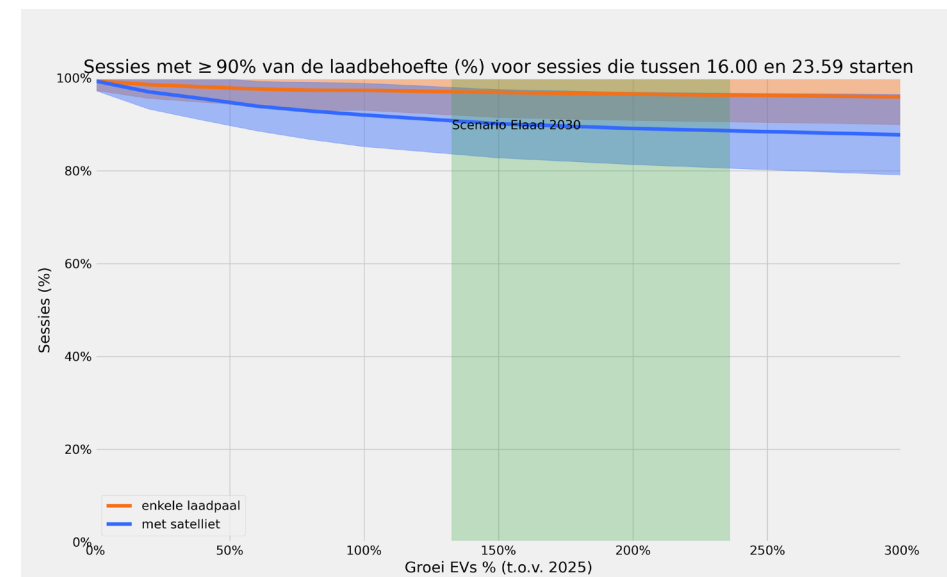
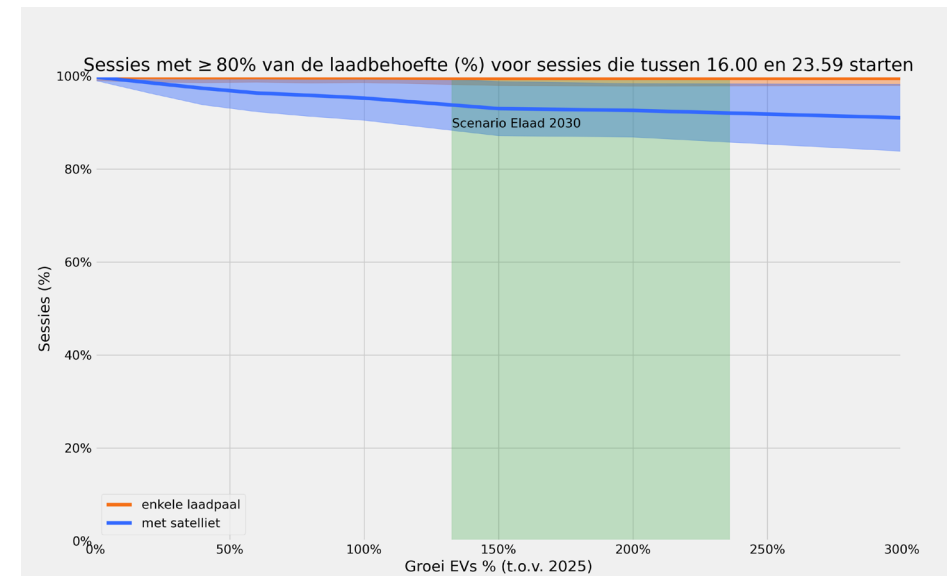
Aangescherpt netbewust laden



De plaatjes voor 90% zijn hier niet weergegeven maar zijn te vinden in de bijlage.

Vervulling laadbehoefte

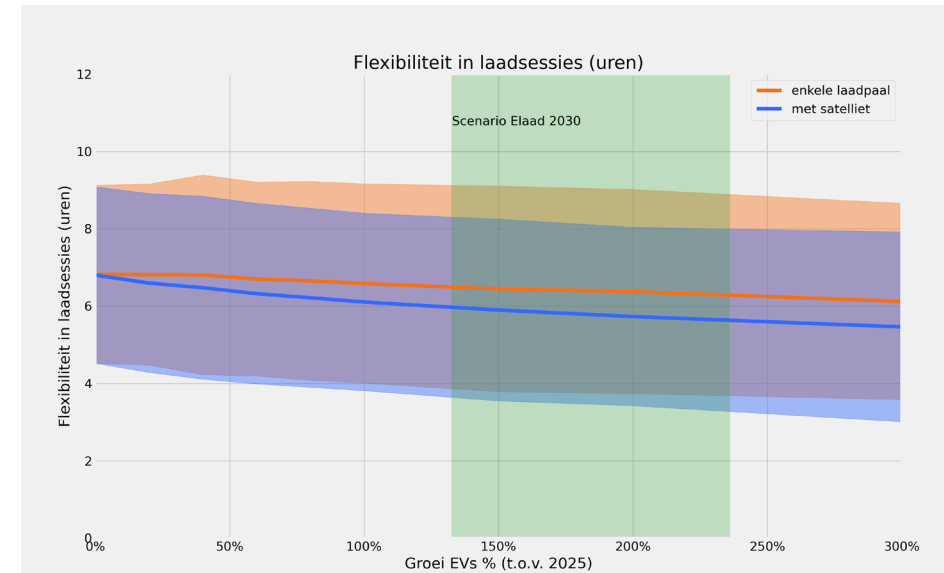
- Voor sessies die **starten tussen 16:00 en 00:00** **zonder aangescherpt netbewust laden** ligt het percentage laadsessies die tot een nagenoeg volle accu te komen **iets hoger**.
- In de **avond- en nachturen** is de **connectietijd gemiddeld langer**, waardoor er **bij lager vermogen meer ruimte** is om tot een nagenoeg volle accu te komen.
- Echter zien we **lagere percentages nagenoeg volle accu's bij netbewust laden** omdat in het laadvermogen wordt begrensd in de avondpiek.



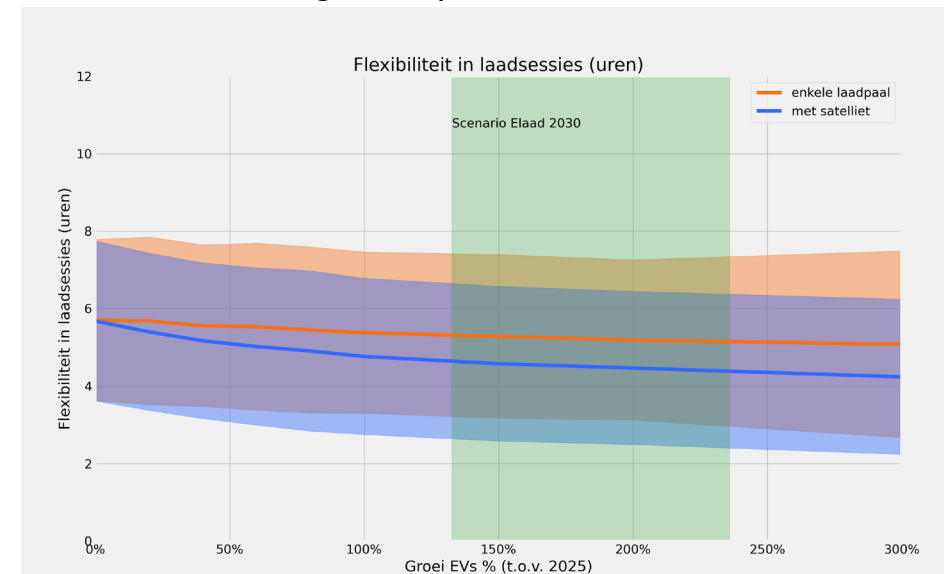
Flexibiliteit van laadsessies

- We definiëren de flexibiliteit als **het verschil tussen connectietijd en laadtijd** per laadsessie.
- In de situatie **met satellietlaadpaal** is de flexibiliteit **licht lager**, maar niet statistisch significant.
- Dit hangt samen met een **lager gemiddeld laadvermogen** tijdens sessies, waardoor een **langere laadtijd** nodig is.
- **Met aangescherpt netbewust laden neemt de flexibiliteit in laadsessies af** in beide situaties doordat er **langer wordt geladen met lager vermogen** (vanwege de vermogensbegrenzing).

Zonder netbewust laden



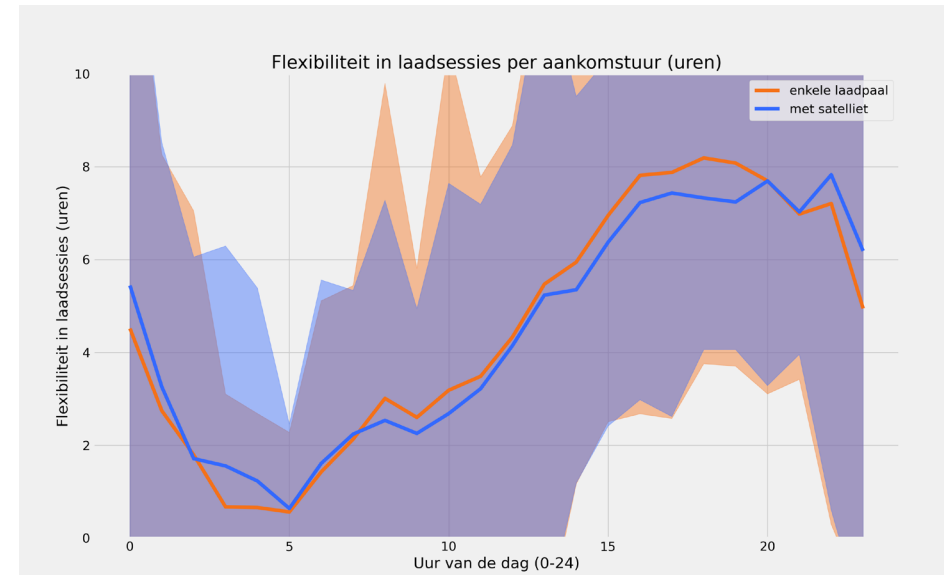
Aangescherpt netbewust laden



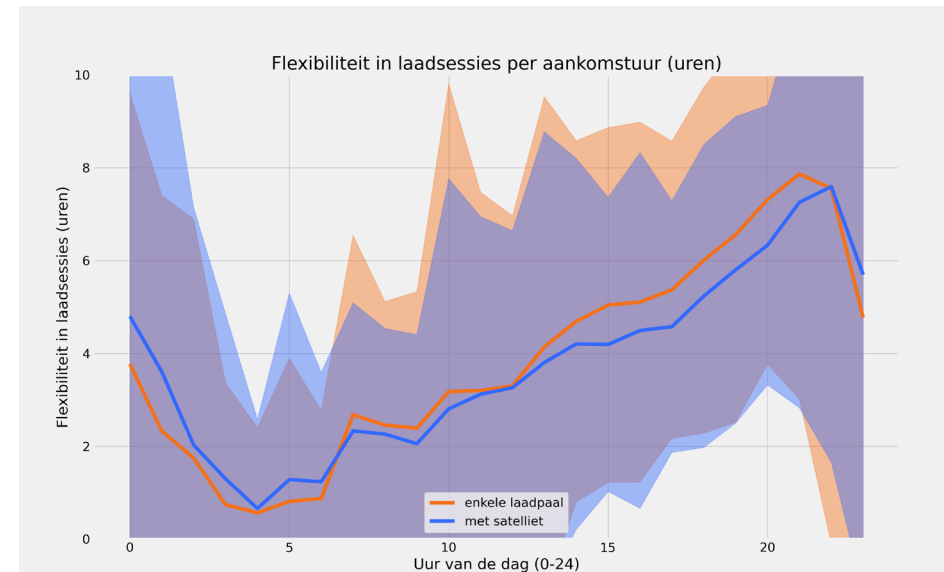
Flexibiliteit in laadsessies per aankomstuur

- In deze figuren tonen we de **gemiddelde flexibiliteit in laadsessies per aankomstuur**.
- Door de dag heen is er **veel variatie** in de beschikbare flexibiliteit tussen verschillende aankomsturen.
- **Zonder aangescherpt netbewust laden** hebben sessies die **tussen ca. 16:00 en 20:00 uur** starten gemiddeld de **hoogste flexibiliteit**.
- **Met aangescherpt netbewust laden** verschuift dit naar een smaller tijdsvenster, namelijk voor sessies die rond **21:00–22:00 uur** starten, kort na **afloop van de periode met vermogensbegrenzing**.

Zonder netbewust laden



Aangescherpt netbewust laden



Conclusies – de impact van satellietlaadpalen op:

EV-rijders

- **Grotere kans op een beschikbaar laadpunt**, doordat satellietlaadpalen extra laadsessies faciliteren.
- **Licht hoger risico om niet volgeladen worden**: rond 2030 ontvangt circa 85% van de sessies meer dan 90% van de laadbehoefte, vergeleken met 95% zonder satellietlaadpaal.
- De huidige praktijkervaring laat zien dat er **weinig verschil** wordt ervaren in **laadsnelheid of gebruikerservaring** tussen laden aan reguliere en satellietlaadpalen, waarbij **goede communicatie essentieel** is. Hierdoor is in de praktijk **onzekerheid over laadvermogen een minder groot knelpunt dan onzekerheid over beschikbaarheid**.
- **De impact op de kosten van elektrisch rijden zijn nog onzeker**; zie hiervoor de uitkomsten over de businesscase van laadpaalexploitanten.

De bijdrage aan klimaatdoelen door overstap van brandstof- naar elektrische auto

- **Satellietlaadpalen kunnen positief bijdragen aan klimaatdoelen** door extra laadpunten toe te voegen wanneer nieuwe aansluitingen niet mogelijk zijn, ook als dit gepaard gaat met een lager of variabel laadvermogen.
- Onzekerheid over de beschikbaarheid van voldoende laadpalen kan een drempel vormen voor de overstap naar elektrisch rijden – **met satellietlaadpaal is deze onzekerheid lager***; onzekerheid over laadvermogen speelt daarbij een rol, maar lijkt minder doorslaggevend (zie ‘Vervulling laadbehoefte’).
- De analyse laat zien dat satellietlaadpalen **tot op zekere hoogte kunnen bijdragen aan klimaatdoelen**; bij verdere EV-ingroei blijft **aanvullende infrastructuur noodzakelijk**.

* zie [‘Sessies zonder beschikbaar laadpunt’](#)

** zie [‘Vervulling laadbehoefte’](#)

Conclusies – de impact van satellietlaadpalen op:

Regionale netbeheerders

- Meer gelijktijdig gebruik van publieke laadpalen op piekmomenten door **satellietlaadpalen zonder netbewust laden** zorgt ervoor dat in gebieden met netcongestie **de beschikbare ruimte voor nieuwe aansluitingen langer schaars blijft**.
- Volgens de data-analyse is de flexibiliteit in laadsessies met satellietlaadpaal licht lager, maar niet statistisch significant. Er is dus **ruimte voor netbewust laden op satellietlaadpalen**, maar het is niet onderdeel van de Handreiking Netbewust Laden en ook niet van de komende concessie in het Laadwerk-gebied.
- Er dienen **aanvullende afspraken** gemaakt te worden tussen netbeheerders en laadpaalexploitanten om ervoor te zorgen dat het plaatsen van satellietlaadpalen niet leidt tot meer gelijktijdig gebruik tijdens piekmomenten.
- Er is behoefte aan **betrouwbare administratie en voorspellingen** van het aantal en de locaties van satellietlaadpalen bij grootschalige toepassing.
- Veiligheidsrisico's door de aanleg van **extra ondergrondse kabels** zijn de verantwoordelijkheid van **laadpaalexploitanten en gemeenten**, in plaats van zoals gebruikelijk de netbeheerders.

Conclusies – de impact van satellietlaadpalen op:

Laadpaalexploitanten

- Satellietlaadpalen zijn **minder aantrekkelijk** dan reguliere laadpalen door o.a. **extra installatiekosten, vergunningen, een complexer installatieproces, onderhoudsrisico's en storingsgevoeligheid**, maar heeft wel de voorkeur boven géén extra paal plaatsen.
- Uit de data-analyse blijkt dat de **afzet per maand (kWh) hoger ligt met satellietlaadpalen**, met name in de vroege fase van EV-ingroei, wat extra opbrengsten kan opleveren. Een satellietlaadpaal is dus voor de laadpaalexploitant beter dan géén extra laadpaal, maar minder goed dan een extra reguliere laadpaal.
- De **flexibiliteit in laadsessies** bij satellietlaadpalen is **licht lager**, maar **niet statistisch significant**, wat betekent dat er hier ook **ruimte blijft voor verschillende vormen van slim laden**, bijvoorbeeld het optimaliseren van laadsessies op basis van prijzen op de elektriciteitsmarkt. De flexibiliteit is belangrijk voor de business case.

Overige inzichten

- De meeste gemeenten zijn **onvoldoende voorbereid** om op korte termijn satellietlaadpalen te (laten) plaatsen want het proces en de aansprakelijkheid zijn anders. Hiervoor is **beleidsmatige- en organisatorische ondersteuning nodig**, zoals door Laadwerk wordt gegeven.
- **Transparantie en duidelijkheid** over satellietlaadpalen zijn gewenst in de laadpaal-concessies.



Bijlagen

Methodologie

Data & Scope

Data

- *Bron:* NDW Dexter portal (historische laadsessies in Nederland).
- *Sessie-attributen:* aankomsttijd, vertrektijd, geladen energie (kWh) en laadlocatie.
- *Analyseperiode:* januari 2026 (historische basis voor simulatie en scenario-opbouw).

Laadinfrastructuur

- *Standaard laadpaal:* 2 laadpunten; *met satellietlader:* 4 laadpunten per locatie.
- *Maximale aansluitcapaciteit:* 17,25 kW (3×25A, 230V).
- *Maximaal vermogen per laadpunt:* 11 kW zolang één voertuig laadt.
- Bij meerdere gelijktijdig bezette laadpunten wordt het beschikbare vermogen evenredig verdeeld:
 - 2 bezette laadpunten: 8,6 kW per laadpunt
 - 3 bezette laadpunten: 5,7 kW per laadpunt
 - 4 bezette laadpunten: 4,3 kW per laadpunt
- Geen laadverliezen verondersteld (in de realiteit wel, in de simulaties niet); aannames afgestemd via expertinterviews.

Simulatiemodel laadsessies

- Sessie-gedreven model op basis van historische aankomst- en vertrektijden.
- Laadbehoefte per sessie gelijk aan historisch gerealiseerde kWh.
- Voertuigen worden toegewezen aan een laadpunt zolang capaciteit beschikbaar is.
- Indien alle laadpunten bezet zijn bij aankomst en 2 minuten wachttijd, vertrekt de auto (sessie zonder beschikbaar laadpunt).
- Beschikbaar vermogen wordt gelijk verdeeld over gelijktijdig ladende voertuigen.
- Na volladen blijft het voertuig aangesloten tot vertrektijd:
 - bezet het laadpunt
 - neemt geen vermogen meer af en telt niet mee in de vermogensverdeling.

Selectie laadlocaties

- Totaal 104 laadlocaties opgenomen uit de set van 943 drukbezette laadpalen.
- Locaties drukbezette laadpalen zijn aangeleverd door Laadwerk.
- Eerst is de verdeling over gemeenten vastgesteld; vervolgens steekproef met behoud van die verdeling.
- Satellietlocaties zijn uitgesloten van de steekproef; per gemeente is minimaal één locatie opgenomen indien aanwezig in de set van drukbezette laadpalen.

Opbouw scenario's ingroei EVs

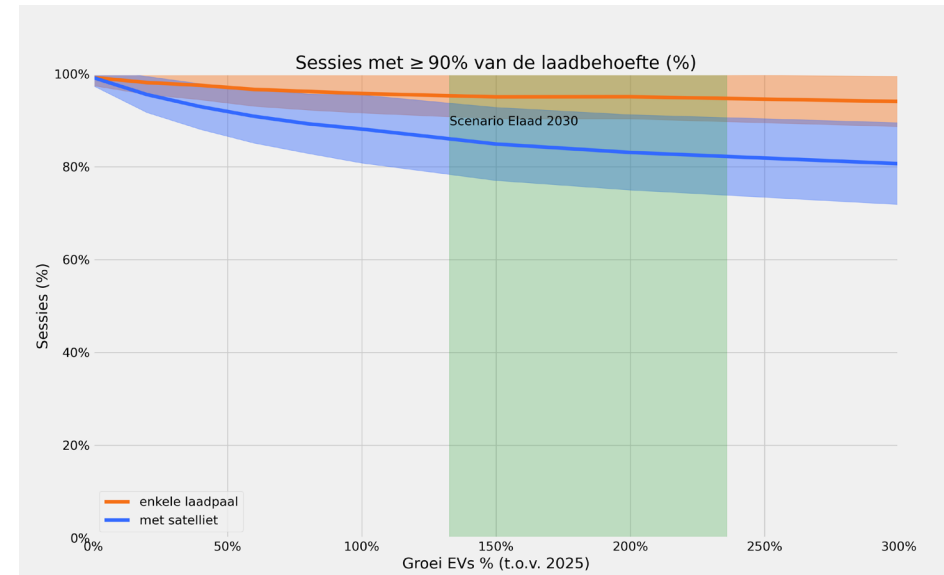
- Toekomstscenario's zijn gebaseerd op de Elaad Outlook voor de groei van het aantal elektrische voertuigen.
- De groei van elektrisch rijden is in de simulatie vertaald naar een toename van de totale laadvraag (kWh).
- *Kanttekening:* de huidige groep EV-rijders rijdt gemiddeld meer kilometers per jaar dan de gemiddelde autobestuurder. Bij verdere opschaling kan het gebruikersprofiel veranderen, waardoor de gemiddelde laadvraag per voertuig mogelijk lager uitvalt dan op basis van historische data wordt verondersteld.
- Om EV-groei te modelleren zijn extra laadsessies stapsgewijs toegevoegd, totdat de beoogde groei in totale kWh is bereikt. Deze extra sessies zijn gebaseerd op bestaande, waargenomen laadsessies, waardoor aankomsttijden, verblijfsduur en de laadbehoefte dicht bij de werkelijkheid blijven.
- Om te voorkomen dat voertuigen in de simulatie onnodig exact gelijktijdig laden, is op toegevoegde sessies een willekeurige tijdsverschuiving tot maximaal 2 uur toegepast. Dit voorkomt een overschatting van gelijktijdigheid en piekbelasting, terwijl het dag- en avondpatroon behouden blijft.
- Het laadgedrag van master- en satelliet-laadpalen is verondersteld gelijk, onderbouwd met historische laadsessie-analyses en expertinterviews.

Satellietlaadpalen

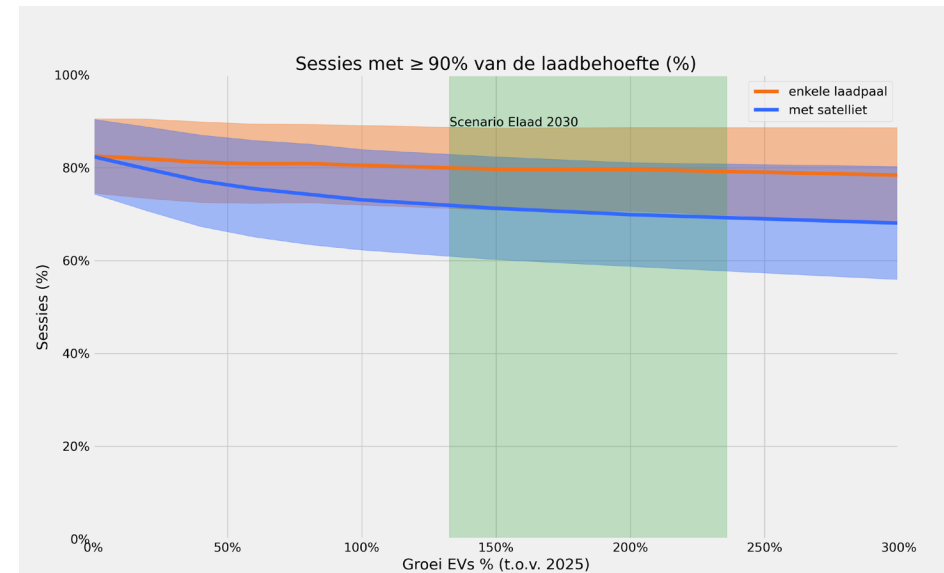
Extra grafieken

Realisatie laadbehoefte (minstens 90%)

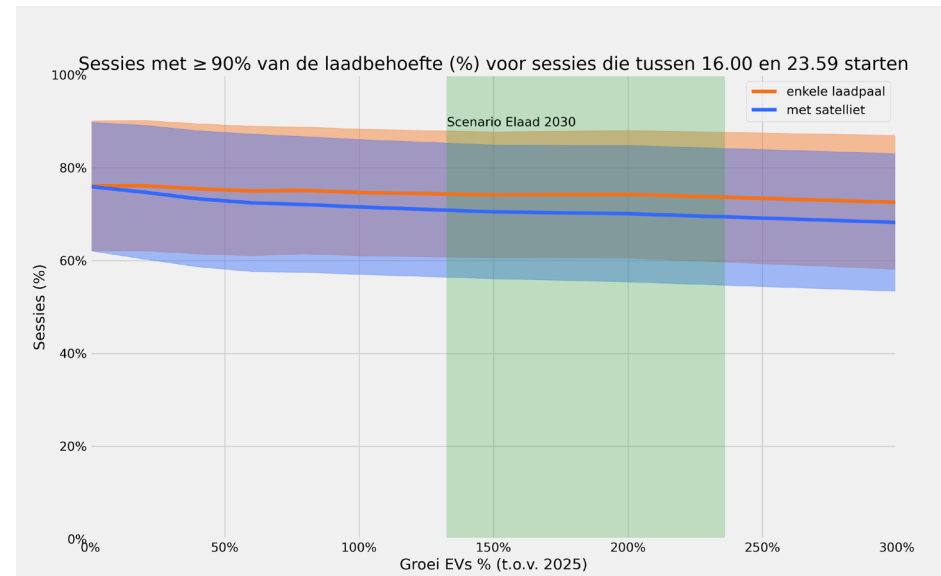
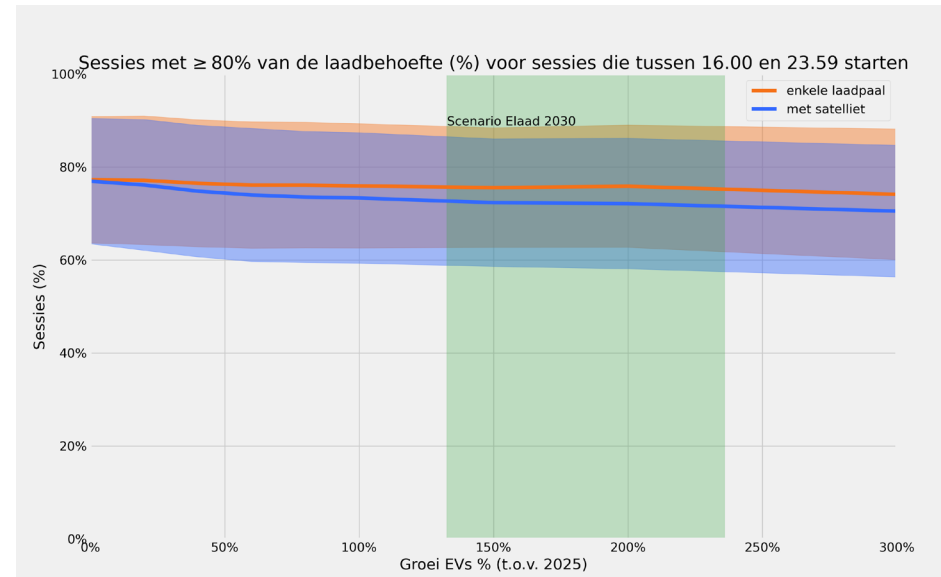
Geen vermogenslimiet



Aangescherpt netbewust laden



Realisatie laadbehoefte (netbewust laden)



Vragen?



Hanna van Sambeek

*Sr Consultant Energy
Transition*

hanna.vansambeek@tno.nl



Linda van der Schaaf-Punt

Scientist Integrator

linda.vanderschaaf@tno.nl



Omar Usmani

Scientist Integrator

omar.usmani@tno.nl