

Living Lab Heavy Duty Laadpleinen

Lessen uit het eerste jaar

TNO 2025 R11236 – 9 juli 2025

Living Lab Heavy Duty Laadpleinen

Lessen uit het eerste jaar

Auteurs	Maarten Verbeek (TNO), Lukasz Zymelka (TNO), Peter Markotic (ElaadNL), Robert Italiaander (ElaadNL)
Exemplaar nummer	2025-STL-RAP-100357808
Aantal pagina's	176 (excl. voor- en achterblad)
Aantal bijlagen	6
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectnaam	Living Lab Heavy Duty Laadpleinen
Projectnummer	060.53901

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2025 TNO

Inhoudsopgave

Begrippen	4
Managementsamenvatting	6
1 Inleiding.....	10
1.1 Achtergrond.....	10
1.2 Doelstelling.....	12
1.3 Aanpak.....	12
1.4 Rollen van betrokken partijen.....	15
2 Methode.....	18
2.1 Databronnen.....	18
2.2 Dataverwerking.....	24
3 Beschrijving deelnemende laadpleinen	28
3.1 Semipubliek.....	28
3.2 Publiek.....	38
3.3 Truckparkings.....	47
4 Geleerde lessen.....	57
4.1 Overzicht kennisvragen.....	57
4.2 Algemeen	58
4.3 Ruimtelijke inrichting	59
4.4 Techniek.....	70
4.5 Energie.....	88
4.6 Logistiek.....	108
4.7 Businesscase.....	122
5 Adviezen per stakeholder	136
5.1 (Toekomstige) laadpleinexploitanten.....	136
5.2 Lokale overheden	140
5.3 Netbeheerders.....	140
5.4 Logistieke bedrijven.....	141
5.5 Toeleveranciers.....	141
6 Vervolg LLHDL	144
Referenties	145
Ondertekening.....	147
Bijlagen	
Bijlage A: Overzicht van kennisvragen	148
Bijlage B: Statische data	156
Bijlage C: Beschrijving energiemarkten	158
Bijlage D: Achtergrondinformatie theoretische businesscaseberekening	159
Bijlage E: Analyse van belastingprofielen	168
Bijlage F: Procedure voor meten aan spanningskwaliteit	175

Begrippen

Begrip	Omschrijving
BESS	Battery Energy Storage Systems
BEV	Batterij Elektrisch Voertuig
Bezettingsgraad	De bezettingsgraad van een laadplein wordt uitgedrukt op drie manieren: 1) de mate waarin het geïnstalleerde laadpaalvermogen nuttig wordt gebruikt, 2) de mate waarin de gecontracteerde netcapaciteit nuttig wordt gebruikt en 3) het aandeel tijd dat laadplekken bezet zijn.
Cable pooling	Hierbij delen verschillende bedrijven samen één netaansluiting. Ze moeten vervolgens onderling uitmaken wie wanneer hoeveel vermogen mag gebruiken.
CAPEX	Capital expenditures: kapitaal- of investeringskosten
CCS2	Combined Charging System. CCS is de Europese standaard connector voor het met gelijkstroom (DC) opladen van elektrische voertuigen.
CPO	Charge Point Operator
DSO	Distribution System Operator exploiteert, beheert en is soms eigenaar van de lokale en regionale energiedistributienetwerken, die de elektriciteit naar de eindgebruiker transporteren.
EMS	Energy Management System
eMSP	e-Mobility Service Provider. Een eMSP of laaddienstverlener is een partij die laadpassen aanbiedt en die de financiële afhandeling van laadsessies voor haar rekening neemt. De laadpaseigenaar betaalt aan de eMSP die er vervolgens voor zorgt dat het bedrag wordt overgemaakt naar de juiste CPO. Voor de dienst van de eMSP dient meestal ook te worden betaald.
EV	Elektrisch Voertuig
Gelijktijdigheidsfactor	Gecontracteerd vermogen netaansluiting gedeeld door cumulatief vermogen laadpalen
GOTORK	Codebesluit niet gebruikte transportrechten: Gebruik Op Tijd Of Raak het Kwijt
HD	Heavy Duty (vrachtwagen of bouwmachine)
Incident	Onwenselijke gebeurtenis die kan worden opgelost of voorkomen door fabrikanten van hardware, software of door de laadpleinexploitant zelf
Kabelmanagement	Systemen en apparaten ontworpen om oplaadkabels te organiseren, te ondersteunen en te beschermen. Dit voorkomt dat kabels in de knoop raken, beschadigd raken of struikelgevaar opleveren.
KPI	Kritieke Prestatie Indicator

Begrip	Omschrijving
Load balancing software	Software voor laadpalen/laadpleinen die het beschikbare elektrische vermogen optimaal verdeelt over meerdere laadpunten, zodat efficiënt laden wordt gegarandeerd en overbelasting wordt voorkomen. Het past de vermogensverdeling dynamisch aan op basis van de actuele vraag en systeemcapaciteit.
Long-haul	Lange afstand distributie (in tegenstelling tot regionaal of lokaal)
NAL	Nationale Agenda Laadinfrastructuur
Netaansluiting	De fysieke aansluiting voor toegang tot het elektriciteitsnetwerk voor zowel afname als invoeding van elektriciteit
Netcapaciteit	Geeft aan hoeveel elektriciteit er door een elektriciteitsnet getransporteerd kan worden. Ook wel: transportcapaciteit
OCPI	Open Charge Point Interface. OCPI is een open protocol dat wordt gebruikt voor verbindingen tussen CPO en eMSP
OCPP	Open Charge Point Protocol. OCPP is een communicatieprotocol dat wordt gebruikt voor interacties tussen laadstations en centrale beheersystemen.
OEM	OEM is een afkorting van Original Equipment Manufacturer en is een term die in de automotive industry wordt gebruikt als synoniem voor voertuigfabrikanten
OPEX	Operational Expenditures: operationele kosten
Power unit	Een professionele omvormer met meerdere uitgangen die bedoeld is om elektrische stroom te verdelen
PV	(Photo Voltaic) is een andere benaming voor zonnepaneel
SLA	Service Level Agreement: een overeenkomst tussen een dienstverlener en een klant die vastlegt welke kwaliteit de dienstverlener moet leveren
SoC	State of Charge: de resterende lading die beschikbaar is in een batterij op een bepaald moment als aandeel van de totale laadcapaciteit
TCO	Total Cost of Ownership
TSO	Transmission System Operator. Organisatie verantwoordelijk voor de efficiënte en betrouwbare transmissie van elektriciteit van opwekkingscentrales via het elektriciteitsnet naar regionale of lokale elektriciteitsdistributeurs
User Interface	In het geval van een laadpaal: Display met informatievoorziening voor de gebruiker op de laadpaal
VWH	Vrachtwagenheffing

Managementsamenvatting

De opschaling van laadinfrastructuur is nodig om het gebruik van elektrische zware wegvoertuigen te faciliteren. Vanwege het benodigde opschalingstempo is er weinig ruimte voor tegenslagen. Het is daarom noodzakelijk om inzicht te hebben in wat er (nu al) goed gaat en waar nog verbeteringen nodig zijn op technisch, operationeel, infrastructureel en juridisch gebied. Om te komen tot een landelijk netwerk van functionele, betaalbare en schaalbare (semi)publieke laadpunten voor heavy duty wegvoertuigen, moeten eerst ervaringen worden opgedaan in praktijkomstandigheden die representatief zijn voor verdere uitrol. Hiervoor is Rijkswaterstaat in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een Living Lab Heavy Duty Laadpleinen gestart. In dit living lab brengt Rijkswaterstaat marktpartijen, overheden en kennisinstituten bij elkaar om data, kennis en ervaringen over het inrichten en gebruiken van laadvoorzieningen voor elektrische vrachtwagens te verzamelen en met elkaar te delen.

Om deze kennis te vergaren worden zes operationele laadpleinen gemonitord, waarvan twee publiek, twee semipubliek en twee truckparkings. Middels invulformulieren, metingen, logboeken, meetings, enquêtes en additionele experimenten is informatie verzameld ten aanzien van laadpleinkarakteristieken, laadpleingebruik, invloed op het elektriciteitsnetwerk, incidenten en ervaringen van de gebruikers en laadpleinexploitanten. Al deze informatie levert veel nieuwe kennis op. In deze **tussentijdse rapportage** worden deze inzichten gerapporteerd. Om de omvang van deze samenvatting te beperken, worden hieronder alleen de meest opvallende lessen behandeld.

Communicatie over welke categorieën vrachtwagens terecht kunnen op het laadplein is cruciaal.

De inrichting van laadpleinen en specifiek van de laadplekken is bepalend voor welke voertuigen er kunnen laden. Zo beperken de hoogte van de overkapping, de lengte van de laadplek, de benodigde manoeuvres om bij de laadplek te komen en aan welke kant van de laadplek de lader staat in combinatie met de lengte van de laadkabel de toegang voor bepaalde types zware wegvoertuigen. Extra omrijden, manoeuvres of remmen en optrekken vergroten de kans op incidenten en kosten tijd. Dit kan worden beperkt door duidelijke communicatie in apps en bewegwijzering op de openbare weg en op het laadplein. Momenteel bestaat er nog geen gestandaardiseerde bewegwijzering voor laadpunten voor vrachtwagens. In het vervolg van dit living lab zal worden onderzocht of en welke (geharmoniseerde) communicatiemiddelen kunnen worden ingezet en of richtlijnen voor communicatie waardevol zijn.

Downtime kan worden verminderd door een goede inrichting van service en onderhoud.

Laadpleinen hebben typisch technische installaties van verschillende merken in gebruik. Deze hebben vaak hun eigen dienstverlening voor storing en onderhoud. Deze diensten zijn ook nog opgedeeld in bijvoorbeeld een eerste lijn (externe helpdesk), een tweede lijn (onderhoudsdienst) en een derde lijn (fabrikant). Doordat er veel interactie is tussen de technische installaties, is het vaak niet meteen duidelijk waar het probleem ligt en welke dienstverlener welke actie moet ondernemen. Onderlinge afstemming tussen de verschillende partijen kan leiden tot verwarring. Dit verlengt de duur van het probleem.

Bij vrachtvoertuigen leidt het niet kunnen laden als gevolg van niet functionerende laadinfrastructuur direct tot extra kosten en downtime is daarom erg onwenselijk. Het is daarom belangrijk dat de storingslijn zo efficiënt mogelijk wordt ingericht waardoor het aantal betrokken partijen wordt beperkt. Daarnaast is het van belang om vooraf heldere afspraken te maken en goed te definiëren welke verantwoordelijkheid bij wie ligt. Bovendien is het van belang om rapportages geleverd te krijgen van de servicepartijen over wat er gebeurd is, hoelang het geduurd heeft en hoe dit voorkomen kan worden. Dit vereist dat er iemand de verantwoordelijkheid krijgt om er op toe te zien dat een storing zo snel mogelijk wordt opgelost. In de verlenging van het Living Lab zal nader worden onderzocht hoe deze lijn het beste kan worden ingericht en welke ontwikkelingen nog gaan bijdragen aan een lagere downtime.

Een deel van het elektriciteitsgebruik van een laadplein gaat naar andere doeleinden of raakt verloren tijdens het laadproces.

Uit metingen blijkt dat er momenteel 5% tot 15% meer energie wordt afgenomen van het elektriciteitsnet dan wat er door de laadpalen wordt verstrekt. Dit wordt onder andere veroorzaakt door elektriciteitsverbruik van alle voorzieningen op het laadplein en door energieverliezen in de laadapparatuur. Wanneer de bezetting van de laadpleinen in de toekomst toeneemt, zal dit percentage afnemen omdat het energiegebruik van andere voorzieningen op het laadplein niet of amper toeneemt met een stijgend aantal laadsessies. Daarnaast wordt geconstateerd dat er 1% tot 4% minder elektrische energie in de batterij komt dan dat de lader verstrekt, afhankelijk van laadplein en vrachtauto. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door verliezen (elektrische energie omgezet in warmte) in de verbinding tussen lader en batterij of door het energiegebruik van hulpsystemen in het voertuig tijdens het laden zoals batterijconditioneringssystemen. Daarnaast kan ook de manier van meten aan het voertuig en meten aan de lader leiden tot een verschil. Welke factor in welke mate bijdraagt aan het verschil zal verder worden onderzocht in het vervolg van het living lab.

Exacte laadsnelheid vooraf nog niet in te schatten. Vrachtwagens kunnen wel voldoende opladen binnen de vereiste 45 minuten rusttijd.

Omwille van planbaarheid, is het voor gebruikers van laadinfrastructuur van groot belang om vooraf inzicht te hebben in de energie die zij binnen een bepaald tijdsbestek zullen kunnen bijladen. Echter, het verloop van de laadsnelheid tijdens een laadsessie wordt niet alleen bepaald door het maximaal vermogen van de lader en dat van het voertuig. Ook software op de laadpaal en het energiemanagementsysteem hebben hierop een belangrijke invloed. Uit metingen blijkt dat het verloop van het laadvermogen tijdens een laadsessie sterk kan variëren, bijvoorbeeld wanneer er een extra voertuig wordt aangesloten op hetzelfde laadplein. Echter, er zijn ook andere variaties in laadvermogen die niet kunnen worden verklaard door fysieke veranderingen op het laadplein. In dat geval lijken (software) instellingen de oorzaak. Doordat er meerdere softwarelagen tegelijk van kracht zijn, is soms moeilijk te voorspellen hoe het laadvermogen tijdens een laadsessie zal verlopen. In het vervolg van dit living lab zal verder worden onderzocht welke aanpassingen kunnen worden gedaan om de voorspelbaarheid te verbeteren. Tijdens een uitgevoerde stresstest is wel gebleken dat de huidige vrachtwagens voldoende kunnen opladen binnen de 45 minuten rusttijd van de chauffeur.

Laadpleinen kruipen richting de zwarte cijfers, nog veel ruimte voor groei.

De gemiddelde bezettingsgraad van de laadpleinen (de mate waarin de laders en de netaansluiting worden benut) bedraagt momenteel 1% tot 6%, maar er is een stijgende lijn te zien. Hier zit echter nog veel ruimte voor groei.

De inkomsten uit elektriciteitsverkoop zijn momenteel te laag om alle laadpleinkosten terug te verdienen binnen een voor investeerders acceptabele termijn van 10 jaar. Een uitdaging is concurreren met laden op het eigen depot. Om te kunnen concurreren zou het gebruik van de laadpleinen een factor twee tot tien hoger moeten zijn dan momenteel het geval is.

De belangrijkste gebruikersgroep is momenteel die van de elektrische voertuigen voor regionale distributie. Om op prijs te kunnen concurreren met diesellootvoertuigen, moet de laadprijs lager zijn dan momenteel het geval is. Dit kan worden bereikt als het gebruik van de laadpleinen een factor twee tot vijf hoger zou zijn. Door dalende batterijprijzen en stijgende dieselprijzen (o.a. door ETS2) zullen elektrische vrachtoertuigen op termijn ook bij iets hogere laadprijzen kunnen concurreren met diesellootvoertuigen. Indien de huidige subsidies van kracht blijven (zoals AanZet), zou de huidige elektriciteitsafzet rond 2030 zelfs al voldoende kunnen zijn om elektriciteit aan te bieden tegen een prijs waarmee de TCO van de elektrische voertuigen concurrerend is. Indien de subsidies zouden komen te vervallen, moet het laadpleingebruik wel met een factor twee tot vijf toenemen. Voertuigen die worden ingezet voor 'long-haul' vereisen een lagere laadprijs om te kunnen concurreren met diesellootvoertuigen. Dit betekent dat het laadpleingebruik rond 2030 een factor acht tot twintig hoger moet zijn om elektriciteit te kunnen aanbieden tegen een prijs waarmee de TCO concurrerend wordt.

Door de dalende batterijprijzen zal het steeds goedkoper worden om een voertuig met een grotere batterij aan te schaffen en deze op het eigen depot op te laden. Tegen 2040/2050 zal het laadpleingebruik met een factor drie tot tien gestegen moeten zijn om te kunnen concurreren met laden op het eigen depot. Of vlooteigenaren moeten bereid zijn meer te betalen voor de onvermijdelijke laadsessie tijdens de dagelijkse operatie.

Dergelijke hogere bezettingsgraden lijken allemaal mogelijk, maar vereisen wel dat er een goede balans is tussen laadvraag en laadaanbod. Een overcapaciteit van snellaadpunten beperkt de bezettingsgraad. Bij een beperkte bezettingsgraad is een relatief hoge laadprijs nodig om de laadpleinkosten te kunnen dekken. Dit heeft een negatieve invloed op de kostencompetitiviteit van elektrische vrachtoertuigen en kan zo de groei van het aantal elektrische vrachtwagens remmen. Aan de andere kant leidt een ondercapaciteit tot hoge bezetting waardoor de kans op een vrij beschikbaar laadpunt klein is. Dit bemoeilijkt de inpassing van elektrische vrachtoertuigen in de logistieke operatie waardoor de aanschaf van batterij-elektrische vrachtwagens vertraging op kan lopen.

Reserveringsystemen nog niet noodzakelijk, maar wel in de toekomst.

Er is momenteel bijna altijd een vrije laadplek beschikbaar bij de betrokken laadpleinen. Daarom zijn reserveringsystemen nog niet noodzakelijk. Aangezien hogere bezettingsgraden nodig zijn voor een positieve businesscase, zal de kans op een vrij laadpunt in de toekomst kleiner worden. Omwille van de planbaarheid van de logistieke operatie en de laadmomenten daarbinnen, zullen eindgebruikers meer behoefte krijgen aan reserveringssystemen. Ook liggen er mogelijkheden om via een reserveringssysteem stroom beter te verdelen en met prijsdifferentiatie te werken.

Evenredigere netwerkkosten kunnen bijdragen aan een rendabele business case en uitbreiding van de laadpleinen.

Laadpleinkosten schalen niet lineair met het geïnstalleerde vermogen. Zo zijn de eenmalige aansluitkosten per kW aanzienlijk hoger boven 1,75 MVA tot 2 MVA, afhankelijk van de netbeheerder, dan daaronder. Bovendien vormen de aansluitkosten een aanzienlijk deel van de totale laadpleinkosten.

Een netcapaciteit van 1,75 MVA tot 2,0 MVA is voldoende voor twee tot vier laders. De aansluitkosten per lader voor een laadplein met meer laders en een bijpassende netaansluiting zijn daardoor veel hoger waardoor ze veel moeilijker financieel rendabel te maken zijn. Daarnaast moet bij sommige netbeheerders al betaald worden voor een grotere netaansluiting vanaf het moment dat deze is toegezegd. Aangezien de periode tussen toezegging en realisatie jaren kan duren, kunnen deze kosten aanzienlijk zijn. Dit, in combinatie met niet-lineaire nettarieven, bemoeilijkt de incrementele uitbreiding van kleine bestaande laadpleinen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Nederland heeft zich in 2015 gecommitteerd aan het Klimaatakkoord van Parijs. Vervolgens is een nationaal klimaatakkoord opgesteld waarin afspraken zijn gemaakt voor verschillende sectoren. Deze afspraken geven richting aan de veranderingen die moeten plaatsvinden om de klimaatdoelstellingen te halen.

De belangrijkste nationale klimaatdoelstelling is een CO₂-emissiereductie van 95% in 2050 ten opzichte van 1990. Deze doelstelling is niet specifiek voor mobiliteit, maar is zo scherp dat er in alle individuele sectoren een CO₂-reductie van vergelijkbaar niveau vereist is. Verder is er een tussendoel gesteld van 55% CO₂-emissiereductie in 2030 en een mobiliteit-specifieke doelstelling van 37% reductie in 2030¹.

Daarnaast dient de stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden te worden teruggedrongen en dienen er extra maatregelen genomen te worden om het EED-doel voor finaal energiegebruik van 2030 te halen (TNO, 2024(b)).



Figuur 1.1: Strategieën voor de reductie van CO₂-emissies van mobiliteit (Bron: PBL & TNO, 2024).

CO₂-reductie in mobiliteit kan worden gerealiseerd door minder te rijden (volumereductie), verandering van vervoerswijzekeuze, door gebruik van energie-efficiëntere voertuigen en door gebruik te maken van duurzamere energiedragers (PBL & TNO, 2024) (Marie-Lilliu, 1998). Deze laatste pijler is zeer belangrijk in het klimaatbeleid (PBL & TNO, 2024). Batterij-elektrische aandrijving wordt naar verwachting de meest kosteneffectieve klimaatneutrale aandrijftechnologie (TNO, 2022) (TNO, 2023). Uit recente studies blijkt dat dit zowel voor lichte voertuigen (personen- en bestelauto's) als voor zware vrachtoertuigen (vrachtwagens en trekker-opleggers) (TNO, 2022) geldt. De actieradius van elektrische vrachtoertuigen zal op termijn, en in veel gevallen nu al, voldoende zijn om bestaande dieselloertuigen te vervangen (TNO, 2022).

¹ Klimaatnota 2023. Ministerie van Economische Zaken en Klimaat. September 2023

Een vervanging van dieselveertuigen in het goederenvervoer door batterij-elektrische zal ook bijdragen aan een afname van de stikstofdepositie, een verbetering van de luchtkwaliteit en een afname van het finale energiegebruik.

Een belangrijke randvoorwaarde voor de opschaling van elektrisch vrachtvervoer is de beschikbaarheid van laadinfrastructuur. Logistieke bedrijven die elektrische voertuigen inzetten, zullen waarschijnlijk een goed deel van de elektriciteit 's nachts laden op eigen terrein, maar er zal ook publieke laadinfrastructuur voor vrachtwagens nodig zijn (ElaadNL, 2025). Deze publieke laadinfrastructuur dient verschillende doelen. Zo kan het zijn dat dat logistieke bedrijven (nog) niet voldoende laadpunten hebben gerealiseerd op hun eigen terrein. Daarnaast komt het ook voor dat het voertuig op één dag meer kilometers aflegt dan zijn actieradius op één batterijlading of in de nacht niet terugkomt op het depot en daarom afhankelijk is van openbare laadinfrastructuur. Er zijn momenteel ook Europese eisen (AFIR) die lidstaten verplichten om een minimale hoeveelheid publiek toegankelijke laadinfrastructuur aan te leggen langs trans-Europese netwerken, stedelijke knooppunten en beveiligde truckparkings.

Volgens de Klimaat en Energie Verkenning (KEV) 2024² worden er in 2030 14.000 tot 25.000 elektrische vrachtwagens verwacht in Nederland. In 2040 zou dat aantal 89.000 tot 107.000 bedragen. Volgens de ElaadNL Outlook zullen er in 2030 24.000 elektrische trucks zijn en in 2050 zelfs 147.000 (ElaadNL, 2025).

Om al deze vrachtwagens te faciliteren, is het noodzakelijk dat het aantal laadpunten snel wordt opgeschaald. Vanwege het benodigde opschalingstempo is er weinig ruimte voor tegenslagen. Tegelijkertijd is de inzet van elektrische vrachtwagens in de logistiek nog zeer beperkt. Daardoor moeten veel bedrijven nog een aanzienlijke leercurve doorlopen met bijbehorende onduidelijkheden en onzekerheden over bijvoorbeeld de logistieke planning, technische competenties, ruimtegebruik, opschaling van het aantal voertuigen en de beschikbaarheid van netcapaciteit op de voor logistiek meeste logische locaties. Voor een succesvolle opschaling is het van belang om te bepalen welke onduidelijkheden en onzekerheden er bestaan en hoe hiermee omgegaan kan worden. De logistieke sector staat hiermee voor een omvangrijke en complexe verduurzamingsopgave.

Er is al veel theoretisch onderzoek gedaan naar de toepassingsmogelijkheden van elektrische vrachtwagens, hun kostenefficiëntie en de behoefte aan laadinfrastructuur. Praktijkervaring is er alleen bij (private) partijen die al gebruik maken van elektrische vrachtwagens en bij een aantal exploitanten van laadpleinen voor zware voertuigen. Het ontbreekt daarmee aan publiek beschikbare praktijkinzichten in het laden van elektrische vrachtwagens.

Om te komen tot een landelijk netwerk van functionele, betaalbare en schaalbare (semi) publieke laadpunten voor heavy duty wegvoertuigen moeten eerst ervaringen worden opgedaan in praktijkomstandigheden die representatief zijn voor verdere uitrol. Hiervoor is Rijkswaterstaat in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een Living Lab Heavy Duty Laadpleinen (LLHDL – hierna “Living Lab”) gestart.

Rijkswaterstaat brengt via het LLHDL marktpartijen, overheden en kennisinstituten bij elkaar om data, kennis en ervaringen over het inrichten en gebruiken van laadvoorzieningen voor elektrische vrachtwagens te verzamelen en met elkaar te delen.

² PBL 2024, Klimaat- en Energieverkenning 2024.

1.2 Doelstelling

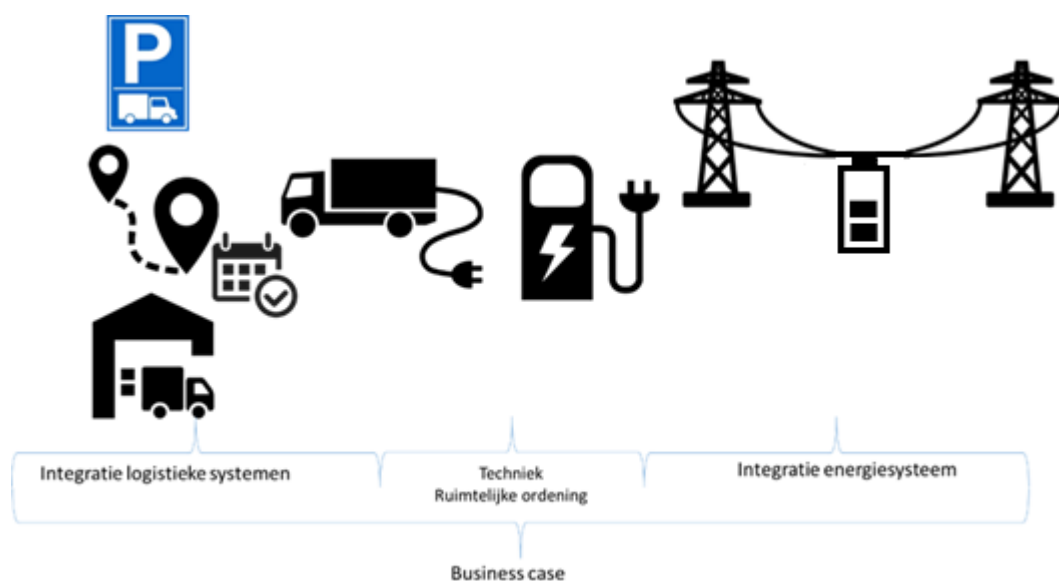
Het doel van het Living Lab is om kennisvragen te beantwoorden door op zes operationele laadpleinen data en ervaringen te verzamelen, deze te analyseren en daaruit conclusies te trekken. Antwoorden op deze kennisvragen geven een beeld van wat er (nu al) wel goed gaat en waar nog verbeteringen nodig zijn op technisch, operationeel, infrastructureel en juridisch gebied met betrekking tot (semi)publieke laadpleinen voor elektrische vrachtwagens. De kennisvragen zijn bij aanvang van het project geformuleerd (RWS, 2023) en worden in meer detail besproken in paragraaf 4.1 en bijlage 0. Het Living Lab werkt aan schaalbare oplossingen die bijdragen aan de doelen voor verduurzaming van de logistieke sector in 2025 en 2030 en helpt om meer inzicht te krijgen in de kansen en risico's die met die opschaling gepaard gaan. Kennis opdoen en delen is van cruciaal belang voor de succesvolle en tijdige opschaling van het laadnetwerk.

De kennisvragen die beantwoord moeten worden zijn vooraf gedefinieerd en vertaald naar concrete monitoringsopgaven om de gewenste praktijkkennis te verkrijgen. De centrale onderzoeksvraag voor laadinfrastructuur voor zero emissie heavy duty wegvervoer is:

Wat is een functionele, betaalbare en schaalbare inrichting van (semi)publiek toegankelijke laadinfrastructuur voor heavy duty logistiek richting 2025 en 2030?

Met de term "functioneel" bedoelen we de *ruimtelijke inrichting* en de *techniek* van het laadplein zelf, de integratie met het *logistieke proces* en de integratie met het achterliggende *energiesysteem*. "Betaalbaarheid" uit zich in de economische haalbaarheid en de *businesscase*, zowel voor de laadpleinen als voor de inzet van de elektrische voertuigen. "Schaalbaarheid" uit zich in de ontwikkeling van de functionaliteit en toekomstvastheid, dat wil zeggen de bredere toepasbaarheid van de resultaten van het project bij de ontwikkeling en inrichting van nieuwe laadpleinen, met 2030 als ijkpunt.

1.3 Aanpak



Figuur 1.2: Schematische weergave van de onderzoeksthema's.

1.3.1 Onderzoeksthema's

Zoals beschreven in paragraaf 1.2 is bij aanvang van het 'living lab' een aantal kennisvragen geformuleerd. Deze kennisvragen zijn uitgewerkt in het kennisplan (RWS, 2023) en zijn onderverdeeld in vijf thema's te weten: ruimtelijke inrichting, techniek, logistiek, energie en businesscase. Bijna alle onderzoeksthema's en onderwerpen zijn toepasbaar op alle locatietypen. Tegelijkertijd verschillen de specifieke laadopstellingen en onderzoeksresultaten per locatietype.

1.3.2 Scope

Laadpleintypen

Het Living Lab richt zich op (semi)-publiek toegankelijke locaties voor het opladen van batterij-elektrische logistieke voertuigen.

Hierbij zijn er drie typen te onderscheiden:

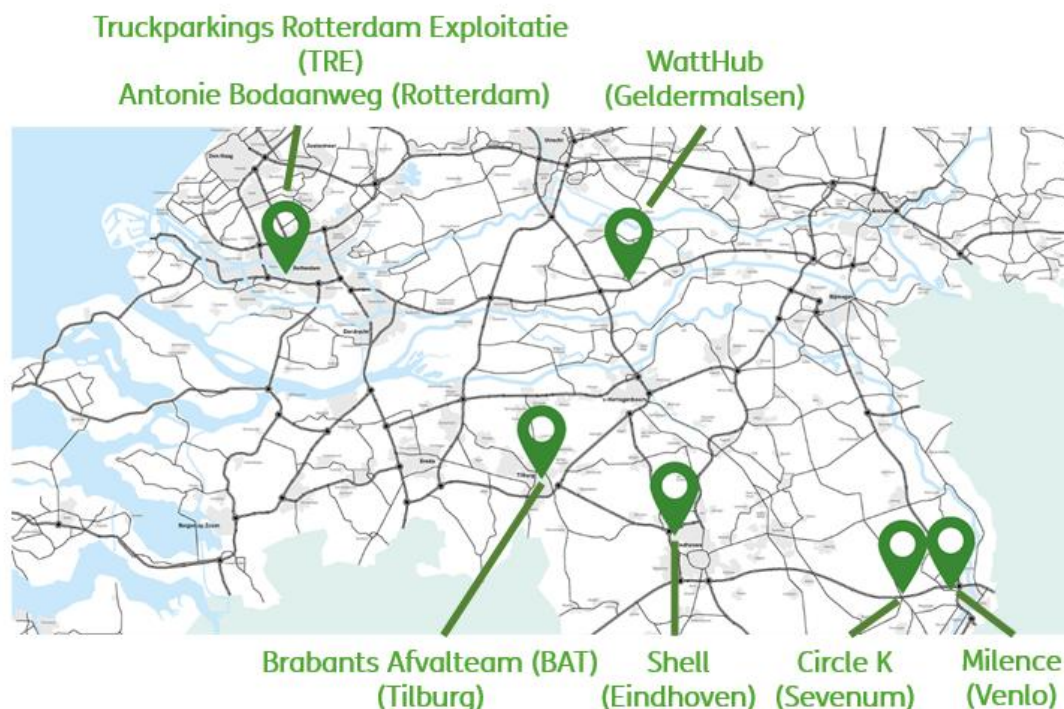
1. **Semipubliek laadplein:** Dit zijn locaties waar logistieke voertuigen hun standplaats hebben en vaak ook goederen uitwisselen. Bijvoorbeeld op een bestaande bedrijfslocatie op een bedrijventerrein (brownfield) of op een nieuwe bedrijfslocatie op een bedrijventerrein (greenfield). Als de laadfaciliteiten zich in docks voor goederen bevinden, dan moet het mogelijk zijn voor derden om daar te laden.
2. **Publiek laadplein:** Een publiek toegankelijk laadplein voor bestel- en vrachtwagens op bijvoorbeeld een bedrijventerrein heeft als hoofdfunctie om voertuigen van energie te voorzien. Deze locaties kunnen omgebouwde en/of uitgebreide tankstations zijn of een nieuwe locatie/faciliteit.
3. **Truckparking:** Dit zijn beveiligde parkeerplaatsen waar chauffeurs kunnen overnachten en rusten. Afhankelijk van de behoefte van gebruikers van de truckparking kan met een hoog of laag vermogen geladen worden gedurende verschillende momenten van de dag.

Het locatietype "verzorgingsplaats langs de snelweg" valt buiten de scope van het Living Lab. Hiervoor zijn aparte onderzoeks- en ontwikkeltrajecten opgezet (Verzorgingsplaats van de toekomst en Pilot programma Stopcontact op land). Retail (faciliteiten om te laden tijdens de levering aan een winkel) wordt eveneens niet meegenomen als locatie / laadpleintype. Uit de marktconsultatie bleek dat hier gelimiteerde uitrolkansen zijn en dit type laadfaciliteit extra (veiligheids)risico's met zich meebrengt omdat deze locaties vaak in een woonomgeving liggen.

Locaties laadpleinen

Om antwoorden te krijgen op de kennisvragen is er ervaring opgedaan in de praktijk. Hiervoor zijn zes (semi)publieke laadpleinen gemonitord voor een periode van veertien maanden (oktober 2023 tot en met december 2024). Volgens de type-indeling die hierboven beschreven is, gaat het om:

- Semipubliek toegankelijke laadpleinen
 - Brabants afvalteam (BAT), gemeente Tilburg
 - WattHub te Geldermalsen
- Publieke toegankelijke laadpleinen
 - Shell Truck Only te Acht (gemeente Eindhoven)
 - Circle K te Sevenum
- Truckparkings
 - Milence te Venlo
 - Truckparking Rotterdam Exploitatie (TRE) te Rotterdam



Figuur 1.3: Overzichtskartaal van de betrokken laadpleinen.

Technologie

Het Living Lab richt zich alleen op de inzet van permanente (stationaire) laadpunten met een kabel (bijvoorbeeld de Combined Charging System (CCS) Combo 2 plug voor laden met gelijkstroom (DC)). Batterijwisselstations, inductief stationair laden en dynamisch laden (o.a. via bovenleidingen) vallen buiten de scope van dit project. Er wordt gekeken naar bestaande stationaire laadtechnieken, maar er is ook de mogelijkheid om nieuwe technologie, zoals de Mega Watt Charging Standard (MCS) te testen. Vrachtwagens kunnen in de meeste gevallen niet AC-laden omdat de vermogensoverdracht daarvan te laag is en het meer dan 10 uur zou duren om een 220 kWh accu op te laden. Verwisselbare accu's worden momenteel ook nog niet toegepast bij logistieke voertuigen in Nederland en vallen daarom eveneens buiten de scope.

1.3.3 Datacollectie

Bij de deelnemende laadpleinen is op verschillende manieren data verzameld:

- Statische data: bevatten informatie ten aanzien van de karakteristieken van de laadpleinen die niet van dag tot dag wijzigen, zoals locatie, aantal laders, vermogens van de laders;
- Dynamische data: bevatten informatie over de laadsessies die in de meetperiode hebben plaatsgevonden. Dit omvat onder andere de duur van de laadsessie en geladen energie;
- Logboeken: zijn bijgehouden door de laadpleinen om zicht te krijgen op gebeurtenissen die niet zichtbaar zijn in de data van de laadsessies, bijvoorbeeld aangereden schade aan de laadpaal of onderhoud;
- Meetings: er zijn één-op-één gesprekken gevoerd tussen Rijkswaterstaat en de laadpleinexploitanten en er zijn consortiumbijeenkomsten georganiseerd waarbij naast

de projectpartners ook andere stakeholders waren aangesloten, afhankelijk van het hoofdonderwerp;

- Enquêtes: zijn afgenomen bij de exploitanten van de laadpleinen voor aanvullende informatie met betrekking tot ervaringen en overwegingen van de exploitanten;
- Experimenten: dit zijn specifieke onderzoeken die we hebben uitgezet omdat bepaalde data niet standaard beschikbaar is, zoals informatie uit voertuigen en de impact op het elektriciteitsnetwerk. Het gaat om de volgende twee experimenten:
 - Experiment 1: Impact van laadpleinen op het onderliggende elektriciteitsnet waarin het effect van laadsessies op bijvoorbeeld (harmonische) verstoringen op het elektriciteitsnet is onderzocht;
 - Experiment 2: ‘Testweek simulatie toekomstig gebruik van laadpleinen’ waarbij er situaties zijn nagebootst met meerdere elektrische vrachtwagens die tegelijk gebruik willen maken van hetzelfde laadplein;

De betrokken laadpleinen hebben een vrije keuze gehad in het al dan niet deelnemen aan deze experimenten.

Deze databronnen zijn in meer detail beschreven in hoofdstuk 2.

De betrokken laadpleinexploitanten hebben de ruimte gekregen om geen informatie te verstrekken over één van de vijf thema’s (ruimtelijke inrichting, techniek, logistiek, energie en businesscase). Verschillende exploitanten hebben van deze mogelijkheid gebruik gemaakt. Uiteindelijk is er op elk van de vijf thema’s door minimaal vier laadpleinexploitanten informatie verstrekt, waardoor er wel voldoende informatie is om waardevolle conclusies uit de data te kunnen trekken.

1.3.4 Data-analyse

Deze data zijn op verschillende manieren geanalyseerd en verwerkt tot informatie en op structurele basis gedurende het project gedeeld met de laadpleinexploitanten en het expertteam. Deze data vormen de basis voor tussentijdse resultaten en conclusies die zijn opgenomen in dit rapport.

Zo zijn er KPI’s (kritieke prestatie-indicator) berekend voor elk van de vijf thema’s zoals benoemd in paragraaf 1.3.1. De KPI’s zijn bij aanvang van het project uitgewerkt in het zogenaamde monitoringsrapport (RWS, 2023(b)). De KPI’s worden bepaald voor elk individueel laadplein, per laadpleintype (publiek, semipubliek en truckparking) en voor alle laadpleinen samen.

Enkele KPI’s die worden berekend zijn:

- Aantal (unieke) gebruikers;
- Gemiddelde oplaadtijd, vermogen en geladen energie;
- Start- en eind-SoC (charge SoC) van voertuigen bij elke laadsessie;
- Bezettingsgraad van de netconnectie en van de laadpuncapaciteit;
- Gemiddelde duur van laadsessies (spreiding dag / week / jaar);
- Coïncidentie (piek)vraag laadplein met (piek)vraag andere gebruikers op netwerk;
- Stroomvraag (verbruiks-/stroomprofielen gedurende de dag en de seizoenen).

1.4 Rollen van betrokken partijen

Zoals hierboven al gesteld, wordt het project gerealiseerd door Rijkswaterstaat in opdracht van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Daarnaast zijn partners betrokken vanuit verschillende domeinen met verschillende rollen:

Overheden:

- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
 - Rol: opdrachtgever voor het project.
- Rijkswaterstaat
 - Rol: opdrachtnemer en uitvoerder van het project
 - Projectmanagement;
 - Contractmanagement;
 - Omgevingsmanagement;
 - Technisch management;
 - Informatiemanagement;
 - Algemeen projectmanagement;
 - Beleidsadvies.
- NAL-regio's
 - Rol: worden actief op de hoogte gehouden van de bevindingen.

Marktpartijen:

- Exploitanten van laadpleinen
 - Rol: meewerken aan het vergaren van data.
 - Ter beschikking stellen van data van het laadplein;
 - Invullen van logboeken;
 - Beantwoorden van enquêtevragen;
 - Bijdragen aan plannen voor experimenten en toestaan van de uitvoering ervan;
 - Aanwezigheid bij gesprekken en bijeenkomsten, verklaren van bevindingen en delen van ervaringen;
 - Operatie van de laadpleinen en implementatie van oplossingen bij relevante situaties.
- Voertuigfabrikanten (DAF, Daimler/Mercedes, FUSO, Volvo en Renault met ondersteuning van de RAI vereniging)
 - Rol: ondersteuning bij ontsluiten van gegevens van batterij-elektrische zware bedrijfswagens:
 - Ter beschikking stellen van voertuigen en chauffeurs voor “Experiment 2”;
 - Aanleveren van voertuigdata, zoals gereden afstand en geladen energie in het kader van “Experiment 2”;
 - Verklaren van bevindingen en delen van ervaringen ten aanzien van het experiment.
- Laadpaalfabrikanten en aanverwante bedrijven zoals ontwikkelaars van reserveringstools
 - Rol: ondersteuning bij ontsluiten van gegevens van laadapparatuur.
- Overige marktpartijen, zoals ontwikkelaars van software, transporteurs, etc.. Deze zijn vooral betrokken op specifieke onderwerpen en hebben op verschillende momenten presentaties gegeven tijdens een consortiummeeting.

Kennisinstelling

- TNO
 - Rol: ondersteuning van Rijkswaterstaat ten aanzien van:
 - Advies over de monitoringsaanpak;
 - Opstellen en zo nodig bijstellen van het monitoringsplan;
 - Opstellen van het dataformat;

- Het opstellen van de enquêtes/vragenlijsten;
- Het beschikbaar stellen van een centrale dataopslag;
- Het waarborgen van vertrouwelijkheid van als zodanig aangemerkte gegevens;
- Het samenvoegen en ordenen van de data zover dat nodig is;
- Het controleren van de data ten aanzien van de kwaliteit (correctheid, volledigheid) en het leveren van terugkoppeling over de geleverde data;
- Monitoren of kennisvragen kunnen worden beantwoord;
- Begeleiding tijdens de monitoringsperiode;
- Het analyseren van de monitoringsgegevens om de kennisvragen per laadplein en over alle laadpleinen te beantwoorden;
- Rapportage van de bevindingen uit de monitoring.

Expertteam

- ElaadNL, NKL, LoLa, Clean Energy Hubs
 - Rol: Kennisdelen en validatie
 - Ophalen van relevante informatie (bijvoorbeeld verzameling van onderstation-data bij de netbeheerders door ElaadNL);
 - Deels analyseren van gegevens (zoals ElaadNL voor de meter);
 - Adviseren over monitoring en analyses;
 - Feedback geven op de rapportages.

2 Methode

Er is gedurende het project op verschillende manieren data verzameld. Deze databronnen zijn gebruikt voor het maken van analyses en het formuleren van antwoorden op de kennisvragen zoals opgenomen in het “Kennisplan Living Lab Heavy Duty Laadpleinen (RWS, 2023) en in 0. Hieronder volgt een nadere toelichting van deze databronnen en methode van verwerking.

2.1 Databronnen

2.1.1 Statische data (laadpleinkarakteristieken)

De statische data geven inzicht in laadpleinkarakteristieken die niet op dagelijkse basis veranderen. Bij aanvang van het LLHDL-project is een template gemaakt dat door de exploitanten van laadpleinen is ingevuld aan zowel het begin als het einde van het eerste jaar van het LLHDL-project. Bovendien is informatie tussentijds verduidelijkt en aangepast waar nodig.

Hieronder zijn enkele voorbeelden opgenomen van de parameters waarvoor data zijn aangeleverd door de laadpleinen (indien van toepassing). De parameters zijn onderverdeeld in de vijf onderzoeksthema's (ruimtelijke ordening, techniek, energie, logistiek en businesscase) zoals toegelicht in paragraaf 1.3.1. De totale lijst met parameters is opgenomen in Bijlage B.

- Ruimtelijke inrichting
 - Opstelling van het laadplein;
 - Opzet van de laadplekken;
 - Klimaatbestendigheid;
 - Geografische kaarten met bovenaanzicht van het laadplein;
 - Beschikbare faciliteiten anders dan voor het opladen van voertuigbatterijen;
- Techniek
 - Specificaties van de lader zoals merk/type en maximaal vermogen;
 - Specificaties van de energiemangementsoftware zoals producent en beschikbare signalen;
 - Toegepaste (communicatie)protocollen;
 - Toegepaste industriestandaarden (ISO-normen);
 - Beschikbare cyberveiligheidscertificaten;
- Energie
 - Specificaties van de netaansluiting, zoals beschikbare/ gecontracteerde energie en vermogen, inkoopprijs van elektriciteit
 - Kenmerken van evt. toegepaste energieopslag zoals producent, kosten, opslagcapaciteit, piekvermogen, aanwezigheid van brandonderdrukkingssystemen en specificaties van verwarmings- en koelsysteem;
 - Kenmerken van eigen lokale duurzame elektriciteitsopwekking, zoals producent, piekvermogen per paneel of windmolen, aantal panelen of windmolens en totaal piekvermogen;

- Logistiek
 - Specificaties van het reserveringssysteem zoals producent, beschikbare functies, methode voor dataverzameling, te reserveren diensten;
 - Specificaties van het voertuigdetectiesysteem;
- Businesscase
 - Inzicht in kosten: CAPEX en OPEX;
 - Inzicht in inkomsten: inkomsten uit verkoop elektriciteit, inkomsten uit verkoop andere producten en inkomsten uit subsidies.

2.1.2 Dynamische data (laadsessies en gebruik netaansluiting)

Met dynamische data wordt bedoeld de data van de laadsessies die hebben plaatsgevonden op de laadpleinen.

Per laadsessie wordt op alle laadpleinen de volgende data geregistreerd:

- Het tijdstip van start en einde van sessie;
- Het tijdstip van start en einde van laden;
- De hoeveelheid geladen energie;
- Het gebruikte gemiddeld en/of max. vermogen;
- Een (anoniem) identificatienummer van de gebruiker (op basis van de aangeboden laadpas of voertuig MAC-adres).

Daarnaast bieden sommige laadpleinen per laadsessie ook inzicht in de:

- Laadtoestand van het voertuig (SoC);
- Betaalmethode;
- Gebruikte eMSP;
- Laadprijs (€/kWh) en totaalprijs van de laadsessie.

Daarnaast leveren hubs ook data over energiestromen en de netaansluiting, zoals:

- Energie en/of vermogen afgenomen van het net elke 5 of 15 minuten;
- Energie en/of vermogen afgenomen door laadplein/laadpaal elke 5 of 15 minuten;
- Data voor energieproductie van zonnepanelen (energie, vermogen) elke 5 of 15 minuten;
- Data voor stationaire batterij (energie, vermogen in- en uitgang, SoC) elke 5 of 15 minuten;
- Laadcurves per geselecteerde laadsessie, met daarin SoC, vermogen en geladen energie per minuut. Aangezien deze data handmatig per laadsessie moeten worden opgehaald worden er 10 van deze curves per maand verzameld. Dit is gebeurd vanaf de start van Experiment 2.

2.1.3 Logboeken (incidenten)

Niet alle relevante informatie ten aanzien van het functioneren van het laadplein volgt uit de dynamische data van de laadpalen en energiemeters, bijvoorbeeld bij bepaalde incidenten. De term incident wordt hier gebruikt voor verschillende typen gebeurtenissen die niet vaak voorkomen of niet eerder voor zijn gekomen. Het kan bijvoorbeeld gaan om storingen, maar ook om een bepaald model vrachtwagen dat voor het eerst het laadplein bezoekt.

Wanneer er sprake is van een incident dan kan dit direct effect hebben op het functioneren van de laadpalen. Denk hierbij aan een storing waardoor er niet meer opgeladen kan

worden. Er kunnen ook incidenten plaatsvinden die het functioneren van de laadpaal niet direct beïnvloeden, zoals een vrachtwagen die een laadpaal of beschermende barrières raakt, terwijl opladen nog steeds mogelijk blijft.

Daarom is aan de laadpleinexploitanten ook gevraagd om een logboek bij te houden en daarin de gegevens van incidenten vast te leggen die optreden tijdens de monitoringsperiode. Zoals beschreven in het meetplan is er aan de exploitanten gevraagd om de volgende informatie te registreren per dag of per week:

- Aantal en type incidenten;
- Opgelopen vertraging vanwege een incident;
- Totale vertraging vanwege incidenten;
- Totaal aantal getroffen HD-BEV;
- Registraties storing en reparatie, inbreuk op de beveiliging (cyber security).

2.1.4 Meetings (reflecties)

Tijdens het eerste jaar van het LLHDL-project hebben er op verschillende momenten in verschillende samenstellingen meetings plaatsgevonden. Zo hebben er maandelijks één-op-één gesprekken plaatsgevonden tussen de laadpleinexploitanten en Rijkswaterstaat om de voortgang van het project te bewaken, de maandelijks aangeleverde data door te spreken en om urgente situaties te bespreken. Daarnaast zijn er consortiummeetings georganiseerd door Rijkswaterstaat waarbij alle laadpleinexploitanten, TNO en expert-partners aanwezig waren. Afhankelijk van het thema waren ook andere relevante externe stakeholders uitgenodigd.

Eén-op-één gesprekken

In de één-op-één gesprekken hebben de laadpleinexploitanten de mogelijkheid gehad om te spreken met Rijkswaterstaat zonder de aanwezigheid van andere laadpleinexploitanten. Tijdens de gesprekken wordt er ook bedrijfsgevoelige informatie besproken. Deze informatie is weggelaten uit dit rapport of geanonimiseerd waardoor het niet herleidbaar is naar het betreffende laadplein.

Consortiummeetings

Gedurende het eerste jaar van het project hebben zes consortiummeetings plaatsgevonden. Tijdens vijf van deze bijeenkomsten is telkens één van de verschillende thema's behandeld, te weten ruimtelijke inrichting, techniek, energie, logistiek en businesscase. Daaraan voorafgaand is het project begonnen met een gezamenlijke kick-off. De resultaten van deze bijeenkomsten zijn gebruikt als input voor dit rapport. Ook hier geldt dat informatie die gedeeld is tijdens de meetings, en die als bedrijfsgevoelig kan worden aangemerkt, niet of enkel geanonimiseerd is opgenomen in dit rapport.

Meetings met externe (markt)partijen

Er zijn gedurende het eerste jaar meerdere gesprekken geweest met externe marktpartijen zoals laadpaalfabrikanten en voertuigfabrikanten. Het doel hiervan is geweest om extra kennis op te doen, maar ook om inzichten te delen die zijn opgedaan tijdens het monitoren.

Overige meetings

Tot slot zijn er nog meetings geweest over specifieke onderwerpen. Ook hier waren in sommige gevallen externe experts bij aanwezig. Voorbeelden van onderwerpen die tijdens deze meetings zijn behandeld zijn verzekeringen van laadpleinen en bebording (bewegwijzering).

Ook zijn er gesprekken geweest met internationale partners en er is kennis gedeeld op symposia zoals het MCS-symposium in Berlijn.

2.1.5 Enquêtes (ervaringen en afwegingen)

Gedurende het eerste jaar van het project zijn er twee verschillende enquêtes afgenomen bij de laadpleinexploitanten. Het doel van deze enquêtes was om inzicht te krijgen in ervaringen die exploitanten hebben opgedaan en afwegingen die zij hebben gemaakt bij de ontwikkeling en realisatie van de laadpleinen.

Dergelijke informatie kan inzicht geven in:

- Hoe de laadpleinen tot stand zijn gekomen;
- De redenen waarom de laadpleinkarakteristieken zijn zoals ze zijn;
- De redenen waarom het laadplein wordt gebruikt zoals het wordt gebruikt;
- Verwachte ontwikkelingen van het gebruik en ontwikkeling van het laadplein.

De toegevoegde waarde van deze enquêtes ten opzichte van de consortiummeetings en de één-op-één gesprekken is dat iedereen dezelfde vragen beantwoordt. Bovendien hebben de exploitanten voor het invullen van de enquête voldoende tijd om informatie op te halen in de organisatie bij collega's die niet direct betrokken zijn bij het LLHDL-project en dus ook niet aanwezig zijn bij de meetings.

De eerste enquête heeft plaatsgevonden in april van 2024. De focus van deze enquête lag voornamelijk op de ervaringen rondom de aanleg van de laadpleinen en de eerste ervaringen na ingebruikname. De tweede enquête vond plaats in januari 2025 en was gericht op het toetsen of de ervaringen gedurende het eerste jaar van gebruik per laadplein zijn veranderd.

2.1.6 Experimenten

Zoals hierboven reeds benoemd, hebben er twee experimenten plaatsgevonden. Deze zijn uitgevoerd omdat bepaalde data niet (continu) beschikbaar zijn zoals informatie uit voertuigen en de impact op het elektriciteitsnetwerk. De laadpleinen hebben de keuze gehad in het al dan niet deelnemen aan deze experimenten. Hieronder volgt een korte beschrijving van beide experimenten. De resultaten van deze experimenten worden samen met data uit andere bronnen gebruikt voor het beantwoorden van de kennisvragen in hoofdstuk 4.

2.1.6.1 Experiment 1: Interactie laadplein met elektriciteitsnet

In dit eerste experiment is de impact van de laadpleinen op het energiesysteem onderzocht. Hiertoe zijn twee typen impact onderscheiden, namelijk:

- De impact op de belasting van het elektriciteitsnetwerk;
- De impact op spanningskwaliteit.

De resultaatverantwoordelijkheid voor de realisatie van het experiment ligt bij ElaadNL.

Impact op belasting van het elektriciteitsnetwerk

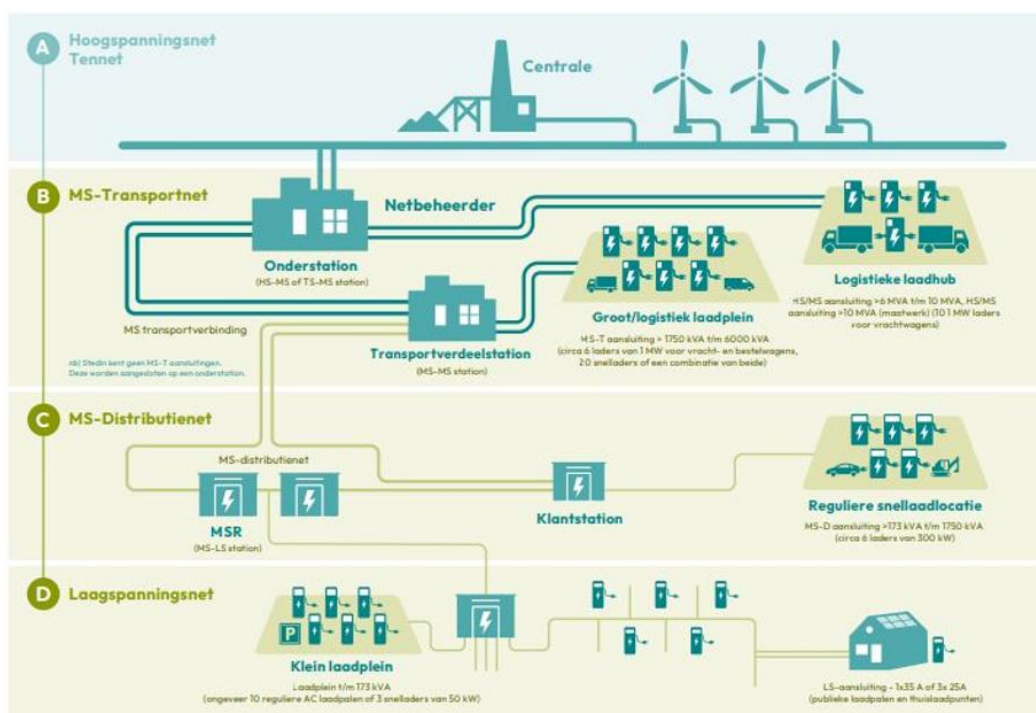
Laadpleinen leggen beslag op capaciteit van het elektriciteitsnet. Op veel locaties is de netcapaciteit echter beperkt. In gebieden waar door de netbeheerders netcongestie afgeroepen is, of zal worden, zal het niet mogelijk zijn voor laadpleinexploitanten om additionele laadinfrastructuur te realiseren. Het uitbreiden van huidige, of installeren van

nieuwe laadpleinen is noodzakelijk voor de verdere opschaling van elektrisch vrachtvervoer, maar is vanwege netcongestie dus niet evident.

Vaak is de netbelasting niet gelijk gedurende de gehele dag, maar verschilt de belasting gedurende de dag. Dat geldt ook voor de laadpleinen, deze zijn (nog) niet continu de gehele dag in gebruik. Als de laadpleinen hun vermogen uit de netten kunnen halen op momenten het net niet of minder belast zijn, kan het net beter benut worden, zoals gesteld in het Landelijk Actieplan Netcongestie. Alternatieve transportrechten kunnen dan een oplossing bieden om laadpleinen toch aan te sluiten op het net ondanks de netcongestie, zij het met tijdsafhankelijke maximale netcapaciteit.

Als de vermogensvraag van de laadpleinen niet buiten de drukke momenten valt, kan gekeken worden of met slim laden de laadvraag verplaatst kan worden naar momenten met minder belasting.

In dit experiment zijn de laadprofielen van de laadpleinen en de vermogensprofielen van onderstations, waarop de laadpleinen zijn aangesloten, in kaart gebracht. Deze profielen zijn naast elkaar gelegd om te onderzoeken of deze complementair zijn aan elkaar, of juist tegengesteld. Hieruit kon de potentie van alternatieve transportrechten en van slim laden worden getoetst.



Figuur 2.1: Overzicht van elektriciteitsnet en aansluitlocatie laadinfra Bron: Analyse netimpact van elektrische mobiliteit (ElaadNL, 2025).

De impact op spanningskwaliteit

Goede spanningskwaliteit is belangrijk omdat het zorgt voor de betrouwbaarheid en efficiëntie van elektrische systemen en apparatuur. Het voorkomt schade aan gevoelige apparaten, vermindert de kans op storingen en uitval, verlengt de levensduur van apparatuur, en zorgt voor een stabiele werking van machines en processen. Daarnaast kan het bijdragen aan lagere energiekosten door efficiënter gebruik van elektriciteit en helpt het om

de veiligheid te waarborgen door te voorkomen dat elektrische storingen leiden tot brand of andere gevaren. Belangrijke indicatoren voor de spanningskwaliteit zijn de powerfactor en de hoeveelheid (supra-)harmonische verstoringen.

Bij vier van de zes betrokken laadpleinen zijn metingen verricht om inzicht te krijgen in de spanningskwaliteit en de effecten van de laadpleinen op het net ten aanzien van harmonische verstoringen. De metingen zijn gedaan met zogenaamde van de PQubes (zie Bijlage F). Deze PQubes verschaffen meer informatie in de spanningskwaliteit op het laadplein en wat de effecten zijn hiervan op het net. Daarnaast zijn de verschillende typen laders die aanwezig zijn op de laadpleinen getest in het testlab van ElaadNL.

2.1.6.2 Experiment 2: Hogere bezettingsgraad door verschillende voertuigmerken (simulatie toekomstig gebruik)

Experiment 2 van het living lab bestond uit een praktijksimulatie van intensieve benutting, waarbij de deelnemende laadpleinen een week lang verschillende keren door een aantal vooraf gekozen elektrische trucks werden bezocht.

Hiertoe hebben vijf voertuigfabrikanten samen zes voertuigen ter beschikking gesteld, namelijk:

- DAF: CF electric;
- Daimler: eActros 300 & eActros 600 (beschikbaar voor één dag);
- Renault: E-TECH T;
- Volvo: FH Aero Electric;
- Fuso: eCanter 7c18e (beschikbaar voor één dag).

In totaal hebben er ca. 70 laadsessies plaatsgevonden. In 45 uur is 7 MWh geladen. Een elektrische bakwagen kan hierop tot ongeveer 7.000 km rijden.

Dit intensieve gebruik van de laadpleinen is bedoeld om zicht te krijgen op mogelijke problemen die kunnen ontstaan bij dergelijk intensief gebruik. Elk laadplein wordt tenminste één keer in de ochtend en één keer in de middag bezocht om op deze manier mogelijke effecten op het energienet te zien.

Om een reëel beeld na te bootsen komen trucks, met een state of charge (SoC)³ van maximaal 30% van de batterijcapaciteit, aan bij een laadplein. Trucks worden maximaal 45 minuten opgeladen, gebaseerd op de rij- en rusttijdenwet⁴. Op die manier kan inzicht worden verkregen hoeveel energie geladen kan worden binnen dit tijdsblok.

Het experiment is uitgevoerd om meer inzicht te krijgen op de volgende onderdelen:

- Prestaties van de laders (laadpalen) in relatie tot het voertuig(techniek);
- Toegankelijkheid van het laadplein en ruimtebeschikbaarheid op het laadplein, ook bij veel gebruikers (ruimtelijke ordening), maar ook de wijze van inparkeren, benodigde draaicirkels en veiligheidspercepties;
- Vindbaarheid en aanrijroute, waarbij nagegaan wordt of een laadlocatie goed wordt weergegeven in navigatie (logistieke processen) en dat niet onverhoopt een aanrijroute wordt voorgesteld via woongebieden;
- Werking van de reserveringssystemen;

³ de resterende capaciteit die beschikbaar is in een batterij op een bepaald moment.

⁴ Zie ook [Wat is er wettelijk geregeld voor de rijtijden en rusttijden bij wegvervoer?](https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/wegvervoer/wetgeving/wet-voortuigen-rij-en-rusttijden) | Rijksoverheid.nl

- De effecten bij incidenten (logistieke processen en ruimtelijke ordening) met aandacht voor zowel de interne als externe veiligheid;
 - Impact van het laden op het elektriciteitsnet bij verschillende bezettingsgraden;
 - Gebruiksvriendelijkheid van het laadplein en de laders;
- Hiertoe zijn zowel kwantitatieve als kwalitatieve data verzameld.

Kwantitatieve data

Gedurende het experiment zijn data vergaard van alle laadsessies. Dit zijn dezelfde data die structureel tijdens het project worden verzameld, zoals beschreven in paragraaf 2.1.2. Daarnaast zijn er data verzameld van de voertuigen, zoals de State of Charge van de batterij, de geladen energie en de laadcurves. Deze data zijn vervolgens aangeleverd aan Rijkswaterstaat en TNO voor verdere analyse.

Kwalitatieve data

Gedurende de testweek zijn de laadsessies geobserveerd door mensen van Rijkswaterstaat, TNO en APPM. Zij vulden hun bevindingen in door middel van een vooraf opgestelde vragenlijst. Hierbij werd onder andere gekeken naar het laadproces, ruimtelijke inrichting van het laadplein en de wijze waarop chauffeurs hun tijd doorbrachten tijdens de laadsessie. Daarnaast werden ook de ervaringen van de chauffeurs verzameld via een aparte vragenlijst, die zij moesten invullen voor elk laadplein dat ze bezochten. Hierbij is bijvoorbeeld gevraagd naar de toegankelijkheid van het laadplein, ervaring met de laadsessie en aanwezige faciliteiten.

2.1.7 Externe databronnen

Naast data die is vergaard bij de zes betrokken laadpleinen, is er voor de beantwoording van de kennisvragen ook gebruik gemaakt van databronnen buiten het project. Het gaat dan om:

- Kennis en publicaties van expertpartners genoemd in Paragraaf 1.4;
- Externe publicaties, bijvoorbeeld op het gebied van cyberveiligheid, kosten van laadpleinhardware en -software;
- Wetgevingsteksten zoals de Alternative Fuel Infrastructure Regulation (AFIR);
- Andere overheidsdocumenten zoals publicaties van de Nationale Agenda Laadinfrastructuur;
- Kennisuitwisseling met internationale partners;
- Workshops: Verzekeren en Bewegwijzering.

Verwijzingen naar deze bronnen zijn gegeven in de rapporttekst.

2.2 Dataverwerking

Alle data zijn verzameld, geharmoniseerd, geanonimiseerd, geanalyseerd en tot slot geverifieerd.

Verzamelen data en valideren

Alle betrokken laadpleinexploitanten is verzocht om bij aanvang van het project te rapporteren over de karakteristieken van het laadplein zoals toegelicht in paragraaf 2.1.1. Duidelijk was dat verschillende exploitanten tijdens de looptijd van het project hun laadplein aan zouden passen dan wel uitbreiden. De daarbij behorende gegevens zijn geactualiseerd naar de thans bestaande situatie.

Verder is de exploitanten gevraagd om maandelijks informatie te verstrekken over het gebruik van het laadplein. Dit omvat het gebruik van alle laadpalen zoals toegelicht in

paragraaf 2.1.2. Elke maand wordt er na aanleveren een check uitgevoerd of de data compleet is en in de juiste vorm aangeleverd.

De logboeken zijn continu bijgehouden. Bovendien zijn er twee keer enquêtes uitgezet bij alle exploitanten, namelijk halverwege 2024 en begin 2025. Beide enquêtes hebben één keer plaatsgevonden.

De data van het eerste experiment zijn gedeeltelijk verzameld via de reguliere maandelijkse dataverstrekking van de laadsessies. Gegevens ten aanzien van de belasting van het elektriciteitsnet zijn verzameld door ElaadNL. Data van het tweede experiment zijn ook verkregen direct vanuit het systeem van de laadpaalfabrikanten en via de reguliere maandelijkse dataverstrekking. Daarnaast hebben de betrokken voertuigfabrikanten gebruiksgegevens van de voertuigen gedeeld.

Harmoniseren

De op de verschillende laadpleinen gebruikte apparatuur en softwaresystemen registreren relevante data op verschillende manieren. Harmonisatie van deze datastromen zorgt ervoor dat uitkomsten consistent en van een vergelijkbare nauwkeurigheid zijn, waardoor ze met elkaar vergeleken kunnen worden. Vanwege het grote aantal gemeten signalen is in dit rapport niet per signaal toegelicht hoe deze harmonisatie tot stand komt. Wel is hieronder op hoofdlijnen weergegeven voor welke verschillen tussen de laadpleinen harmonisatie heeft plaatsgevonden:

- Frequentie: Sommige laadpleinen meten en delen signalen op een hogere frequentie dan andere. Voor de analyse worden alle data geharmoniseerd naar de laagste frequentie die beschikbaar is.
- Plek in het systeem waar een signaal wordt gemeten: Omdat de laadsystemen bij de laadpleinen van elkaar verschillen, verschilt ook de plek waar het signaal kan worden gemeten. Dit leidt ertoe dat data gefilterd moeten worden.
- Verschillende signalen bij verschillende laadpleinen: Bij sommige laadpleinen wordt per laadsessie het gemiddeld vermogen van de laadsessie gedeeld, terwijl bij andere laadpleinen alleen het maximale vermogen van de laadsessie wordt gedeeld. In dat geval wordt een parameter gekozen die in beide databronnen kan worden bepaald.
- Verschillen tussen maanden bij hetzelfde laadplein: Ook binnen hetzelfde laadplein verschilt het gemeten signaal soms van maand tot maand. In dat geval wordt gekozen voor een parameter die bij alle laadpleinen beschikbaar is.
- Verschillen in dataformats van verschillende leveranciers: gedurende het project zijn data aangeleverd door verschillende partijen in verschillende formats. Deze datasets zijn geüniformeerd.

Uniforme berekeningen van parameters die het functioneren van de laadpleinen beschrijven, garanderen dat de getrokken conclusies gebaseerd zijn op dezelfde criteria en betrekking hebben op hetzelfde onderwerp.

Anonimiseren

Voorafgaand aan de analyse van de data, worden de data geanonimiseerd om bedrijfsgevoelige data van laadpleinexploitanten en laadpleingebruikers te beschermen. Dat gebeurt als volgt:

- Per laadplein:
 - Data van elk laadplein worden geaggregeerd per maand zodat individuele laadsessies niet traceerbaar zijn;

- De volgorde waarin de hubs worden weergegeven in figuren en tabellen in dit rapport, wordt altijd willekeurig gerangschikt zodat niet herleidbaar is welke data afkomstig is van welk laadplein.
- Per type analyse:
 - Data worden geanonimiseerd door gewogen gemiddelde waarden op te nemen in figuren, tabellen en conclusies zodat niet herleidbaar is welke data afkomstig is van welk laadplein. Er wordt gewogen op basis van verschillende parameters zoals:
 - Afgenomen netstroom (contractueel);
 - Geïnstalleerd laadvermogen;
 - Aantal geïnstalleerde laadpalen;
 - Aantal laadpunten;
 - Aantal laadplekken.

Voor de analyse van de businesscase zijn zes virtuele configuraties van laadpleinen gemodelleerd op basis van de door de deelnemende laadpleinen aangeleverde data. Hierdoor is het mogelijk een businesscase op te stellen zonder dat individuele gegevens van de laadpleinen openbaar worden.

Analyseren

Nadat alle data zijn geharmoniseerd en geanonimiseerd, worden ze geanalyseerd. Voor de data uit de laadsessies betekent dit dat de KPI's (zoals opgenomen in paragraaf 2.1.2 en in (RWS, 2023 (b))) worden bepaald van maand tot maand voor elk laadplein. In sommige gevallen worden ook statische data gebruikt om deze KPI's te bepalen, bijvoorbeeld het maximaal beschikbare vermogen van de geïnstalleerde laders, om de bezettingsgraad te berekenen. Daarnaast zijn toe- en afritten te analyseren, het oppervlak van de laadplek en de (fysieke) veiligheidsmaatregelen die de exploitanten hebben genomen.

Met de data uit de logboeken wordt maandelijks bekeken hoe het aantal geregistreerde incidenten zich ontwikkelt. Ook de ernst en de duur van de incidenten wordt bekeken. Daarnaast worden de logboeken ook gebruikt om te bespreken welke verbeteringen de laadpleinen doorvoeren om mogelijke incidenten in de toekomst te vermijden.

De resultaten van de enquêtes worden verzameld en samengevat. In de gegeven antwoorden worden de gemene delers gezocht, om te bepalen welke ervaringen gedeeld worden door verschillende laadpleinen en welke ervaringen juist uniek zijn voor één of enkele laadpleinen. In beide gevallen wordt ook de reden hiervan achterhaald.

Data uit de experimenten betreft gedeeltelijk dezelfde signalen die continu worden gemeten. Ook hiermee worden de KPI's bepaald zoals hierboven vermeld. Extra data uit de experimenten, zoals voertuiginformatie, laadgegevens uit het voertuig en impact op het elektriciteitsnetwerk worden via een andere route geanalyseerd.

Verifiëren

De conclusies die volgen uit de analyse worden zoveel mogelijk geverifieerd tijdens meetings. Dit gebeurt zowel in de één-op-één meetings als tijdens de consortiummeetings. Op deze momenten kunnen de laadpleinexploitanten en andere experts meedenken over de getrokken conclusies. Op basis van deze terugkoppeling worden eventueel aanpassingen verricht.

Presenteren

De resultaten worden in de meeste gevallen zodanig gepresenteerd dat ze niet herleidbaar zijn naar de specifieke naam van een laadplein. Er zijn verschillende methoden toegepast:

- Aggregatie
 - Laadplein type (elk type laadplein heeft twee locaties);
 - Alle laadpleinen (of alle laadpleinen waar de data beschikbaar is);
- Anonimiteit: Laadpleinen worden aangemerkt als Hub A-F. De volgorde van deze laadpleinen verschilt per grafiek. Hierdoor is er geen directe koppeling mogelijk tussen de datasets en kunnen de prestaties van specifieke laadpleinen niet eenvoudig worden vastgesteld;
- Verwijderen van assen. Hierdoor kan alleen het patroon worden herkend, zonder dat uit exacte waarden kan worden herleid bij welk laadplein de resultaten horen;
- Normalisatie. Vergelijkbaar met het verwijderen van assen is het hierdoor niet duidelijk welke absolute waarden van toepassing zijn. Dat maakt het lastiger om resultaten direct te herleiden naar een specifiek laadplein.

3 Beschrijving deelnemende laadpleinen

Zoals vermeld in paragraaf 1.3, worden er zes laadpleinen gemonitord. Dit betreft twee semipublieke laadpleinen, twee publieke laadpleinen en twee truckparkings.

3.1 Semipubliek

3.1.1 WattHub

Algemeen

WattHub is een gezamenlijk initiatief van Van Oord, Dura Vermeer, Ploegam en Betuwewind, gericht op het creëren van laadpleinen voor elektrische vrachtwagens en zwaar materieel in Nederland. Het eerste laadplein van WattHub is geopend in september 2023 en is gelegen in Geldermalsen. Het bestaat uit 36 CCS2 DC laadpunten, twee AC IEC-61936 type 2 laadpunten en zes AC power lock type aansluitingen voor containerbatterijen. Het terrein ligt op ongeveer 2,5 kilometer van de snelweg A15. Het is ontstaan vanuit een nabijgelegen dijkversterkingsproject (Mekante Diek) en een lokale energiecoöperatie (Betuwewind). De voertuigen en batterijpakketten die worden gebruikt voor dit bouwproject worden opgeladen op het laadplein van WattHub. Daarnaast is het laadplein ook toegankelijk voor derden. In principe is het laadplein niet bedoeld voor personen- en bestelauto's buiten bezoekers die andere activiteiten op de locatie hebben (bijv. onderhoud). Een gedeelte van de energie die lokaal wordt opgewekt door zonnepanelen en windmolens wordt geleverd aan het laadplein. Dit laadplein is vooralsnog de enige locatie van WattHub.

Ruimtelijke inrichting

De gehele locatie is ca. 6000 m² groot, dus er is 167 m² per laadpunt. Er zijn twee doorrijdplekken voor batterijen (helemaal rechts in onderstaande figuur) en vijf doorrijdplekken voor vrachtwagens. Er zijn 26 laadpunten tussen twee parkeergebieden zonder direct afgebakende parkeervakken (links). Bij het kantoor is ook een aantal parkeerplekken voor auto's met twee AC laadpalen. Per doorrijd-laadplek is ongeveer 83 m² beschikbaar. De laders zijn zo gepositioneerd dat deze te allen tijde aan de rechterzijde van de voertuigen staan. Indien de laadpoort van het voertuig zich aan de andere zijde bevindt, moet het voertuig verder naar achteren worden geparkeerd waardoor het voor een beperkt deel op de doorgang staat. Dit is in principe niet hinderlijk. Er is wachtruimte langs de hoofdroute (beperkte ruimte) en bij de windmolen (onverhard). Er is een klein kantoor/kantine met een koffieautomaat en wat keukengerei. Het terrein is afgeschermd met een poort.



Figuur 3.1: Overzicht van het terrein en laadplekken van WattHub te Geldermalsen.



Figuur 3.2: Toegang, rijrichtingen en uitrit van het laadplein van WattHub te Geldermalsen.

WattHub maakt gebruik van duidelijke bewegwijzering en bebording om de locatie van hun laadplein aan te geven. Bij de ingang van het laadplein is een bord geplaatst dat informatie geeft over het laadplein en de indeling van de laadstations (Figuur 3.3). Daarnaast zijn er langs de toegangsweg verschillende borden geplaatst die in overleg met de lokale overheid zijn opgesteld om de route naar het laadplein aan te geven.

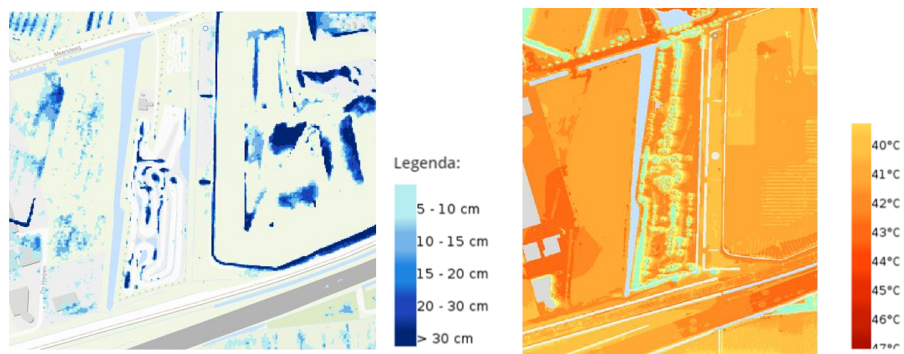


Figuur 3.3: Informatiebord bij de ingang van WattHub geeft uitleg over de zones en beschikbare oplaadpunten.

Tabel 3.1: Omgevingskenmerken WattHub Geldermalsen.

WattHub - Geldermalsen	
Aantal laadplekken	36+
Oppervlakte locatie	6000 m ²
Beschikbaar voor laadstation	6000 m ²
Oppervlak parkeerplaats	83,0 m ²
Doorrit of achteruit?	Doorrit & parallel
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	Meerdere beschikbaar
Totaal aantal parkeerplaatsen	n.v.t.
Voertuigdetectiesysteem	Nee
Openingstijden	24/7

Bij de laadplekken op het terrein van WattHub lijken ook bij hevige regenval geen grote plassen te ontstaan. Rondom het laadplein ligt een sloot voor voldoende afwatering maar er zijn verder geen andere weerrisico's (zie Figuur 3.4) en dus ook geen maatregelen getroffen. Er wordt gewaarschuwd bij ijs op de windturbine. Qua veiligheid is er een dompelbak voor batterijen (niet geschikt voor trucks). Verder is er airconditioning aanwezig in de wachtruimte.



Figuur 3.4: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van WattHub.

Techniek

Voor de 36 DC laders zijn er zes power units geïnstalleerd, elk met een vermogen van 600 kW. Het vermogen wordt verdeeld over meerdere gebruikers indien ze simultaan gebruik maken van een power unit. De satellieten maken gebruik van standaard 5 m snelladerkabel zonder waterkoeling en zijn uitgerust met een CCS2-type stekker. De kabels worden beveiligd door het Kempower kabelbeheersysteem (Figuur 3.5). Voor communicatie wordt er gebruikgemaakt van de protocollen OCPP 1.6 en OCPI 2.2. De informatie op de laadpalen is beschikbaar in vier talen.



Figuur 3.5: Kampower satelliet met kabelbeheersysteem bij WattHub.

Tabel 3.2: Laadkenmerken WattHub Geldermalsen

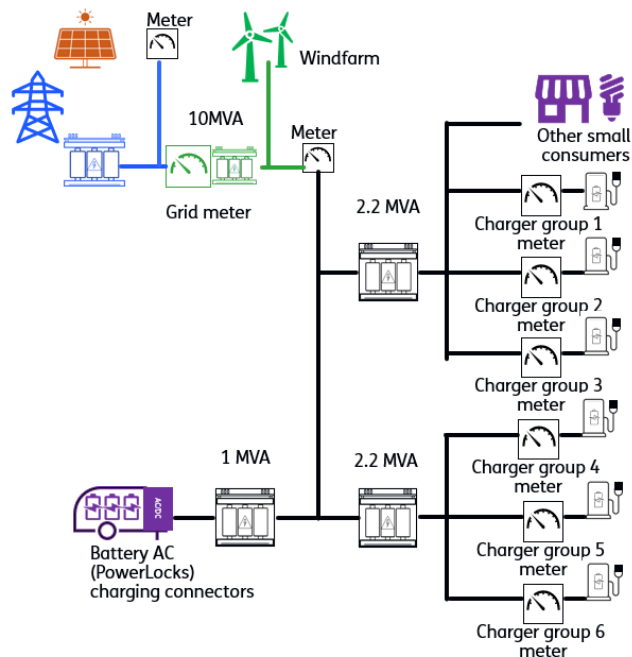
WattHub - Geldermalsen	
Aantal power units	6
Merk(en)	Kempower
Aantal laadpunten	36
Max. vermogen van power units	600 kW
Stekkertype	CCS2
Kabels vloeistofgekoeld?	Nee
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	OCPI 2.1.1 en 2.2
Netwerkverbinding	WiFi 802.11 b/g/n (2.4/5 GHz); Mobile/GPS LTE-FDD, LTE-TDD, WCDMA, GSM; Ethernet RJ45, IEEE 802.3/802.3u
IT-beveiliging	SSH met EFC sleutel
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Engels, Nederlands, Duits, Frans
Managementsoftware	3de partij
Cybersecuritycertificaat	Nee

Energie

WattHub was een van de eerste laadlocaties met een niet-standaard contract met de netbeheerder. In eerste instantie is er gebruik gemaakt van een capaciteitsbeperkend contract (eerdere variant van een tijdsblokgebonden contract). Hierdoor was er overdag tussen 1 oktober 2023 en 1 april 2024 geen netcapaciteit beschikbaar en wel tijdens de nachtelijke uren. WattHub had in 2024 een gecontracteerd vermogen van 2.800 kW via een vollasturencontract. Op momenten van netcongestie kan de netbeheerder contact opnemen met WattHub om de capaciteit (tijdelijk) te beperken.

Naast deze netcapaciteit is er 10.800 kWp aan piekvermogen beschikbaar van de windmolens. De windmolens zijn aangesloten op dezelfde netaansluiting als het laadplein. Daarnaast is er een zonnepark dat vanwege bestaande wetgeving op een aparte netaansluiting zit. Het zonnepark heeft een piekvermogen van 9.300 kWp (zie ook Figuur 3.6 en (TNO, 2025)).

De gelijktijdigheidsfactor (gecontracteerd vermogen netaansluiting / cumulatief vermogen laadpalen) op de netaansluiting bedraagt 78%. Onder ideale omstandigheden voor de windturbines en zonnepanelen, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 558%.



Figuur 3.6: Schematische weergave van de elektrische installatie van WattHub.

Logistiek

WattHub is een semipublieke locatie met gecontroleerde toegang en is omringd door een hek. Doordat er een hek is, kan niet iedereen zomaar naar binnen. Toegang is alleen mogelijk via reservering of door aan te bellen via de intercom (beschikbaar overdag).

WattHub beschikt over een online reserveringssysteem waarmee een laadpunt gereserveerd kan worden. Eventuele vertragingen kunnen ook via de online reserveringssysteem worden gemeld. Als er gereserveerd wordt en er wordt geladen conform de reservering dan kan de afgenomen stroom op de day-ahead markt worden ingekocht. Dit moet een dag van tevoren gebeuren, voor 10:00 uur, anders is de onbalansprijs van toepassing. WattHub rekent geen extra kosten maar belast de stroomkosten door aan de klant. Indien wijzigingen in de reservering na 10.00 uur op de ochtend van de laadsessie worden doorgegeven, kunnen er kosten in rekening worden gebracht.

De beschikbaarheid van de laadpunten is ook inzichtelijk via apps van de meeste eMSP's (e-Mobility Service Providers)⁵ en via de voornaamste navigatieapps die laadinfrastructuur tonen.

WattHub is het enige deelnemende laadplein op een 'greenfield' locatie. Dit houdt in dat het nog niet in gebruik was voor een functie waar het laadplein een aanvulling op is, zoals een tankstation, een truckstop of een truckparking. Daarmee waren er voorafgaand aan het laadplein ook nog geen faciliteiten aanwezig om het verblijf van vrachtwagenchauffeurs te faciliteren. Met de realisatie van het laadplein zijn wel toiletten en een wachtruimte van beperkte grootte gerealiseerd. Deze is alleen toegankelijk met een WattHub pas. Betalen kan via meerdere laadpassen.

⁵ Een eMSP of laaddienstverlener is een partij die laadpassen aanbiedt en die de financiële afhandeling van laadsessies voor haar rekening neemt. De laadpaseigenaar betaalt aan de eMSP die er vervolgens voor zorgt dat het bedrag wordt overgemaakt naar de juiste CPO. Voor de dienst van de eMSP dient meestal ook te worden betaald.

Businesscase

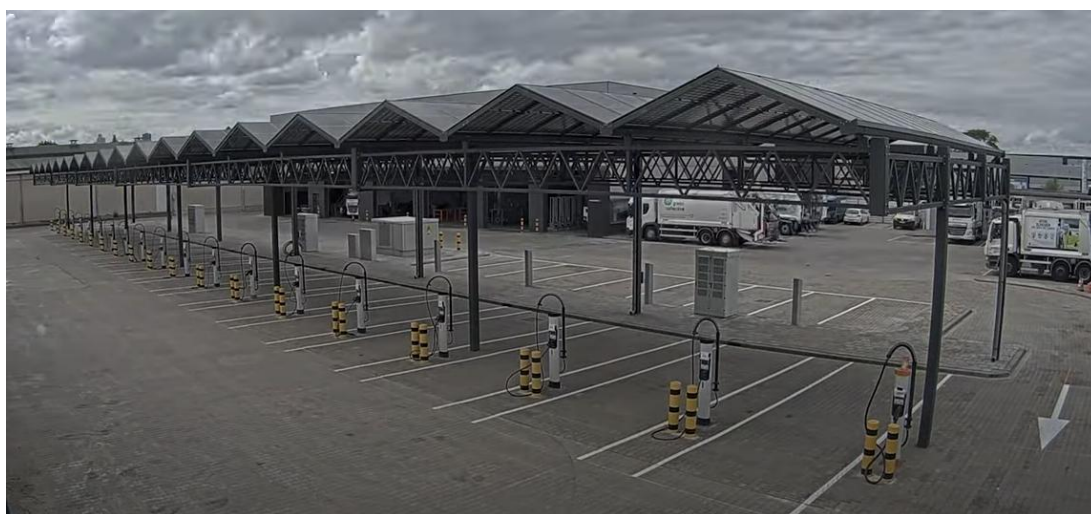
WattHub is een laadpleinexploitant. De inkomsten die worden gegenereerd komen dan ook uit de verkoop van elektriciteit via laadinfrastructuur. Het laadplein is gelegen op grond in eigendom van het afvalinzamelingsbedrijf AVRI (semi-overheid). De duur van de huidige concessie van het laadplein is acht jaar met een optie tot verlengen met vier jaar.

3.1.2 BAT (in samenwerking met Districon, onderdeel van Haskoning)

Algemeen

BAT staat voor Brabants Afval Team Bedrijven N.V. en zamelt afval in bij particulieren, bedrijven en instellingen in de regio Tilburg. De voertuigen van BAT staan op een afgesloten terrein gelegen op een bedrijventerrein nabij het centrum van Tilburg. Op het terrein staan de voertuigen van BAT gestationeerd wanneer ze niet in gebruik zijn, bijvoorbeeld 's nachts. Het terrein is niet openbaar toegankelijk, maar derde partijen kunnen er wel laden volgens vastgestelde openingstijden op werkdagen van 08.00 tot 11.30 en van 13.00 tot 15.30. Of er plaats is om te laden dienen derden af te stemmen met BAT.

Begin 2023 zijn twee laders geplaatst en in juli 2024 heeft er een aanzienlijke uitbreiding van het laadplein plaatsgevonden naar 21 DC-laadpunten. Daarnaast zijn er acht AC-laders zonder kabel aanwezig, maar deze zijn niet meegenomen in de verdere analyse.



Figuur 3.7: Overzicht van het depot en de laadplekken van BAT te Tilburg.

Ruimtelijke inrichting

Het terrein van BAT heeft een oppervlak van ongeveer 17.300 m². Hiervan is ongeveer 4.500 m² beschikbaar voor het laadplein. Dit betekent dat er 214 m² aan ruimte is per laadpunt. In juli 2024 is het aantal laadplekken uitgebreid van twee naar eenentwintig. Hiervan zijn drie laadplekken voor 350 kW en zestien voor 50 kW DC laden. De 350 kW laadpalen onderscheiden zich door een oranje kleur op de paal.

Het terrein heeft beperkte ruimte en is niet ingericht voor het laden van de grootste vrachtwagens, aangezien de reinigingsvoertuigen zo groot zijn als een bakwagen. Dit maakt dat chauffeurs moeten manoeuvreren om het laadpunt te bereiken. Voertuigen dienen hiervoor achteruit in te parkeren in parkeervakken van ongeveer 38 m². Aan het uiteinde is er iets meer ruimte beschikbaar, maar de wegmarkering ontbreekt hier ook.



Figuur 3.8: Toegang en uitrit van het laadplein van BAT te Tilburg.

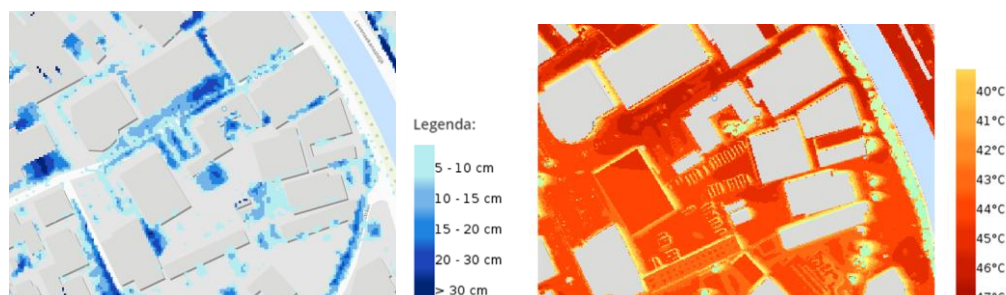
BAT gebruikt geen bewegwijzering en bebording om de locatie van hun laadplein aan te geven. Bij de ingang van het laadplein is geen bord geplaatst met informatie over het laadplein. Daarnaast zijn er geen borden langs de toegangsweg, waardoor het niet laadplein makkelijk te vinden is voor derden. Eenmaal op het terrein wordt de weg naar de laadplek gewezen door het personeel.

Zoals hierboven genoemd, is het laadplein alleen beschikbaar voor derden op momenten dat de eigen voertuigen niet aanwezig zijn. Dit is op werkdagen tussen 8.00 en 11.30 uur en tussen 13.00 en 15.30 uur.

Tabel 3.3: Omgevingskenmerken BAT Tilburg

BAT Tilburg	
Aantal laadplekken	2 / 21
Oppervlakte locatie	17.300 m ²
Beschikbaar voor laadstation	4.500 m ²
Oppervlak parkeerplaats	38 m ² (3,5 x 10,8 m)
Doorrit of achteruit?	Achteruit rijden
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	Veel ruimte, niet specifiek voor wachten bedoeld
Totaal aantal parkeerplaatsen	21
Voertuigdetectiesysteem	Nee
Openingstijden	08:00 - 11:30, 13:00 - 15:00

Bij de laadplekken op het terrein van BAT lijken ook bij hevige regenval geen grote plassen te ontstaan. Elders op het terrein zou dit wel kunnen gebeuren. De nieuwe laadplekken van BAT hebben een overkapping die hittebeperkend werkt. Het effect hiervan is niet zichtbaar in Figuur 3.9.



Figuur 3.9: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van BAT.

Techniek

Tot de zomer van 2024 had het laadplein één laadpaal van 150 kW met twee DC-laadpunten. In juli 2024 is het laadplein van BAT aanzienlijk uitgebreid van twee DC-laadpunten naar 21 DC-laadpunten. Het beschikbare vermogen van de laders is toegenomen van 150 kW naar in totaal 1.750 kW. De nieuwe laders zijn onderdeel van een satellietsysteem. Het satellietsysteem heeft twee omvormercabines van 600 kW en één van 400 kW. Drie satellieten hebben een vermogen van 350 kW en 16 satellieten hebben een vermogen van 50 kW. De vrijstaande lader heeft een vermogen van 150 kW. De satellieten maken gebruik van standaard 7 m snelladerkabel zonder waterkoeling en zijn uitgerust met een CCS2-type stekker. De kabels worden beveiligd door het Kempower kabelbeheersysteem (Figuur 3.10). Er wordt gebruik gemaakt van OCPI 1.6. Bij BAT is de gebruikersinterface beschikbaar in vier verschillende talen.

Tabel 3.4: Laadkenmerken BAT Tilburg

BAT - Tilburg	
Aantal power units	4
Merk(en)	Circontrol / Kempower
Aantal laadpunten	21
Max. vermogen van power units	1 x 150 kW + 1 x 400 kW + 2 x 600 kW
Stekkertype	CCS2
Kabels vloeistofgekoeld?	Nee
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	OCPI 2.1
Netwerkverbinding	4G LTE/WiFi Hotspot/GPRS/GSM
IT-beveiliging	-
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Engels, Nederlands, Duits, Frans
Managementsoftware	3de partij
Cybersecuritycertificaat	Interne eisen gemeente Tilburg (Cloud Computing Eisen en Wensen Informatie Beveiliging)

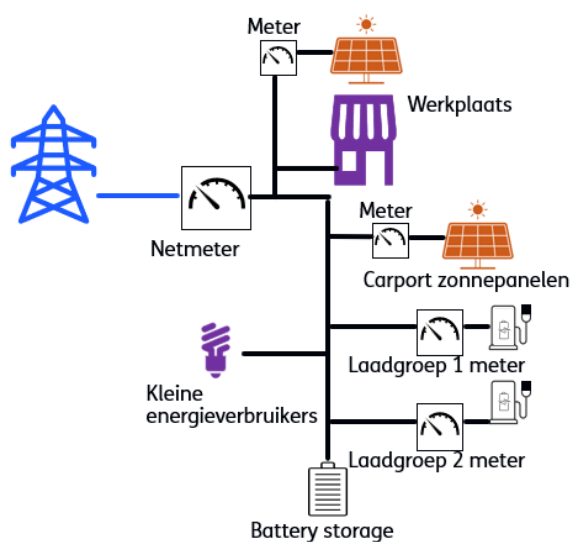


Figuur 3.10: Kampower satelliet met kabelbeheersysteem bij BAT.

Energie

BAT heeft 1600 kW gecontracteerd vermogen beschikbaar. Dit is 24 uur per dag en 365 dagen per jaar beschikbaar. In 2026 wordt de aansluiting waarschijnlijk nog verder uitgebreid. Daarnaast liggen er sinds medio 2024 610 zonnepanelen met een totaal piekvermogen van 275 kWp. Ook is er een stationaire batterij aangesloten om de opgewekte energie in op te slaan.

Gegeven de vier power units met een totaal vermogen van 1.750 kW, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 92%. Onder ideale omstandigheden voor de zonnepanelen, neemt de gelijktijdigheidsfactor toe tot 108%.



Figuur 3.11: Schematische weergave van de elektrische installatie van BAT.

Logistiek

Er is geen online reserveringssysteem beschikbaar voor BAT. Om een laadplek te reserveren kan er telefonisch contact worden opgenomen met BAT. De beschikbaarheid van laadpunten is niet inzichtelijk via apps van eMSP's, noch via navigatieapps. De meeste apps kunnen namelijk geen toegangsbeperkingen laten zien.

Zoals hierboven genoemd is het laadplein van BAT gevestigd op het terrein van de afvalophaaldienst van de gemeente Tilburg. De gebruikers van het laadplein kunnen tijdens de venterstijden gebruik maken van de faciliteiten die in eerste instantie zijn bedoeld voor de werknemers zoals toiletten, een rookgebied en een restaurant. Er zijn geen alternatieve faciliteiten, zoals een winkel, truck wash of luchtpomp voor de banden aanwezig. Het is niet mogelijk om ad-hoc te betalen met een pinpas of creditcard.

Businesscase

BAT wordt gefinancierd door de gemeente Tilburg en heeft geen winstoogmerk. BAT genereert zelf geen inkomsten buiten de verkoop van elektriciteit via het laadplein. Het voortbestaan van het laadplein hangt daarom ook niet af van de hoeveelheid elektriciteit die wordt verkocht. De gemeente Tilburg is eigenaar van zowel BAT als van de grond waar het terrein van BAT op is gevestigd.

3.2 Publiek

3.2.1 Circle K

Algemeen

De oplaadfaciliteiten voor vrachtwagens van Circle K in Sevenum zijn gelegen op het terrein van een tankstation langs de N277 op ongeveer 200 meter van een afrit van de A67. Op deze locatie zijn twee laadpunten aanwezig voor zware voertuigen. Daarnaast worden ook conventionele energiedragers aangeboden. Door het plaatsen van de laders op deze locatie kon ervaring worden opgedaan zonder dat het tankstation opnieuw moest worden ingericht. Het tankstation is ook toegankelijk voor lichte voertuigen (bestel- en personenauto's) en de locatie is 24/7 te gebruiken.

Circle K is een exploitant van openbare tankstations met ruim 400 locaties in Nederland die in 2024 zijn overgenomen van TotalEnergies. Ook het tankstation in Sevenum is tijdens het LLHDL-project overgenomen van TotalEnergies.

Ruimtelijke inrichting

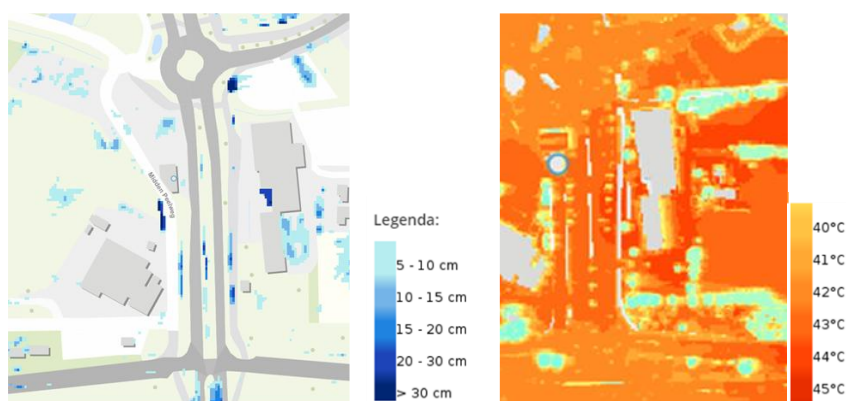
Zoals weergegeven in Figuur 3.14, kunnen de vrachtwagens na de laadsessie doorrijden in dezelfde richting. Per parkeerplaats, waarop geladen kan worden, is ongeveer 95 m² ruimte beschikbaar. Inclusief toe- en afrit, is er ongeveer 875 m² in gebruik voor het laadplein. Er is dus 438 m² aan ruimte per laadpunt. Het totale oppervlak, inclusief de andere tank- en laadfaciliteiten voor zowel zware vrachtvoertuigen als lichte voertuigen bedraagt 3.200 m².

De laadplekken zijn gerealiseerd op plekken waar conventionele vrachtwagens ook al diesel kunnen tanken. Als een vrachtwagen staat te laden, is de plaats niet beschikbaar om diesel te tanken. Gegeven dat de lader tussen twee laadplekken in staat, is er één laadpunt aan de linkerkant van het voertuig en één aan de rechterkant. Voor en achter de laders zijn betonnen barrières geplaatst om aanrijdingen met de tank- en laadinfrastructuur te voorkomen (zie Figuur 3.13).



Figuur 3.12: Overzicht van het tankstation en laadplek van CircleK te Sevenum.

Er is een WADI (Water Afvoer Drainage en Infiltratie) aanwezig op het tankstation die zorgt voor de afvoer van regenwater. Er lijken dan ook bij hevige regenval geen grote plassen te ontstaan. Er zijn geen hittebeperkende maatregelen genomen (zie Figuur 3.13).

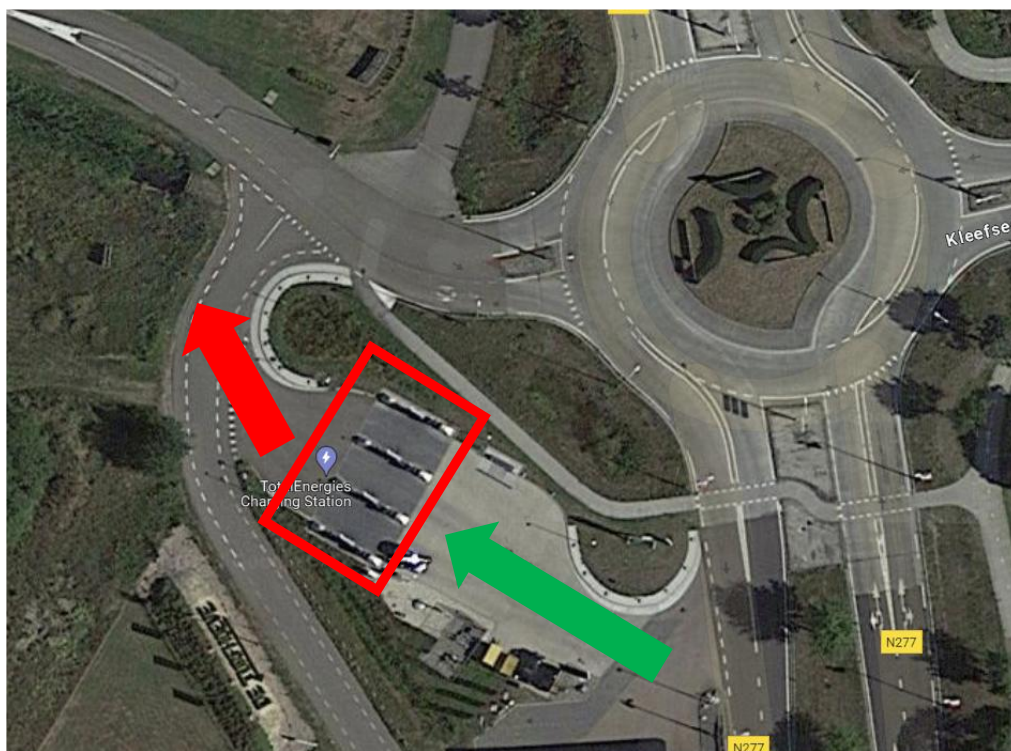


Figuur 3.13: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van CircleK.

Er zijn geen extra parkeerplekken speciaal gereserveerd voor voertuigen die wachten op een vrij beschikbaar laadpunt. Wel is het mogelijk om dicht achter het ladende voertuig te wachten. Als het om twee lange voertuigen gaat (bijvoorbeeld trekker-opleggers), kan dit ertoe leiden dat de doorgaande weg en andere faciliteiten (zoals een beperkt aantal

parkeerplaatsen) niet meer bereikbaar zijn. In dat geval moeten trucks wachten op een nabijgelegen verzorgingsplaats.

De aanrijdroute en uitrijdroute zijn zo ingericht dat het laadplein goed bereikbaar is vanaf de provinciale weg en dat deze na het laden ook weer makkelijk kan worden bereikt. Trucks kunnen vanuit verschillende richtingen het laadplein oprijden waardoor de toegang soms niet soepel verloopt.



Figuur 3.14: Toegang en uitrit van het laadplein van CircleK te Sevenum.

Tabel 3.5: Omgevingskenmerken Circle K Sevenum

Circle K – Sevenum	
Aantal laadpalen	1
Aantal laadplekken	2
Satellietsysteem	nee
Oppervlakte locatie	3.200 m ²
Beschikbaar voor laadstation	190 m ²
Benodigd oppervlak voor laadplein	875 m ²
Oppervlak parkeerplaats	95 m ²
Doorrit of achteruit?	Doorrit
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	0
Totaal aantal parkeerplaatsen	0
Voertuigdetectiesysteem	Nee
Openingstijden	24/7

Circle K gebruikt geen bewegwijzering en bebording om de locatie van hun laadplein aan te geven. Bij de ingang van het laadplein zijn vlaggen/banners van TotalEnergies/Circle K met het laadinfra-logo geplaatst. Er zijn geen borden langs de toegangsweg.

Techniek

Er is één laadpaal aanwezig die maximaal 300 kW aan vermogen kan leveren. Er zijn twee parkeerplaatsen beschikbaar om te laden, één aan elke kant van de laadpaal. In het geval dat twee laadpunten vrij zijn, kan de chauffeur zelf een kant kiezen afhankelijk van de locatie van de aansluiting op het voertuig. Twee voertuigen kunnen simultaan gebruik maken van dezelfde paal. In dat geval wordt het vermogen verdeeld over de aangesloten voertuigen. De Alpitronic lader maakt gebruik van standaard 5 m snelladerkabels zonder waterkoeling, die zijn uitgerust met twee stekkers van het type CCS2, en één CHAdeMO kabel. De kabels worden beveiligd door het Alpitronic “swing arm” kabelbeheersysteem. Er wordt momenteel gebruik gemaakt van OCPP 1.6 en de gebruikersinterface is in verschillende talen beschikbaar.

Tabel 3.6: Laadkenmerken Circle K Sevenum

Circle K – Sevenum	
Aantal power units	1
Merk(en)	Alpitronic
Aantal laadpunten	3
Max vermogen van power units	300 kW
Stekkertype	2x CCS2 en 1x CHAdeMO
Kabels vloeistof gekoeld?	Nee
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	-
Netwerkverbinding	GSM-/CDMA-modem, 10/100Base T-Ethernet
IT-beveiliging	-
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Engels, Nederlands, Duits, Frans
Managementsoftware	3de partij
Cybersecuritycertificaat	Nee

Energie

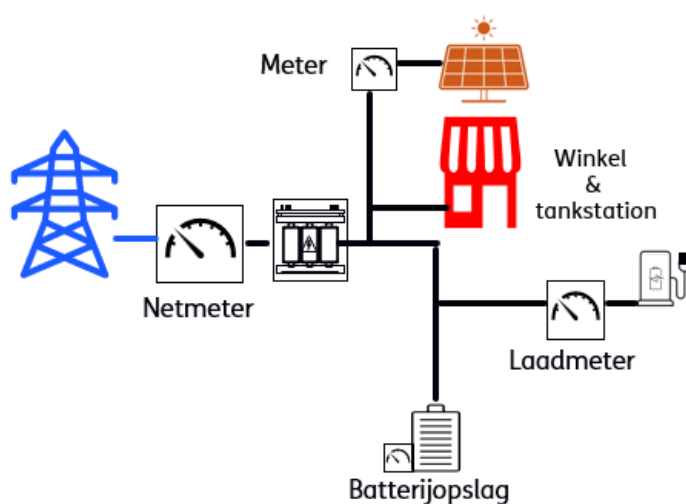
Circle K heeft momenteel een gecontracteerde netcapaciteit van 126 kW. Bij aanvang van het project was dit 55 kW. Hiermee moeten zowel het laadplein als de andere voorzieningen, zoals de shop, van stroom worden voorzien. Dit vermogen is dus de hele dag beschikbaar, elke dag van het jaar. Verder is er een batterij van 422 kWh aanwezig op het terrein (Figuur 3.16) die met maximaal 300 kW kan op- of ontladen. Deze wordt volledig opgeladen direct nadat een laadsessie heeft plaatsgevonden indien er voldoende netcapaciteit beschikbaar is. Dit maximaliseert de kans dat een volgend voertuig op maximaal vermogen kan laden. Er is een energiemanagementsysteem waarmee het laden en ontladen van de batterij wordt beheerd.



Figuur 3.15: Alpitronic lader met kabelbeheersysteem bij Circle K.

Er wordt op het terrein ook elektriciteit opgewekt met zonnepanelen. Er zijn 117 panelen met 38 kWp aan geïnstalleerd vermogen op de overkapping en de shop.

Gegeven dat de laadpaal een vermogen heeft van 300 kW, bedraagt de gelijktijdigheids-factor op de gecontracteerde aansluiting 42%. Inclusief het vermogen van de batterij (300 kW) bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 143%. Op momenten dat de aanwezige zonnepanelen stroom opwekken, is het beschikbare vermogen nog iets hoger en de gelijktijdigheids-factor nog een paar procent hoger.



Figuur 3.16: Schematische weergave van Circle K waarin de netaansluiting, een PV-installatie en een tijdelijke Greener-batterij zijn gekoppeld aan een 300 kW laadpunt.

Logistiek

Er is geen reserveringssysteem voor dit laadplein. Gebruikers kunnen de beschikbaarheid van laadpalen wel zien in apps van verschillende eMSP's en op navigatieapps.

Het laadplein van Circle K is gevestigd op een locatie waarop al een tankstation is. Daarmee zijn ook allerlei faciliteiten aanwezig zoals toiletten, winkel en rookgebied en een luchtpomp voor banden. Een restaurant is er niet. Er wordt betaald met verschillende laadpassen. Het is (nog) niet mogelijk om ad-hoc te betalen met een pinpas of creditcard.

Businesscase

Het Circle K station genereert inkomsten door de verkoop van (fossiele) brandstoffen, elektriciteit en de shop. Het station is gesitueerd op grond die eigendom is van de provincie Limburg. De totale duur van de huidige concessie is 10 jaar.

3.2.2 Shell (in samenwerking met EVConsult)

Algemeen

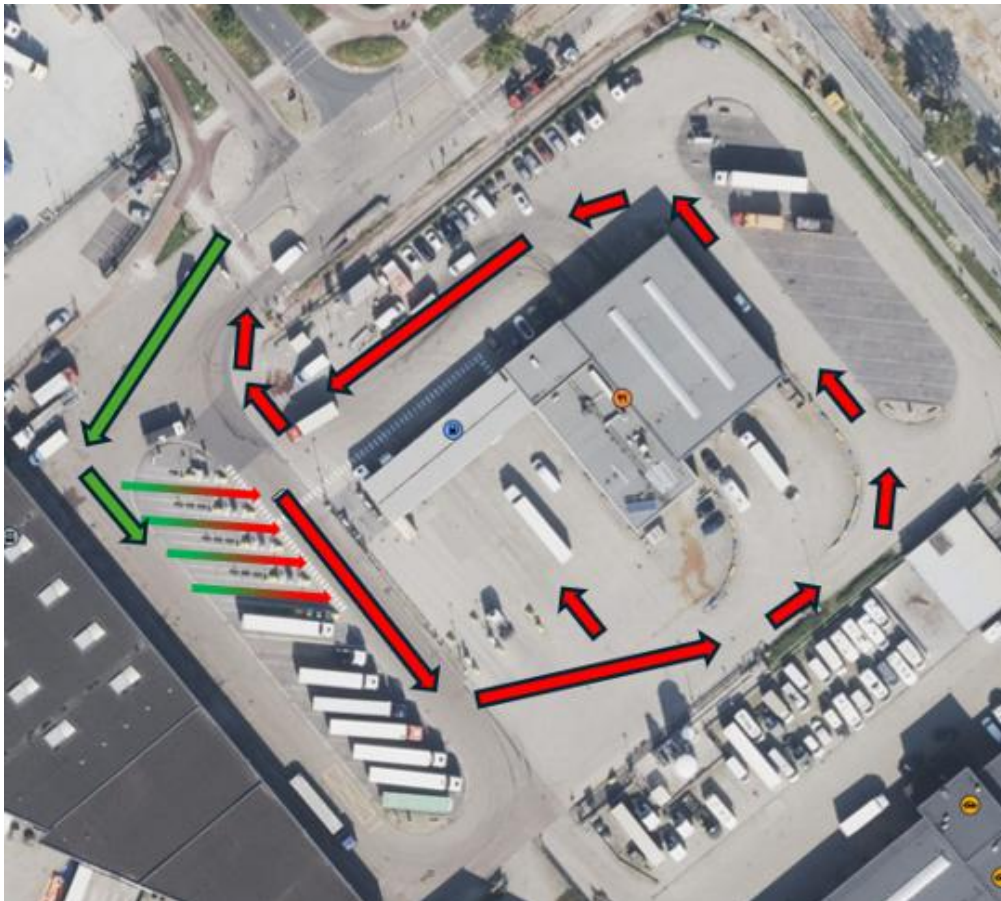
Shell exploiteert ruim 550 openbare tankstations in Nederland, waarvan er circa 200 mede zijn ingericht voor trucks. Het Shell laadplein in Acht (gemeente Eindhoven) is eind 2023 geopend en ligt op ongeveer 1,5 kilometer afstand van de snelweg A2. Het is gebouwd op een bestaand Shell tankstation voor trucks. Hierdoor hoefde er geen nieuwe locatie te worden ontwikkeld. Er zijn vijf laadpalen voor vier laadplekken voor zware voertuigen aanwezig. Op hetzelfde tankstation worden ook andere energiedragers aangeboden zoals benzine, diesel, CNG en LNG. Het tankstation is 24/7 geopend.



Figuur 3.17: Overzicht van het tankstation en laadplekken van Shell te Eindhoven.

Ruimtelijke inrichting

De vier laadplaatsen beslaan elk ruim 121 m². Het laadstation is zodoende ongeveer 600 m². Het totale oppervlak van de Shell-locatie in Eindhoven is ongeveer 14.840 m². De vier plaatsen zijn doorritten waardoor achteruit inparkeren niet nodig is. Er zijn geen speciale parkeer-vakken gereserveerd voor vrachtwagens die wachten op een vrij laadpunt. Echter, de vrachtwagens kunnen gebruikmaken van een van de 23 reguliere parkeerplaatsen om te wachten totdat een laadpunt beschikbaar komt. De laadplekken zijn makkelijk bereikbaar vanaf de hoofdweg.



Figuur 3.18: Toegang en uitrit van het laadplein van Shell te Eindhoven.

Op de openbare toegangsweg zijn wel borden die wijzen naar het tankstation, maar die duiden niet aan dat er een laadfaciliteit aanwezig is. Shell heeft op het eigen terrein wel borden geïnstalleerd om de locatie van hun laadplein aan te geven. Zo zijn er bij de ingang van laadplein en naast de laadplekken borden geplaatst.

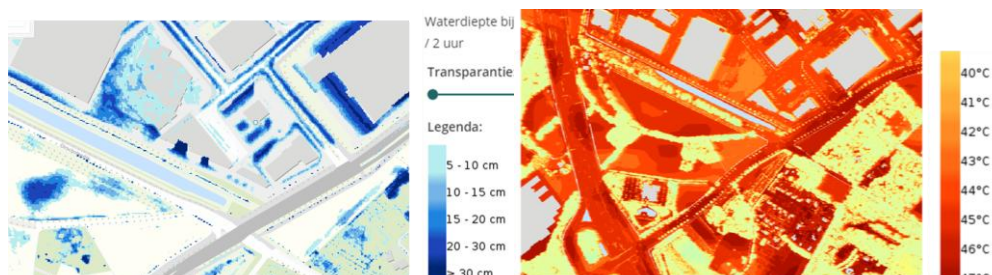


Figuur 3.19: Bebording bij de ingang van het Shell laadplein en van een laadplek.

Tabel 3.7: Omgevingskenmerken Shell Eindhoven

Shell - Eindhoven	
Aantal laadpalen	5
Aantal laadplekken	4
Satellietsysteem	Nee
Oppervlakte locatie	14.840 m ²
Beschikbaar voor laadstation	600 m ²
Oppervlak parkeerplaats	121,5 m ²
Doorrit of achteruit?	Doorrit
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	Veel ruimte, niet specifiek voor wachten bedoeld
Totaal aantal parkeerplaatsen	28
Voertuigdetectiesysteem	Nee
Openingstijden	24/7

Volgens een computersimulatie zouden er bij hevige regenval plassen kunnen ontstaan op een deel van het terrein, maar bij de laders lijkt dat geen probleem te zijn. In de praktijk zijn er bij zware regenval tot nu toe geen problemen geconstateerd. Er zijn lokaal geen elementen aanwezig die hittebeperkend werken (zie Figuur 3.20).



Figuur 3.20: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van Shell.

Techniek

Het laadplein heeft vijf laadpalen met daaraan 8 stekkers, waardoor aan beide kanten van het voertuig een CCS2-stekker beschikbaar is. Hierdoor kan elke laadplek worden gebruikt, onafhankelijk van de laadpoortzijde op het voertuig, zonder dat een kabel naar de andere kant van het voertuig hoeft te worden getrokken. Dit maakt het voor de chauffeur iets makkelijker, maar het vereist ook één extra lader waardoor dit een duurdere oplossing is. De Alpitronic laders maken gebruik van standaard 4,5 m snelladerkabel zonder waterkoeling. Elke lader is uitgerust met twee stekkers van het type CCS2. De kabels worden beveiligd door het Alpitronic “swing arm” kabelbeheersysteem. Indien er twee voertuigen op dezelfde lader zijn aangesloten wordt het vermogen van 300 kW verdeeld. Verder zijn OCPP 1.6 en OCPI 2.1.1 en 2.2 communicatieprotocollen in gebruik. Er zijn vier talen beschikbaar op de gebruikersinterface.

Tabel 3.8: Laadkenmerken Shell Eindhoven

Shell - Eindhoven	
Aantal power units	5
Merk(en)	Alpitronic
Aantal laadpunten	8 x CCS2
Max vermogen van power units	300 kW
Stekkertype	CCS2
Kabels vloeistof gekoeld?	Nee
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	OCPI 2.1.1 en 2.2
Netwerkverbinding	2G/3G/4G GSM-/CDMA modem, 10/100Base T-ethernet
IT-beveiliging	SSH met EFC sleutel
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Engels, Nederlands, Duits, Frans
Managementsoftware	Shell
Cybersecuritycertificaat	ENCS

Energie

Het Shell laadplein heeft een gecontracteerd vermogen van 1200 kW (continu). Dit vermogen is dus 24 uur per dag en 365 dagen per jaar beschikbaar. Gegeven de vijf laadpalen van 300 kW, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 80%. Er is geen eigen opwek of batterijsysteem aanwezig.

Logistiek

Op dit laadplein is een online reserveringssysteem beschikbaar in samenwerking met Travis Road Services. De toegang tot een gereserveerd laadpunt wordt verleend zodra een camera het kenteken herkent en de slagboom opent bij het laadpunt. Het laadpunt kan tot 15 minuten van tevoren worden gereserveerd. Wanneer iemand niet komt opdagen, vervalt na 30 minuten de reservering. Indien alle laders bezet zijn, dan krijgt de chauffeur bericht zodra een lader beschikbaar is. De beschikbaarheid van de laadpunten is ook te vinden in de Shell-app en in de apps van andere eMSP's en op navigatieapps. Het is mogelijk om met de meeste laadpassen te betalen en er zijn ook pinterminals aanwezig voor ad-hoc laden.



Figuur 3.21: Alpitronic lader met kabelbeheersysteem bij Shell.

Zoals hierboven genoemd, is het laadplein van Shell gevestigd op een locatie waarop al een truckstop gevestigd is. Daarmee zijn ook allerlei faciliteiten aanwezig om een langer verblijf van vrachtwagenchauffeurs aangenaam te maken zoals toiletten, een winkel, een restaurant, een rookgebied, een truck wash en een luchtpomp voor banden.

Businesscase

Zoals hierboven beschreven is het laadplein van Shell gelegen op een truckstop. Inkomsten worden gegenereerd door de verkoop van fossiele brandstoffen en uit de winkel. Daarnaast zijn er inkomsten van de concessie voor het restaurant en de truck wash. Shell is eigenaar van de grond.

3.3 Truckparkings

3.3.1 Truckparking Rotterdam Exploitatie (TRE)

Algemeen

In totaal zijn er zes truckparkings in Rotterdam die worden geëxploiteerd door Truckparking Rotterdam Exploitatie BV (TRE). De truckparking aan de Antonie Bodaanweg 99 biedt sinds oktober 2023 laadinfrastructuur aan voor zware vrachtvoertuigen en neemt deel aan het project Living Lab Heavy Duty Laadpleinen. Dit is een afgesloten locatie bij de Waalhaven op ongeveer 750 meter van een afslag van de A15. Het terrein is eigendom van het Havenbedrijf Rotterdam. Op deze bestaande truckparking is een laadplein voor elektrische trucks gerealiseerd. Hierop zijn acht laadpunten beschikbaar via vijf laadpalen.



Figuur 3.22: Overzicht van de Truckparking Rotterdam aan de Antonie Bodaanweg en de laadplekken.

Ruimtelijke inrichting

De laadplekken op Truckparking Rotterdam aan de Antonie Bodaanweg zijn 60 m². De laadplekken zijn gerealiseerd dicht bij de beschikbare faciliteiten. Net als op de meeste parkeerplekken op de truckparking, dient achteruit te worden ingeparkeerd bij de laadplekken.

De truckparking met daarop het laadplein is toegankelijk via een beveiligde ingang. De chauffeur dient zich te melden via een intercom. Er zijn acht laadplekken, vier voor voertuigen met de laadpoort aan de rechterzijde en vier voor voertuigen met de laadpoort aan de linkerzijde. Het is ongewenst om de laders te gebruiken voor voertuigen waarbij de laadpoort aan de andere kant zit dan waar de lader voor bedoeld is.

Tabel 3.9: Omgevingskenmerken Truckparking Rotterdam

TRE - Rotterdam	
Aantal laadplekken	8
Oppervlakte locatie	17.846 m ²
Beschikbaar voor laadstation	-
Oppervlakte parkeerplaats	60 m ²
Doorrit of achteruit?	Achteruitrijden
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	Ruimte beschikbaar, geen toegewijde
Totaal aantal parkeerplaatsen	100
Voertuigdetectiesysteem	Ja, maar (nog) niet in werking
Openingstijden	24/7



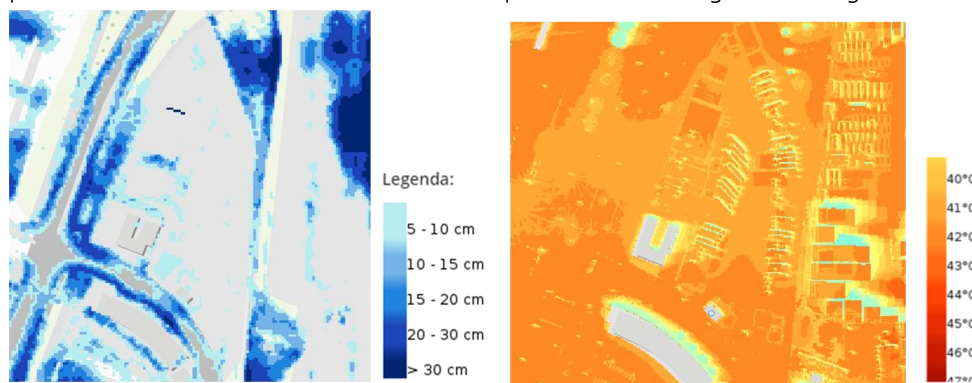
Figuur 3.23: Toegang en uitrit van het laadplein van TRE .

Op de openbare toegangsweg zijn wel borden die wijzen naar de truckparking, maar die duiden niet aan dat er een laadfaciliteit aanwezig is. TRE heeft op het eigen terrein wel borden geïnstalleerd om de locatie van hun laadplein aan te geven. Zo zijn er bij de ingang van de truckparking rond het hekwerk buiten zijn doeken gespannen om aan te geven dat er laadfaciliteiten aanwezig zijn.



Figuur 3.24: Doek met informatie over het laadplein op het hekwerk van TRE.

Bij de laadplekken op Truckparking Rotterdam lijken ook bij hevige regenval geen grote plassen te ontstaan. Verder is er een hitteprotocol aanwezig. Zie ook Figuur 3.25.



Figuur 3.25: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van Truckparking Rotterdam.

Techniek

Op de truck parking zijn vijf power units geïnstalleerd. Twee hebben een vermogen van 350 kW (1 stekker en laadplek per power unit), drie een vermogen van 180 kW (2 stekkers en laadplekken per power unit – 90 kW per stekker). Deze zijn verdeeld over acht laadplekken in totaal. Hiervoor is gekozen zodat TRE zowel nachtelijk laden op een beperkt vermogen kan faciliteren (90 kW) als ook snelladen op hoog vermogen (tot 350 kW).

De ABB-laders maken gebruik van een standaard 5,5 m snelladerkabel. De 180 kW-laders gebruiken kabels zonder waterkoeling en de 350 kW-lader gebruikt een kabel met waterkoeling. Beide typen kabels zijn uitgerust met stekkers van het type CCS2. De kabels worden beveiligd door het ABB “retractable” kabelbeheersysteem. De informatie op de laadpalen is beschikbaar in meer dan 50 talen. Er is geen aparte elektriciteitsvoorziening voor de informatievoorziening (user interface) op de laadpalen. Indien de stroom uitvalt, kan de laadpaal dus geen informatie verstrekken. Er wordt gebruik gemaakt van communicatieprotocollen OCPP versie 1.6 en OCPI versie 2.1.1 en 2.2.



Figuur 3.26: ABB laders met kabelbeheersysteem bij TRE.

Tabel 3.10: Laadkenmerken TRE Rotterdam.

TRE - Rotterdam	
Aantal powerunits	5
Merk(en)	ABB
Aantal laadplekken	8
Max. vermogen van power units	2 x 350 kW en 3 x 180 kW
Stekkertype	CCS2
Kabels vloeistofgekoeld?	Nee voor 180kW Ja voor 350kW
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	OCPI 2.1.1 en 2.2
Netwerkverbinding	3G/4G Modem, Ethernet
IT-beveiliging	SSH met EFC sleutel
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Meer dan 50 talen
Managementsoftware	3de partij
Cybersecuritycertificaat	Nee

Energie

De truckparking heeft een gecontracteerde netcapaciteit van 2.500 kVA. In de toekomst zal dit naar verwachting worden uitgebreid tot 5.000 kVA. Er wordt lokaal geen duurzame elektriciteit opgewekt en er is geen stationaire batterij aanwezig.

Gegeven het vermogen van de laadpalen van 2 x 350 kW en 3 x 180 kW, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 202%.

Logistiek

Een reserveringsysteem voor de laadplekken is nog niet beschikbaar eind 2024. Dit is momenteel in ontwikkeling en komt beschikbaar in 2025. De beschikbaarheid van laadpunten is inzichtelijk via apps van eMSP's en via de meeste navigatieapps.

Aangezien de laadpunten zijn gevestigd op een bestaande truckparking zijn er allerlei faciliteiten aanwezig die nodig zijn voor een langer verblijf van meerdere vrachtwagenchauffeurs. Zo zijn er toiletten, douches en een koffiemachine.

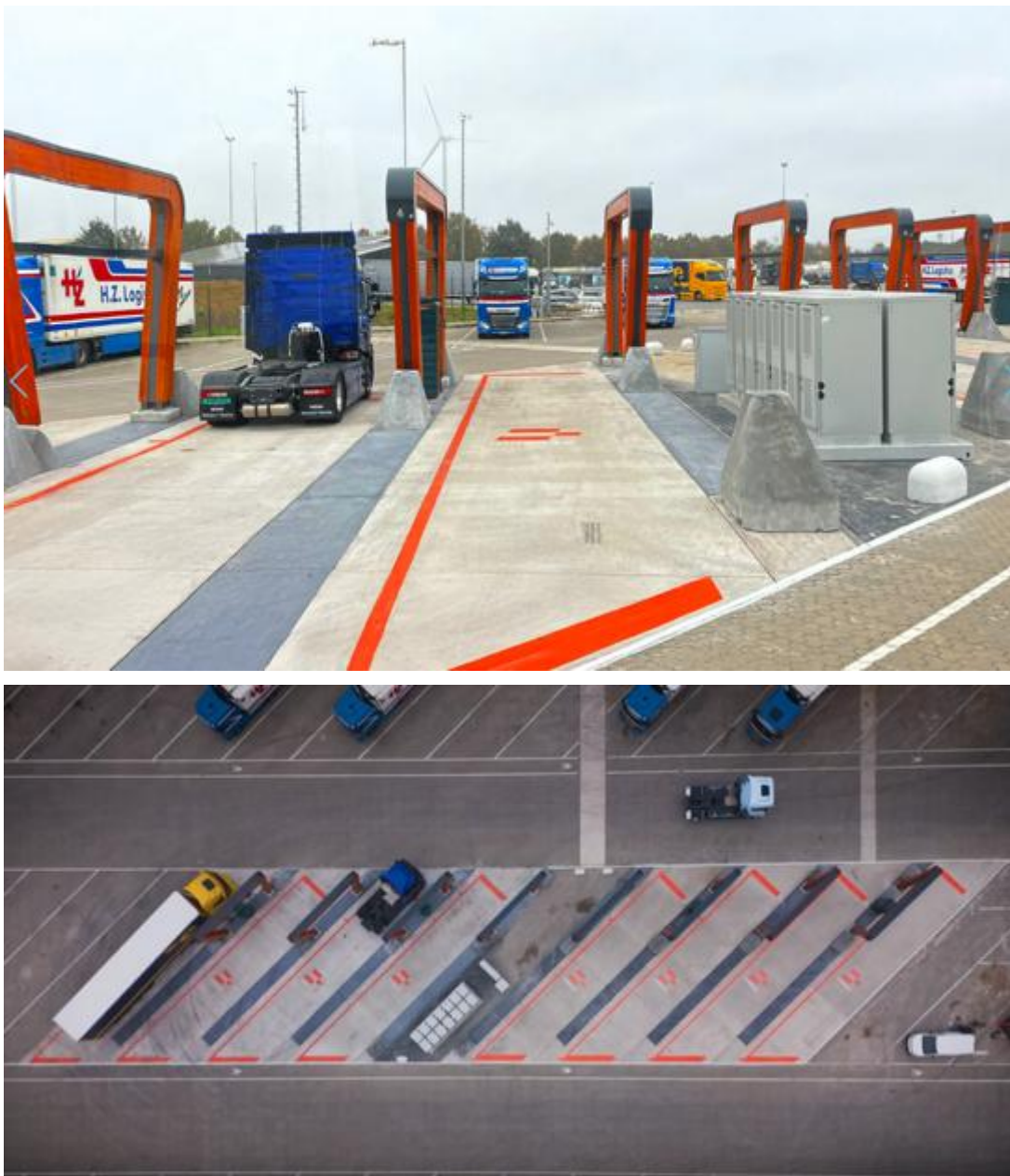
Businesscase

De truckparking genereert inkomsten door het faciliteren van beveiligde parkeerplekken voor vrachtwagens. Daarnaast zijn er inkomsten uit de verkoop van elektriciteit via de laders. Het Havenbedrijf Rotterdam is eigenaar van de grond waarop TRE de truckparking en het laadplein exploiteert. De duur van de huidige concessie is 13 jaar voor de gehele truckparking.

3.3.2 Milence

Algemeen

Milence is een joint venture van Daimler Truck, de TRATON GROUP en de Volvo Group. Milence ontwikkelt een netwerk van openbare snellaadstations voor vrachtwagens in Europa. Het laadplein in Venlo is eind 2023 geopend en is het eerste laadplein van Milence. De locatie in Venlo waarop Milence laadinfrastructuur aanbiedt, is een bestaande beveiligde truck parking die 24 uur per dag toegankelijk is. Er zijn momenteel acht laadpunten aanwezig en een uitbreiding is gepland. De locatie is gelegen op iets minder dan twee kilometer afstand van een afslag van de A67.



Figuur 3.27: Overzicht van de truckparking en laadplekken van Milence te Venlo.

Ruimtelijke inrichting

De acht laadplekken bij Milence zijn elk ruim 93 m² groot. Het totale laadstation had voor de uitbreiding (najaar 2024) een oppervlak van ongeveer 450 m². Dit is circa 113 m² per laadpunt. Na de uitbreiding is het oppervlak ongeveer 1.010 m² of 127 m² per laadpunt. De totale truckparking heeft een oppervlak van bijna 60.000 m². De normale parkeerplekken kunnen ook gebruikt worden door een vrachtwagen om te wachten tot een lader beschikbaar is mochten deze alle bezet zijn. Na het opladen kunnen voertuigen doorrijden in dezelfde richting. De laadplekken zijn gerealiseerd dicht bij de faciliteiten die beschikbaar zijn op de truckparking.

Tabel 3.11: Omgevingskenmerken Milence Venlo

Milence - Venlo	
Aantal laadplekken	8
Oppervlakte locatie	59.225 m ²
Beschikbaar voor laadstation	1.010 m ²
Oppervlak parkeerplaats	93,4 m ²
Doorrit of achteruit?	Doorrit
Aantal wachtplaatsen vrachtwagens	Veel ruimte, geen toegewijde
Totaal aantal parkeerplaatsen	390
Voertuigdetectiesysteem	Ja
Openingstijden	24/7



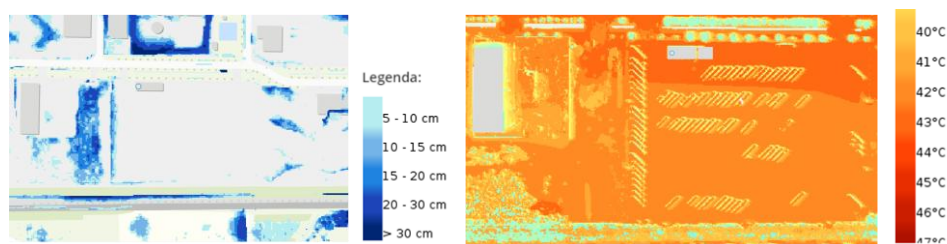
Figuur 3.28: Toegang en uitrit van het laadplein van Milence te Venlo.

Op de openbare toegangsweg zijn wel borden die wijzen naar de truckparking, maar die duiden niet aan dat er een laadfaciliteit aanwezig is. Milence heeft op het eigen terrein wel borden geïnstalleerd om de locatie van hun laadplein aan te geven. Zo is er bij de ingang van de truckparking een bord geplaatst.



Figuur 3.29: Bebording bij de ingang van Truckstop Venlo (Milence).

In Figuur 3.30 lijken er plassen te ontstaan bij hevige regenval. Echter, deze kaarten in de rekenmodule zijn nog gebaseerd op de situatie voor de uitbreiding van de truckparking. Tijdens de uitbreiding is de grond opgehoogd waardoor er in werkelijkheid hoogstwaarschijnlijk geen probleem zal ontstaan. Bij aangrenzende terreinen zou dit wel kunnen gebeuren. Er zijn lokaal geen elementen aanwezig die hittebeperkend werken (zie Figuur 3.30).



Figuur 3.30: Overzicht van potentiële wateroverlast (bij 70 mm regen in 2 minuten) en hitte (in 2050) op het terrein van Milence.

Techniek

De vier power units hebben elk een vermogen van 400 kW dat wordt verdeeld indien twee voertuigen tegelijk gebruik maken van dezelfde lader. De Alpitronic lader maken gebruik van 5 m snellader kabel met waterkoeling en zijn uitgerust met twee stekkers van het type CCS2. De kabels worden beveiligd door het Alpitronic “swing arm” kabelbeheersysteem (Figuur 3.31). Er wordt gebruik gemaakt van OCCP versie 1.6 en OCPI 2.2.1. De informatie op de laadpaal kan worden weergegeven in vier verschillende talen. Er wordt momenteel gewerkt aan een ENCS cybersecuritycertificaat.

Er is geen aparte elektriciteitsvoorziening voor de informatievoorziening (user interface) op de laadpalen. Indien de stroom uitvalt, kan de laadpaal dus geen informatie verstrekken.

Tabel 3.12: Laadkenmerken Milence Venlo

Milence - Venlo	
Aantal powerunits	2 (Q4 2023 – Q4 2024) en 4 (sinds november 2024)
Merk(en)	Alpitronic
Aantal laadpunten	8
Max vermogen van power units	400 kW
Stekkertype	CCS2
Kabels vloeistofgekoeld?	Ja
Vermogen delen tijdens simultaan laden?	Ja
Communication OCPP	OCPP 1.6
Communication OCPI	OCPI 2.2.1
Netwerkverbinding	GSM/3G/4G; 10/100 base-T Ethernet
IT-beveiliging	SSH met EFC sleutel
Energievoorziening voor communicatie	Elektriciteitsnetwerk
Talen beschikbaar	Engels, Nederlands, Duits, Frans
Managementsoftware	3de partij
Cybersecuritycertificaat	Nee

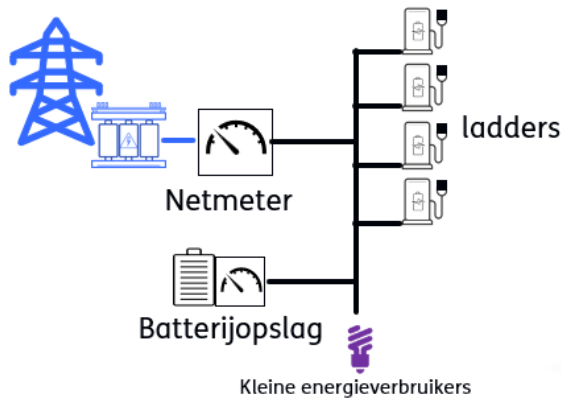


Figuur 3.31: Alpitronic lader met kabelbeheersysteem bij Milence laadplein.

Energie

Milence maakt gebruik van de netaansluiting van de truckparking. Die heeft is een gecontracteerd vermogen van 700 kW. Daarnaast is een stationaire batterij aanwezig met een capaciteit van 1.100 kWh en een maximumvermogen van 520 kW. Er wordt ter plaatse geen elektriciteit opgewekt. Het laadvermogen wordt gelijkmatig verdeeld over actieve sessies totdat de SoC van de BESS (Battery Energy Storage Systems) onder 20% komt, waarna alleen 680 kW netstroom wordt gebruikt waarbij een veiligheidsmarge van 20 kW in acht wordt genomen. De BESS laadt automatisch op wanneer er netcapaciteit beschikbaar is.

Gegeven de vier laders van elk 400 kW, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor bijna 44%. Wanneer vermogen uit de batterij beschikbaar is, bedraagt de gelijktijdigheidsfactor 76%. In werkelijkheid zal de gelijktijdigheidsfactor wat lager zijn omdat het gecontracteerde vermogen ook nodig is voor andere systemen op de truckparking en daarom niet volledig beschikbaar is voor het laadplein.



Figuur 3.32: Diagram van de elektrische installatie van Milence Venlo.

Logistiek

Er is momenteel geen reserveringssysteem beschikbaar, maar hier wordt aan gewerkt en het zal medio 2025 beschikbaar zijn. Een beschikbaar laadpunt bij aankomst is hierdoor niet gegarandeerd. De beschikbaarheid van laadpunten wordt wel weergegeven op apps van verschillende eMSP's. Via Google Maps is dit niet inzichtelijk. Indien vooraf het kenteken is doorgegeven, gaat de toegangspoort tot de truckparking automatisch open.

Doordat het laadplein van Milence is gevestigd op een truckparking, zijn er faciliteiten aanwezig om het langdurig verblijf van vrachtwagenchauffeurs te faciliteren. Denk hierbij aan toiletten, douche- en wasgelegenheid, WiFi en een restaurant. Een luchtpomp voor banden is er niet. Niet alle laadpassen worden geaccepteerd. Wel kan er ad-hoc worden betaald met pinpas of creditcard.

Businesscase

De truck parking genereert inkomsten van de trucks die er betaald verblijven. Het laadplein genereert enkel inkomsten door de verkoop van elektriciteit via de laders.

4 Geleerde lessen

In dit hoofdstuk worden de kennisvragen behandeld die bij aanvang van dit project zijn geformuleerd in het Kennisplan Living Lab Heavy Duty Laadpleinen (RWS, 2023). De kennisvragen zijn ook opgenomen in 0. De uiteindelijke kennisvragen zijn in een iteratief proces tijdens het project nog verder aangescherpt, waarbij onderwerpen naar voren zijn gekomen die begin 2023 nog niet duidelijk waren.

Met behulp van de databronnen en methoden, die zijn besproken in hoofdstuk 2, zijn verschillende analyses uitgevoerd. De uitkomsten hiervan geven antwoorden op de kennisvragen. De conclusies zijn onderverdeeld in vijf thema's: ruimtelijke inrichting (paragraaf 4.3), techniek (paragraaf 4.4), logistiek (paragraaf 4.5), energie (paragraaf 4.6) en businesscase (paragraaf 4.7). Verder zijn er conclusies die niet direct te relateren zijn aan één van deze thema's. Deze zijn opgenomen in paragraaf 4.2 onder het kopje "algemeen".

4.1 Overzicht kennisvragen

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de kennisvragen:

- Wat is per type laadplein een passende laadoplossing voor een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030?
 - Wat zijn de overwegingen en initiële keuzes voor een passende laadoplossing?
 - Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing?
- Wat is nodig op het gebied van verschillende tools (zoals planningstools, management van resterende SoC en reserveringssystemen) om de laadinfrastructuur goed aan te laten sluiten bij de ontwikkeling van de batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025?
 - Welke energiebehoefte hebben de gebruikers met betrekking tot laden? Bijvoorbeeld alleen bijladen om de eindbestemming te bereiken of volledig volladen? Is het een standaard onderdeel van dagelijkse operatie?
- Welke voorzieningen helpen te voorkomen dat een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een gegeven locatie bijdraagt aan overbelasting van het elektriciteitsnetwerk in 2025 en 2030?
- Wat is de meest geschikte ruimtelijke inrichting van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030?
 - Wat zijn de minimale eisen die gesteld moeten worden aan de ruimtelijke inrichting van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030?
 - Wat zijn de overwegingen en initiële keuzes geweest bij de inrichting van het laadstation?
 - Was dit een passende inrichting in de huidige situatie en is dit op langere termijn ook een passende inrichting?
- Wat moet een locatie-eigenaar minimaal ingericht hebben of waar moet minimaal aan voldaan zijn, bij het toegankelijk maken van een (semi)publiek toegankelijke laadlocatie?
- Wat is de impact van een incident (bijv. ongeluk of systeemstoring) op de mogelijkheden van een vloot elektrische trucks om te voldoen aan de laadbehoefte? Kan dit hersteld worden zodat er alsnog aan de behoefte kan worden voldaan?

- Wat is een passende rolverdeling tussen de verschillende stakeholders bij de realisatie van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen?
- Wat is de businesscase van een (semi)publiek toegankelijke laadfaciliteit voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein in 2025 en richting 2030?
- Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van laden op (semi)publiek toegankelijke laadfaciliteiten?
- Wat zijn de kansen voor het optimaliseren van de logistieke laadvraag en de energiehuishouding op industrie- en bedrijventerreinen?

4.2 Algemeen

De meeste heavy duty laadpleinen zijn gebouwd op locaties die al in gebruik waren door de exploitant voor andere doeleinden. Op deze manier zijn laadpleinen gerealiseerd door onder andere Circle K, Shell en TRE, waarbij geschikte locaties zijn geselecteerd op basis van het potentieel voor een voldoende zware netaansluiting. De laadinfrastructuur van BAT is uitgebreid op een bestaand depot om een groeiende vloot vrachtwagens te bedienen en tevens laadmogelijkheden aan derden aan te bieden.

Het eerste laadplein van Milence is gerealiseerd op een beveiligde truckparking nabij een belangrijke corridor naar Duitsland, zodat voldoende vrachtverkeer verzekerd kon worden. Er zijn echter uitdagingen ondervonden bij het verkrijgen van een adequate netaansluiting. Net als bij Circle K is daarom een batterijopslagsysteem (BESS) ingezet om alle oplaadpunten van voldoende vermogen te voorzien.

Andere laadpleinen hebben ook moeite ondervonden om een voldoende zware netaansluiting voor hun infrastructuur te realiseren. De locatie van WattHub is bijzonder omdat deze is gebouwd als onderdeel van een dijkversterkingsproject in Tiel en is gepositioneerd nabij hernieuwbare energiebronnen. Desondanks is er sprake van problemen bij het verkrijgen van voldoende netvermogen tijdens perioden waarin het windturbinepark geen energie produceert. Hoewel er een zonnepark in de buurt is, wordt door regelgeving een directe aansluiting niet toegestaan, waardoor zonne-energie indirect via de hoofdnetverbinding wordt verkregen.

Bij alle laadpleinen wordt toegang verleend aan derden. Publieke locaties zijn 24 uur per dag toegankelijk. Truckparkings bieden overdag gratis toegang voor opladen. Voor laden gedurende de nacht dienen wel parkeerkosten te worden betaald. Semipublieke locaties stellen laadmogelijkheden alleen tijdens de operationele uren beschikbaar. Bij Watthub is er 24-uurs toegang voor de gecontracteerde klanten.

Verder is geconstateerd dat de publieke laadpleinen ook bezocht worden door personenauto's omdat zij zichtbaar zijn in navigatie-apps zoals Google Maps. Bij truckparkings en semipublieke locaties is er echter beperkt laadtoegang voor personenauto's, waardoor het van belang is om via de applicatie duidelijk te communiceren of een oplaadpunt uitsluitend voor vrachtwagens bedoeld is of ook geschikt is voor gemengd gebruik.

Op publieke laadpleinen en truckparkings zijn gemiddeld ongeveer acht oplaadpunten geïnstalleerd met een totaal vermogen van meer dan 1 MW. Semipublieke locaties beschikken over een groter aantal oplaadpunten ter ondersteuning van de eigen vloot, waarbij ook overnachtingsgebruik wordt waargenomen, zonder dat de maximale bezetting gedurende de nacht wordt bereikt.

4.3 Ruimtelijke inrichting

In deze paragraaf over ruimtelijke inrichting zijn conclusies opgenomen ten aanzien van:

- inpassing van het laadplein in de omgeving (paragraaf 4.3.1);
- ruimtelijke kenmerken van de laadpleinen, zoals toegang, veiligheid en comfort (paragraaf 4.3.2);
- de ruimtelijke inrichting van de laadplek, zoals parkeerinrichting, veiligheid en comfort (paragraaf 4.3.3).

Hoofdboodschap: Bij de inrichting van het laadplein dient erop gelet te worden aan welke zijde van de laadpaal het voertuig kan worden geparkeerd om te laden, in verband met de positionering van de aansluiting op het voertuig. Bij het benaderen van de lader moet direct duidelijk zijn aan welke zijde het voertuig moet parkeren om te kunnen laden. Daarnaast is het raadzaam het maximaal beschikbare vermogen te vermelden. Verder is het raadzaam om bij de plaatsing van de laadinfrastructuur goed rekening te houden met de manoeuvreerruimte van voertuigen. Dit voorkomt dat voertuigen bij het in- of uitrijden van de laadplek onbedoeld de laadpaal raken of de laadkabel meenemen, bijvoorbeeld met de achterzijde van het voertuig. Daarom is het aan te bevelen om, ook in de spiegels, goed zichtbare en hoge aanrijbeveiligingen te plaatsen om schade aan de laadinfrastructuur te voorkomen. Daarnaast is het belangrijk om de voor- en nadelen af te wegen van doorrijplekken en plekken waar achteruit moet worden ingeparkeerd. Doorrijplekken met een aanrijroute nemen doorgaans meer ruimte in beslag, maar zorgen voor een snellere doorstroming en een lager risico op schade. Achteruit inparkeren vereist minder ruimte, maar kost meer tijd en brengt een groter risico op aanrijdingen met zich mee, vooral bij beperkte zichtlijnen. Faciliteiten die het verblijf aangenaam maken zijn wenselijk vanwege de langere verblijfsduur. Het is wenselijk om vanaf de openbare weg duidelijk aan te geven dat er een heavy duty laadplein is. Daarnaast zou bij het laadplein zichtbaar moeten zijn welke laadplekken beschikbaar zijn of binnenkort vrijkomen. Dit voorkomt onnodige opstoppen en invoegen op de doorgaande weg als er geen bufferplekken zijn om te wachten/parkeren.

4.3.1 Inpassing van het laadplein in de omgeving

De selectiecriteria voor de locatie van een laadplein hangen af van de functie die het laadplein vervult. Zo kiezen exploitanten van publieke laadpleinen de locatie bij voorkeur zodanig dat:

- er reeds voldoende netcapaciteit beschikbaar is;
- de kosten beperkt zijn, bijvoorbeeld doordat de locatie al in bezit is en wordt gebruikt om andere diensten aan te bieden;
- de kans op afzet van elektriciteit zo groot mogelijk is, bijvoorbeeld op een locatie bij een weg met veel vrachtverkeer en met beperkte concurrentie in de omgeving.

Exploitanten van truckparkings zijn beperkter in hun keuze voor een locatie, maar zullen ook rekening houden met deze criteria. Voor de semipublieke laadpleinen die betrokken zijn bij het Living Lab geldt dat de locatie is gekozen op basis van beschikbaarheid van ruimte en wat handig is voor de 'eigen' vloot.

Uit de resultaten van de enquête onder de betrokken laadpleinexploitanten blijkt dat gemeenten en andere overheden nauwelijks betrokken waren bij de initiëring van het laadplein, tenzij de gemeente een belang heeft in de vorm van eigendom van de grond dan wel bedrijfsparticipatie, zoals bij BAT in Tilburg.

De grondeigenaar verschilt per laadplein. Bij één laadplein is de exploitant zelf eigenaar, bij één de provincie, bij twee laadpleinen is de gemeente grondeigenaar en bij de laatste twee is de grond eigendom van een semipublieke organisatie. In de gevallen waar de laadpleinexploitant zelf geen eigenaar is, zijn er contracten waarin de huur- of concessie-termijn is vastgelegd. Deze periode varieert tussen 8 en 13 jaar. De wijze waarop de concessieduur de businesscase beïnvloedt, wordt behandeld in paragraaf 4.7.2.

Of en welke vergunningen nodig zijn voor het realiseren van de laadfaciliteiten verschilt sterk. Dit hangt voornamelijk af van de functie van de locatie voordat het laadplein was gerealiseerd. Laadpleinen zonder overkapping zijn niet direct vergunningsplichtig. Afhankelijk van de bestaande functie van de locatie, is er mogelijk een aanpassing in het omgevingsplan nodig. Hierin is vooral de milieucategorie relevant (VNG, 2024). Toch heerst er bij de omgevingsdiensten nog veel onduidelijkheid over dit onderwerp. Zo geldt voor bestaande tankstations en truckparkings die op het bestaande terrein een laadfunctie toevoegen, dat extra vergunningen in veel gevallen niet nodig zijn. Als er een stationair batterijsysteem wordt gerealiseerd, is een specifieke vergunning vereist (PGS 37). Bij nieuw te bouwen laadpleinen, die eerder een andere bestemming hadden, kan het verkrijgen van een omgevingsvergunning een grotere uitdaging zijn. Dit kan bijvoorbeeld te maken hebben met de stikstofregels of de verkeer aantrekkende werking van het laadplein. Bij de opschaling van laadpleinen moet rekening worden gehouden met de doorlooptijd van vergunningverlening.

Verschillende laadpleinexploitanten geven aan dat het lastig is om geschikte locaties te vinden om laadpleinen op te realiseren. Dit kan komen door het niet kunnen verkrijgen van een netaansluiting of omdat de functie “laadplein” niet past in het bestaande bestemmingsplan. Een van de redenen hiervoor is dat er bij gemeenten onzekerheid bestaat over hoeveel extra verkeersbewegingen een laadplein aantrekt. Voor reguliere tankstations bestaan wel voorspellende modellen, maar voor laadpleinen voor trucks nog niet. Echter, als er een rekenmethode voor zou worden ontwikkeld, zou deze erg lijken op de methode voor reguliere tankstations.

Bovendien kunnen bestaande concessies een belemmering vormen. Wanneer een gemeente al een concessie heeft uitgegeven voor fossiele brandstoffen (of zelfs voor laadinfrastructuur) dan denken gemeenten soms dat er geen tweede initiatief naast kan of mag. Echter, dit blijkt juridisch wel te mogen (NAL, 2024(b)). Daarnaast zijn verschillende overheidsinstanties niet altijd gelijkgestemd. Zo kan het zijn dat de ene overheidsinstantie graag een laadplein wil realiseren, maar dat de andere overheidslaag het daar niet mee eens is. Voor een succesvolle opschaling van laadpleinen is betere afstemming tussen overheden en duidelijke communicatie naar de ondernemers waardevol.

Zoals toegelicht in hoofdstuk 3, zijn bijna alle betrokken laadpleinen goed bereikbaar vanaf het hoofdwegennet. Alleen het terrein van BAT ligt in het centrum van de stad Tilburg, waardoor het niet logisch is om vanaf de snelweg naar dit laadplein te rijden enkel om te laden. Voor elektrische voertuigen in stadslogistiek zou deze locatie wel aantrekkelijk kunnen zijn.

Verder is het raadzaam om vanaf de openbare doorgaande weg duidelijk de richting aan te geven naar het laadplein, bijvoorbeeld om te voorkomen dat vrachtwagens ongewild in een niet voor hen geschikte omgeving terechtkomen.

Dit wordt ook verder behandeld in paragraaf 4.6.5 over de vindbaarheid van de laadpleinen. Een belangrijk onderdeel hiervan is de bewegwijzering en de bebording. Op het

hoofdwegennet gelden richtlijnen van de NBd⁶ (beheerd en gepubliceerd door CROW) omdat uniformiteit belangrijk is. Op het onderliggend wegennet hebben lokale overheden meer vrijheid voor specifieke borden. Ook hierbij geldt dat uniformiteit belangrijk is, omdat dit leidt tot duidelijkheid bij de chauffeurs. Om wegbewijzing op de openbare weg gerealiseerd te krijgen dient een laadpleinexploitant een verzoek in te dienen bij de verantwoordelijke instantie. Deze zal vervolgens bepalen of en waar wegbewijzingsborden worden geplaatst.

Naast duidelijke markering van de route, is het ook waardevol om op de doorgaande weg al inzicht te geven in de beschikbaarheid van vrije laadplekken om onnodige opstoppen te voorkomen.

4.3.2 Ruimtelijke kenmerken van de laadpleinen

Toegang

Een belangrijk kenmerk van publieke laadpleinen is dat ze vrij toegankelijk zijn. Bijvoorbeeld op de locatie van Circle K is de lader makkelijk bereikbaar voor al het verkeer en daarmee ook voor personen- en bestelauto's. Shell heeft slagbomen geïnstalleerd zodat een gereserveerde laadplek alleen beschikbaar is voor degene die gereserveerd heeft. Wanneer er geen reserveringen zijn, kan Shell ervoor kiezen om de slagbomen open te laten of te sluiten. Tot en met juni 2024 waren de slagbomen gesloten wanneer er geen reservering was. Vanwege het beperkte aantal reserveringen (zie paragraaf 4.6.2) is ervoor gekozen om de slagbomen weer te openen wanneer er geen reservering is. Hierdoor kunnen de laadpalen ook gebruikt worden door andere voertuigen. Bij truckparkings worden in principe alleen vrachtwagens binnengelaten, waardoor er geen of nauwelijks lichte voertuigen komen.

Voor sommige laadpleinen is informatie beschikbaar over het voertuigtype dat laadt. Hieruit blijkt dat het aandeel laadsessies door bestel- en personenauto's tot 70% kan bedragen. In het vervolg van het project zal op basis van informatie over batterijgrootte meer inzicht worden verkregen over het aandeel personen- en bestelauto's dat gebruik van de betrokken laadpleinen.

Vanwege de nog beperkte vraag naar (semi)publieke laadpleinen vanuit gebruikers van zware vrachtvoertuigen, vormt het gebruik door lichte voertuigen nog geen probleem. Naar verwachting gaat het aantal elektrische vrachtwagens in de komende jaren echter aanzienlijk groeien. Wanneer dit gebeurt, heeft het ontvangen van bestel- en personenauto's op laadpleinen mogelijk een negatief effect op veiligheid en afzet. Daarom is het bij het ontwerp van laadpleinen raadzaam om de toegang zo te ontwikkelen dat lichte voertuigen kunnen worden geweerd.

Parkeren

Het aantal laadplekken dat wordt gerealiseerd verschilt per laadplein. Bij de betrokken laadpleinen was de keuze voor het aantal laadplekken gebaseerd op het verwachte aantal gebruikers (niet te veel overcapaciteit). De keuze voor het aantal laadplekken wordt in sommige gevallen bepaald door de beschikbare netcapaciteit. In dit laatste geval zouden meer snelladers wellicht wenselijk zijn, maar kunnen deze niet worden gerealiseerd omdat het beschikbare vermogen op de netaansluiting beperkt is. Een groot deel van de laadpleinen heeft fysiek nog ruimte om uit te breiden. De krappe netcapaciteit beperkt de mate waarin publiek laden van elektrische vrachtvoertuigen kan worden gefaciliteerd en kan daarmee de groei van elektrische vrachtvoertuigen beperken.

⁶ <https://kennisbank.crow.nl/kennismodule/publicationdetail/675>

Bij conventionele tankstations is achteruitrijden niet nodig om te kunnen tanken. Ook bij de bij dit project betrokken publieke laadstations die zijn ontworpen voor externe gebruikers is dit niet nodig. Truckparkings en semipublieke depots vereisen vanwege efficiënt gebruik van ruimte vaak wel van chauffeurs dat ze achteruit inparkeren. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de draaicirkels van de voertuigen. Voor chauffeurs die toch al vaak achteruit moeten inparkeren, zal dit minder een probleem zijn. Op locaties waar veel unieke gebruikers komen met verschillende mate van ervaring is het raadzaam om doorrijdplekken te realiseren om reparatiekosten als gevolg van schade aan de laadpalen te beperken. Ook kost achteruit inparkeren meer tijd. Met een doorrijplek kan dus vertraging voorkomen worden. Voor publieke laadpleinen heeft het daarom de sterke voorkeur om doorrijdplekken te realiseren waarbij achteruit inparkeren niet nodig is. Bovendien heeft het de voorkeur om laadplaatsen naast elkaar te realiseren en niet achter elkaar. Dit voorkomt dat ladende vrachtwagens een blokkade vormen voor een vrij laadpunt voor hen. Parallelle laadpunten vergroten de beschikbaarheid. In specifieke gevallen kan het wel goed zijn om laadpunten achter elkaar te realiseren, zoals bij WattHub waar deze configuratie wordt gebruikt om voertuigen en de uitneembare batterijpakketten van bouwmaschinen op de aangekoppelde trailer tegelijk te kunnen opladen.

Om toekomstige (verkeers-)hinder te voorkomen is het van belang om opstelplaatsen te realiseren voor wachtende vrachtwagens. De huidige bezettingsgraad van de laadpunten is (nog) beperkt (zie ook paragraaf 4.7.3). Hieruit kan worden geconcludeerd dat er relatief veel (semi)publieke laadinfrastructuur is ten opzichte van het aantal elektrische vrachtwagens op de weg in Nederland. Er zijn daardoor momenteel in de praktijk nauwelijks vrachtwagens die moeten wachten doordat alle laadpunten op een laadplein bezet zijn door andere voertuigen. Echter, de verwachting is dat de bezettingsgraad in de toekomst zal stijgen als gevolg van een toename van het aantal elektrische vrachtwagens. Hierdoor zal het aantal wachtende vrachtwagens op drukke momenten gaan toenemen.

Ook is het raadzaam om op laadplekken niet ook andere brandstoffen zoals diesel aan te bieden. Een voertuig dat diesel staat te tanken kan de laadplek blokkeren voor een elektrische vrachtwagen. Andersom geldt hetzelfde in sterkere mate omdat laadsessies langer duren dan tanksessies.

Bewegwijzering en bebording

Wegbewijzering met behulp van goed geplaatste en duidelijke verkeersborden naar en op het terrein is belangrijk zodat het laadplein gevonden kan worden. Dit voorkomt onnodige verkeersbewegingen en mogelijk ook draaien en keren. Hiermee worden potentieel ook gevaarlijke verkeerssituaties voorkomen. De verschillen tussen de betrokken laadpleinen zijn aanzienlijk op dit punt. De meeste betrokken laadpleinen beschikken al over een manier om chauffeurs in de goede richting te wijzen maar bij enkele ontbreekt dit nog. De partijen die hier nog niet over beschikken, werken hier wel aan. Er is momenteel nog geen standaard bebording beschikbaar. Ook hier worden de eerste stappen voor gezet.

Slechts één van de laadpleinen heeft bewegwijzering op de route naar het laadplein die aangeeft dat het om een laadplein voor vrachtwagens gaat. Bij twee andere locaties is wel bewegwijzering naar de locatie (truckparking of truckstop), maar geen specifieke aanduiding voor de laadfaciliteiten. Voor het plaatsen van bewegwijzering op de aanrijroute naar een laadplein is actieve samenwerking met de lokale overheid nodig. Vijf van de zes laadpleinen hebben een bord voor truckladen bij de ingang van het laadplein. Twee van de laadpleinen hebben specifieke bebording op iedere laadplek met informatie over de laadpaal. In sommige gevallen geeft alleen de laadpaal het maximum laadvermogen aan.

Tabel 4.1: Samenvatting van borden die bij laadpleinen worden gebruikt.

Type bord	Aanrijdroute	Ingang laadplein	Laadplein laadlocatie	Laadplek
BAT	Geen	Geen	Geen	Geen
WattHub	Aanwezig	Zelf ontwikkelde borden	Aanwezig	Geen
Circle K	Geen	Banners met laadpaal logo	Bord bij laadpaal	Geen
Shell	Alleen locatie (niet specifiek laadplein)	Zelf ontwikkelde borden	Aanwezig	Groot bord bij elke laadpaal (tussen laadpaal en paaltjes) met indicatie t.a.v. laadvermogen
TRE	Alleen locatie (niet specifiek laadplein)	Aanwezig	Aanwezig	Groot bord bij elke laadpaal (tussen laadpaal en paaltjes) met indicatie t.a.v. laadvermogen
Milence	Geen	Twee zelf ontwikkelde borden (een per toegangslaan)	Geen	Geen

De bovenste vier afbeeldingen in Figuur 4.1 tonen voorbeelden van bewegwijzering en bebording die door verschillende laadpleinen op dit moment zelf zijn ontwikkeld en toegepast. Deze borden zijn vaak informatief, maar verschillen in vormgeving en betekenis. Het onderste bord is een voorbeeld van een officieel verkeersbord voor opladen van elektrisch voertuigen, maar niet vrachtautospecifiek. Er bestaat een duidelijke behoefte om laadpleinen voor vrachtwagens te onderscheiden van laadpleinen voor personenauto's, aangezien deze verschillen in doelgroep en gebruik.

**Figuur 4.1:** Voorbeelden van bebording die wordt gebruikt bij laadpleinen ter informatie over de aanwezigheid van laadpunten.

Veiligheid

Veiligheid op de laadpleinen kan op verschillende manieren worden geborgd en vergroot. Naast bewijzing en bebording kunnen ook duidelijke looproutes voor de chauffeurs (inclusief eventuele zebapaden) en goede verlichting de verkeersveiligheid vergroten. Op de meeste van de betrokken laadpleinen is dit goed geregeld. Op een aantal kan de veiligheid op deze manier nog verder worden verbeterd.

Een ander element om rekening mee te houden is dat elektrische vrachtwagens sneller kunnen accelereren dan dieseltrucks. Het verschil in acceleratie kan leiden tot te hoge snelheden, voornamelijk op plekken waar er lange rechte stukken zijn. Minder ervaren vrachtwagenchauffeurs kunnen onderschatten met welke snelheid de bocht gemaakt kan worden. Momenteel geven vervoerders hun dure elektrische trucks echter vooral aan hun meest ervaren chauffeurs. Daarmee zijn de huidige gebruikers niet per definitie representatief voor de gemiddelde chauffeur. Mogelijk dat dit in de toekomst voor problemen kan zorgen. Om dit aan te pakken kunnen verschillende oplossingen worden toegepast, zoals drempels. Het toepassen van snelheidsborden is hier niet altijd voldoende.

Op één van de betrokken laadpleinen is een dompelcontainer voor batterijen aanwezig omwille van (brand)veiligheid. Dit was een eis van de veiligheidsregio. Deze container kan wel worden gebruikt voor batterijpakketten die op de locatie worden opgeladen, maar niet voor elektrische vrachtwagens.

Op vier van de laadpleinen zijn camera's aanwezig om de situatie te monitoren. Camera-toezicht is raadzaam om de veiligheid te vergroten.

Comfort

De aanwezigheid van faciliteiten voor de chauffeurs is bij elektrisch laden van groter belang dan bij tanken, omdat het opladen van vrachtwagens (nog) aanzienlijk langer duurt dan het tanken van vloeibare of gasvormige brandstoffen. Dit betekent ook dat chauffeurs langer op de laadlocatie verblijven. Op locaties waar conventionele voertuigen eerder ook al lang verbleven, zoals Truckparking Rotterdam in de Waalhaven, hoeven geen extra faciliteiten te worden gerealiseerd. Op locaties waar langduriger verblijf beperkt of niet voorkwam, voordat er laadinfrastructuur werd gerealiseerd, dienen in veel gevallen wel extra voorzieningen te worden gerealiseerd. De kwaliteit van de faciliteiten wordt verder behandeld in paragraaf 4.6.6).

4.3.3 Ruimtelijke inrichting van de laadplek

Parkeren

De beschikbare ruimte en de lengte van de laadkabel (vanwege kosten, hanteerbaarheid en spanningsverlies) zijn leidend voor de inrichting van de laadplekken. Bij het ontwerp wordt uitvoerig gekeken naar de positie van de laadplek, het type laadplek en de technische installaties om de ruimte zo efficiënt mogelijk te benutten.

De grootte van de parkeerplek bepaalt welke voertuigtypen gebruik kunnen maken van de laadplek en ook hoe makkelijk het is om in te parkeren. De laadplekken van de betrokken laadpleinen zijn al beschreven in hoofdstuk 3. Hieronder zijn ze nog een keer opgenomen in een overzichtstabel (Tabel 4.2).

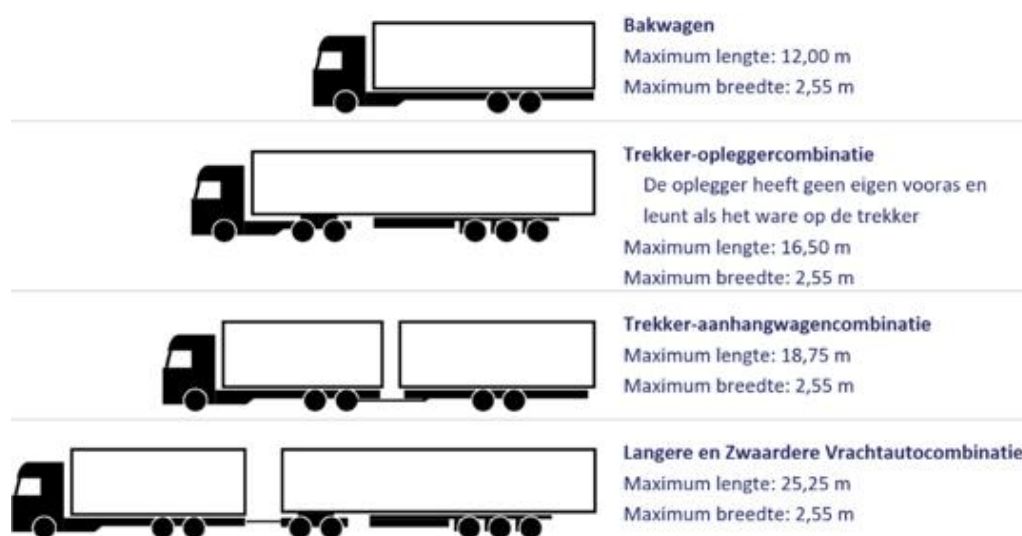
Uit deze tabel wordt duidelijk dat het oppervlak van de laadplekken sterk verschilt per laadplein. Bij Shell zijn de laadplekken lang genoeg om te kunnen laden met Lange Zware Voertuigen (LZV's). De 'openbare laadplekken' bij WattHub, zoals aangegeven in Figuur 3.3,

bieden onvoldoende ruimte voor LZV's. Echter, bij de laders in de 'WattHub zone' is wel voldoende ruimte. De plaatsing van laders aan het begin en in het midden van de laadplekken geeft de mogelijkheid om zowel het voertuig als de trailer tegelijkertijd te laden. Bij vier andere laadpleinen zijn de plekken te klein voor LZV's maar wel voldoende groot voor trekker-opleggercombinaties. Hierbij dient wel te worden opgemerkt dat de laadplekken bij de truckparking Rotterdam zijn gerealiseerd op bestaande parkeerplaatsen waarvoor achteruit diende te worden ingeparkeerd. Deze zijn relatief smal om zoveel mogelijk voertuigen de mogelijkheid te kunnen bieden op de truckparking (langdurig) te parkeren. Als gevolg hiervan zijn de laadplekken bij de Truckparking Rotterdam ruim een factor anderhalf kleiner dan bij Circle K en Milence, die dezelfde voertuigtypes kunnen ontvangen.

Voor het laadplein van BAT geldt dat de laadplekken zijn ingericht met de eigen vloot als prioriteit. Daarom zijn de plekken groot genoeg voor bakwagens (vuilniswagens), maar niet voor trekker-opleggers. Indien derden dergelijke voertuigen komen laden op het laadplein van BAT dienen zij vanwege de beperkte diepte van de parkeerplaatsen hun opleggers af te koppelen en te stallen buiten het terrein.

Tabel 4.2: Grootte van laadplekken bij de verschillende betrokken laadpleinen

Laadplein	Breedte [m]	Lengte [m]	Oppervlakte [m ²]	Maximaal voldoende voor
Truckparking Rotterdam (TRE)	3	20	60	Trekker-opleggercombinatie
Circle K	4,3	22	95	Trekker-opleggercombinatie
WattHub				Trekker-opleggercombinatie, maar LZV kan worden gefaciliteerd op laadplekken bedoeld voor opladen van batterijen.
Shell	3,95	21	82	
Shell	4,5	27	124	Trekker-opleggercombinatie en LZV
BAT	3,5	10,8	38	Vrachtauto's (bakwagen, vuilniswagen)
Milence	4,15	22,5	94	Trekker-opleggercombinatie



Figuur 4.2: Overzicht van groottes van verschillende typen trucks

Momenteel hebben voertuigen van bijvoorbeeld DAF, Mercedes-Benz en MAN de aansluiting aan de linkerkant van het voertuig (vanuit de positie van de chauffeur), terwijl Volvo en Renault de aansluiting aan de rechterkant hebben. In Tabel 4.3 zijn de aantallen in Nederland geregistreerde vrachtoertuigen opgenomen. De lichtste categorie vrachtoertuigen is hieruit weggelaten omdat zij ook kunnen laden bij laadpunten voor personen- en bestelauto's. Indien wordt aangenomen dat de aansluitkant van de voertuigen in de categorie 'overig' hetzelfde is verdeeld over links en rechts als van de voertuigen waarvan de aansluitkant wel bekend is, heeft ongeveer 80% van de elektrische vrachtoertuigen in de Nederlandse vloot de lader aan de rechterkant.

Tabel 4.3: Aantal in Nederland geregistreerde vrachtoertuigen (exclusief lichte vrachtwagens)⁷

Merk	Aantal geregistreerde voertuigen in NL	Aandeel	Zijde aansluiting lader
Volvo	539	42%	Rechts
Renault	147	11%	Rechts
Daimler	133	10%	Links
BYD	54	4%	Rechts
DAF	47	4%	Links
IVECO	45	3%	Links
FUSO	36	3%	Rechts
Overig	290	22%	----

Uit het gebruik van de verschillende laadplekken per laadplein is er een voorkeur zichtbaar voor laadplekken waarbij de lader aan de kant van de aansluiting zit. Bijvoorbeeld op het laadplein van Shell is duidelijk te zien dat voertuigen vooral gebruik maken van de lader aan de rechterkant van de laadplek (zie Figuur 4.3).



Figuur 4.3: Indicatie van het gebruik per laadpaal voor het Shell laadplein. Een grote bol is een indicatie voor veel energieafname, een kleine bol voor weinig energieafname.

Figuur 4.4 geeft een bovenaanzicht van de laadplekken van WattHub. Bij WattHub kunnen voertuigen op bijna alle laadplekken aan beide zijden opgeladen worden. Bovendien zijn er laadpunten aan zowel de voorzijde van het parkeervak als aan de achterzijde. De achterste zijn gerealiseerd om uitneembare batterijpakketten van bouwmachines te kunnen laden die achter op de trailer staan. Het trekkende voertuig kan worden geladen met de voorste lader.

⁷ Bron: [Elektrisch vervoer - Zware bedrijfsvoertuigen - Nederland](#)

Dit laadplein wordt veel gebruikt door voertuigen die worden ingezet voor een nabijgelegen bouwproject. Deze voertuigen zijn voornamelijk Volvo's, waardoor de laders aan de rechterzijde meer frequent worden gebruikt. Daarnaast is uit de figuur op te maken dat bij deze laadplekken meer voertuigen worden opgeladen dan batterijpakketten. De groep van drie laders aangegeven in het rode vak behoren tot dezelfde omvormergroep. Op het moment dat ze alle drie in gebruik zijn, is het maximale vermogen beperkt tot ongeveer 200 kW per lader.



Figuur 4.4: Indicatie van het gebruik per laadpaal voor WattHub. Een grote bol is een indicatie voor veel energieafname, een kleine bol voor weinig energieafname.

Bij Milence (Figuur 4.5) is er een duidelijke voorkeur voor laadplek één, waarschijnlijk omdat het op die plek gemakkelijker uitstappen is. Er is op deze locatie een voorkeur voor laadplekken met de lader aan de linkerkant. Dit komt doordat een klant, die hier regelmatig laadt, rijdt met een voertuigmerk met de lader aan de linkerkant. Het aantal gebruikers is momenteel nog beperkt, waardoor één logistiek bedrijf met een aantal elektrische voertuigen die regelmatig op bezoek komen het gebruikspatroon domineert.



Figuur 4.5: Indicatie van het gebruik per laadplek voor Milence. Een grote bol is een indicatie voor veel energieafname, een kleine bol voor weinig energieafname.

Bij TRE is een duidelijke voorkeur vastgesteld voor het gebruik van de snellere 350 kW-laders (zie Figuur 4.6). Er is echter geen duidelijke verklaring gevonden waarom laadplekken met het oplaadpunt rechts vaker worden benut dan plekken met het oplaadpunt links. Een mogelijke verklaring is dat de toegang tot het rechter oplaadpunt als gemakkelijker wordt ervaren.



Figuur 4.6: Indicatie van het gebruik per laadplek voor TRE. Een grote bol is een indicatie voor veel energieafname, een kleine bol voor weinig energieafname.

Bij het inrijden van de laadplek is het op voorhand niet altijd duidelijk aan welke kant de connector zich bevindt. Inpluggen kan altijd, maar kost meer tijd als de laadpaal en laadpoort van het voertuig zich niet aan dezelfde kant van het voertuig bevinden. Het is daarom raadzaam om duidelijk aan te geven aan welke kant de laadpaal zicht bevindt, bijvoorbeeld met een aanduidingsbord.

Bij sommige laadpleinen verschillen de maximaal beschikbare vermogens per laadplek. Het is gebleken dat bestuurders vaak onbewust hun voertuig parkeren bij een laadpunt met een lager maximaal vermogen dan gewenst, vooral omdat de laadpalen uiterlijk niet verschillen. Dit leidt ertoe dat bestuurders, na het ontdekken van het lagere vermogen, hun voertuig moeten verplaatsen naar een geschikter laadpunt, wat onnodige manoeuvres en tijdverlies veroorzaakt. Het duidelijk aangeven van het maximale laadvermogen op een goed zichtbare plaats bij elk laadpunt kan dit probleem voorkomen en de efficiëntie van het laadproces verbeteren.

De betrokken laadpleinen zijn over het algemeen voldoende ruim ingericht. Er is tot nu toe een beperkt aantal 'laadfiles' ontstaan doordat alle laadpalen bezet waren (soms door conventionele vrachtwagens). Slechts in een enkel geval leidde dit tot een verkeersopstopping op het laadplein. Om in de toekomst mogelijk 'laadfiles' te voorkomen, helpt het als laadkabels voldoende lengte hebben zodat trucks ook kunnen laden als de laadpoort van het voertuig aan de 'verkeerde' kant is gepositioneerd. De kabel dient echter niet langer te zijn dan wat nodig is om de andere zijde van het voertuig te bereiken, omdat langere kabels zwaarder zijn en leiden tot extra energieverlies. Voor de hanteerbaarheid van lange zware kabels is het raadzaam om fysieke ondersteuning via een draagarm te installeren.

De betrokken laadpleinen hebben verschillende typen kabelmanagementsystemen. De kabellengte verschilt van 3,5 tot 7 meter. Welk type laadpaal het best past bij een laadplein is afhankelijk van de ontwerpkeuzes van de laadplek, bijvoorbeeld ten aanzien van de afstand van de lader tot het voertuig en de noodzaak om beide kanten van het voertuig bereikbaar te maken met één kabel.

In internationale standaarden is afgesproken dat toekomstige megawatt-laders aan de linkerkant van vrachtwagens zullen worden aangesloten (CHARIN, 2022). Dit zou ertoe kunnen leiden dat op termijn ook de 'normale' laadpoorten aan die zijde worden gemonteerd. Of dit gaat gebeuren is nog onzeker. Hier dient rekening mee te worden gehouden bij de vormgeving van nieuwe laadpleinen.

Veiligheid en voorkomen van schade

Tabel 4.4: Overzichtstabel met veiligheids- en comfortfuncties op laadpleinen

	Milence	TRE	BAT	WattHub	Shell	Circle K	Opmerking
Betonblokken bij laadpalen	Ja	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	
Beschermingspalen bij laadpalen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Lader alleen beschermd door palen wordt nog steeds geraakt.
Reling bij laadpalen	Ja	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Horizontale bescherming bij de laadpalen
Hekken bij toegang	Ja	Ja	Ja	Ja	Nee	Nee	Beperkt de toegang, bijv. voor personenauto's
Camera's	Ja	Ja	Nee	Ja	Ja	Ja	
Looppad chauffeur	Ja	Ja	Nee	Deels	Ja	Nee	Verhoogt veiligheidsgevoel van mensen die de hub gebruiken
Prullenbak	Ja	Ja	Nee	Ja	Nee	Ja	Wij monitoren afvalstromen niet, de invloed is onbekend
Schoonmaakspullen	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	
Overkapping	Nee	Nee	Ja	Nee	Nee	Nee	Gewaardeerd door de chauffeurs, verhoogt de kosten voor het laadpunt
Andere brandstoffen aanwezig	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Ja	
Brandblussers	Aanwezig						Effect onbekend - een eenvoudige brandblusser is niet voldoende bij een batterijbrand - geen duidelijke richtlijnen voor brandveiligheid bij elektrische vrachtwagenbrand
Verlichting	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	
Slagboom bij laadplek	Nee	Nee	Nee	Nee	Ja	Nee	
Doorrijdparkeervak	Ja	Nee	Nee	Ja	Ja	Ja	
Tilt-beveiliging	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Nee	Niet beschikbaar bij de leveranciers

Wanneer een laadpaal niet beschermd is door fysieke elementen zoals betonblokken, bestaat het risico dat laadpalen worden geraakt door rijdende vrachtwagens, waardoor de laadpaal beschadigd kan raken. Hierdoor kan het zijn dat de laadpaal (tijdelijk) niet meer bruikbaar is en dat er kosten gemaakt moeten worden voor reparatie. Bescherming kan dit voorkomen. Hierbij is het wel van belang dat de bescherming goed zichtbaar is in de spiegels

van de chauffeur zodat deze de bescherming kan ontwijken. Dit betekent dat de bescherming hoog genoeg moet zijn en eventueel verlicht en/of opvallend gekleurd. De mate waarin de verschillende laadpleinen dergelijke maatregelen hebben genomen verschilt sterk. Zo hebben twee laadpleinen alleen betonblokken of paaltjes geïnstalleerd om aanrijdingen met laadpalen te voorkomen. De andere vier hebben betonblokken en paaltjes. Desondanks geeft één van laadpleinexploitanten aan dat er nog te veel schade wordt gereden en dat de barrières nog verder moeten worden verbeterd. Dit betreft een locatie waarvoor achteruit ingeparkeerd dient te worden. Indien mogelijk hebben doorrijdplekken de voorkeur vanwege een kleinere kans op het raken van de laders en omdat er minder manoeuvres gemaakt hoeven worden, waardoor er ook minder risico's zijn op aanrijdingen met personen.

Daarnaast is kabelmanagement van belang om incidenten met laadkabels te voorkomen (zie ook Figuur 4.8). Het kan daarbij gaan om zowel het voorkomen van aanrijdingen door voertuigen, als om onverwacht contact met voetgangers, zoals struikelen of worden geraakt door een laadkabel of stekker.

Een zogenaamde 'tiltbeveiliging' op de laadpalen geeft een indicatie aan de laadpaal-exploitant dat de laadpaal scheef is komen te staan, bijvoorbeeld door een aanrijding. Door dit signaal zijn de exploitanten in staat om laadpaaldefecten snel te detecteren en zo veiligheidsrisico's te verkleinen. Deze technologie is wel wenselijk, maar wordt nog maar beperkt toegepast en is bij de betrokken laadpleinen nog niet aanwezig.

Comfort

Een overkapping beschermt voertuigen en chauffeurs tegen weersomstandigheden zoals neerslag en zonneshijn. Chauffeurs geven tijdens het Experiment 2 'Testweek simulatie toekomstig gebruik van laadpleinen' (paragraaf 2.1.6.2) aan dat zij overkappingen waarderen. Een overkapping brengt echter ook nadelen met zich mee, zoals de hoge kosten van realisering en het feit dat het plaatsen ervan een vergunning vereist. Om de laadpleinen voor zoveel mogelijk typen vrachtwagens toegankelijk te houden, hebben de betrokken publieke laadpleinen momenteel geen overkapping. Voor semipublieke laadpleinen die zijn gerealiseerd voor hun eigen vloot van voertuigen zonder hoge opbouw, is wel vaker een overkapping aanwezig. Naast overkappingen is ook verlichting van de laadplek van belang. Wanneer er in het donker geladen wordt, kan externe verlichting het proces van laden vergemakkelijken. Bovendien vergroot verlichting het gevoel van veiligheid. Dit geldt des te meer op locaties waar 's nachts geen werknemers van laadpleinen actief zijn. Goede verlichting op de laadplek is daarom belangrijk.

4.4 Techniek

Onder het thema techniek worden zowel de gemaakte keuzes met betrekking tot toegepaste techniek besproken als opgedane ervaringen met die techniek. Hiervoor is gebruik gemaakt van verschillende databronnen, namelijk enquêteresultaten, statische data en dynamische data. Hiermee zijn analyses gemaakt ten aanzien van:

- de aanschaf van laders en randapparatuur;
- de fysieke kenmerken van laders en randapparatuur;
- kenmerken van de apparatuur in gebruik;
- software van laadpalen en energiemanagementsystemen;
- cyberveiligheid;
- incidenten;
- downtime en Service Level Agreement (SLA).

Hoofdboodschap: Satellietsystemen (waarbij één of een beperkt aantal grote power units een groter aantal laders van elektriciteit voorziet) worden nog maar beperkt toegepast, maar zouden in veel gevallen de voorkeur hebben boven zelfstandige laders. Dit vereist wel dat het ruimtelijk inpasbaar is en de software stabiel, omdat storingen tot de uitval van meer laders kunnen leiden. Het verloop van het geleverde vermogen door de laders is soms grillig. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat er meerdere softwaresystemen invloed hebben op het vermogen dat gedurende een laadsessie wordt geleverd, bijvoorbeeld het EMS (Energy Management System) van het laadplein en de software op de laders. Communicatie tussen software lijkt ook vaak de oorzaak te zijn van incidenten zoals onsuccesvolle laadsessies. Dit kan communicatie zijn tussen EMS en lader en ook tussen voertuig en lader. Mogelijk kunnen gestandaardiseerde communicatieprotocollen dit risico verkleinen. Verder is cyberveiligheid van groot belang voor de stabiliteit van het energiesysteem. Het grootste risico zit in de backoffice. Er is nog relatief weinig aandacht voor dit onderwerp.

4.4.1 Aanschaf van laders en randapparatuur

Bij de aanschaf van de laadpalen hebben laadpleinexploitanten verschillende keuzes ten aanzien van technische specificaties, zoals:

- modulariteit van de laders (paragraaf 4.4.2);
- satelliet of zelfstandig (paragraaf 4.4.2);
- aanwezige veiligheidsopties (paragraaf 4.4.2);
- het oplaadvermogen (paragraaf 4.4.3);
- bediening ten behoeve van starten en stoppen van de laadsessie (paragraaf 4.4.3);
- sensoren voor vaststellen laadplekbezetting (paragraaf 4.4.3).

Deze keuzes zijn niet altijd makkelijk te maken. Zeker niet voor partijen waarbij het aanbieden van laaddiensten geen kernactiviteit is. Er bestaan wel enkele rapporten waarin handvatten worden gegeven voor de ontwikkeling van laadpleinen (BRO, 2023) en de inkoop van snelladers (NKL, 2022). Hierbij worden zeer globale handvatten aangereikt waardoor ze niet in alle situaties even waardevol zijn. De betrokken laadpleinen geven aan dat ze geen gebruik hebben gemaakt van openbare handreikingen. Een dergelijke handreiking kan helpen om exploitanten beter geïnformeerde keuzes te laten maken.

De levertijd van laadpalen en eventuele stationaire batterijen wordt door de betrokken laadpleinexploitanten zelden als een probleem ervaren. Ten tijde van de realisatie van deze laadpleinen was de levertijd van laadpalen circa vier maanden. Het leveren van stationaire batterijen duurde aanzienlijk langer. Het verkrijgen van een netaansluiting wordt in de helft van de gevallen wel als problematisch ervaren. Ook het opschalen van de huidige aansluiting is een aandachtspunt.

Laadpleinexploitanten hebben een keuze om laders aan te schaffen bij één laadpaalfabrikant of een combinatie van meerdere laadpaalfabrikanten. Het gebruik van één merk heeft als voordeel dat het aantal contacten beperkt blijft en dat er een sterkere onderhandelingspositie is aangezien er meer laadpalen tegelijk worden afgenomen. Het gebruik van slechts één fabrikant is echter een nadeel wanneer er iets misgaat met deze partij. Dit geldt bijvoorbeeld bij een faillissement van die fabrikant. De betrokken laadpleinen kiezen op één na allemaal voor één fabrikant. Daarnaast zijn er meerdere laadpleinexploitanten die met verschillende laadpaalfabrikanten werken op verschillende locaties (dezelfde fabrikant per locatie). Het risico van meerdere fabrikanten op één locatie is dat er incompatibiliteit van de systemen optreedt.

4.4.2 Fysieke kenmerken van laders en randapparatuur

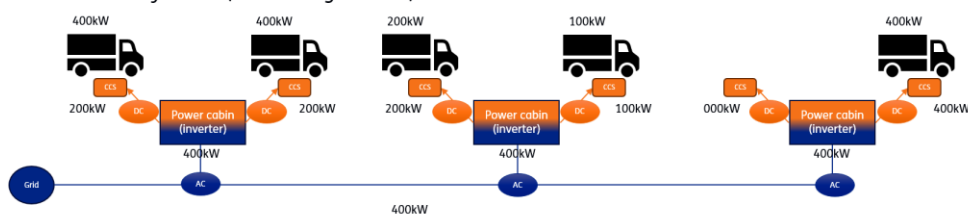
Modulariteit

De betrokken laadpleinexploitanten geven aan dat modulariteit een belangrijk criterium is bij de aanschaf van de laders. De technische ontwikkelingen zullen in de komende 5 tot 10 jaar nog aanzienlijk zijn, waardoor de maximale vermogens van laders nog aanzienlijk kunnen toenemen. Laders met modulaire omvormers maken het mogelijk om te upgraden naar hogere vermogens zonder dat de lader vervangen hoeft te worden. Echter, bij laden boven 400 kW zijn ook andere kabels nodig. Bij de aanschaf van een laadpaal is het daarom van belang om rekening te houden met het vermogen dat er op langere termijn is gewenst.

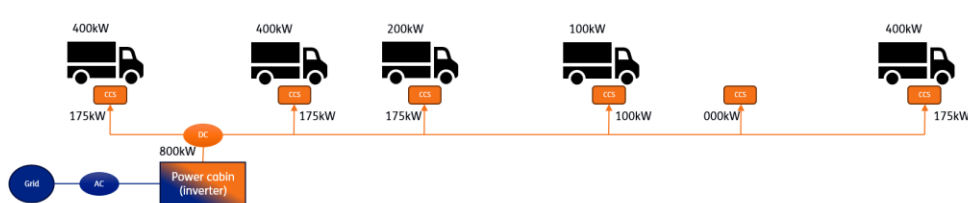
Satellietsystemen en zelfstandige laders

Gedistribueerde of satellietsystemen zijn een type laadsysteem waarbij een aantal power units (600 kW en meer) een groter aantal landpalen (satellietladers) van elektriciteit voorziet. Dit in tegenstelling tot zogenoemde geconcentreerde of zelfstandige laadsystemen waarbij elke laadpaal is voorzien van een eigen power unit van 400 kW of minder. Een voordeel van de satellietladers is dat er mogelijkheden zijn om te variëren in hoe het vermogen wordt verdeeld over de aangesloten laadpalen, waardoor gemiddeld hogere vermogens kunnen worden geleverd (zie Figuur 4.7). Bovendien is de powerunit (een kostbaar onderdeel) verder van de laadplek geïnstalleerd, waardoor de kans op grote schade door aanrijdingen enigszins wordt beperkt. Bij satellietsystemen is er minder ruimte nodig bij de laadplek, maar meer ruimte elders. De ruimtelijke situatie bepaalt daarom of een dergelijk systeem wel of niet mogelijk is. Momenteel bieden nog niet alle laadpaalfabrikanten satellietsystemen aan. Zelfstandige laders hebben het voordeel dat het voor het voertuig beschikbare vermogen en daarmee de laadtijd meer voorspelbaar is dan bij satellietsystemen, omdat het vermogen met minder kabels gedeeld wordt. Ze zijn ook vaak een goede oplossing voor kleine hubs, waarbij de focus ligt op een meer eenvoudige implementatie. Naast satellietsystemen en zelfstandige laders bestaat er ook nog een andere vorm, namelijk onderling verbonden zelfstandige laders.

Geconcentreerd systeem (zelfstandige laders)



Gedistribueerd (satelliet) systeem



Figuur 4.7: Schematische weergave van verschillende laadsnelheden afhankelijk van de bezetting van een gedistribueerd (satelliet) systeem en geconcentreerd systeem (zelfstandige laders).

De meeste betrokken laadpleinen zijn momenteel voorzien van zelfstandige laders. Verschillende laadpleinexploitanten geven aan dat satellietsystemen de voorkeur hebben boven zelfstandige laders. Dergelijke satellietsystemen waren nog niet beschikbaar toen

sommige van deze laadpleinen werden ontwikkeld. Vanwege hierboven beschreven voordelen overwegen verschillende laadpleinexploitanten in de toekomst wel de aanschaf van satellietsystemen.

Tabel 4.5: Kenmerken van geconcentreerde en gedistribueerde laadsystemen.

Aspect	Geconcentreerd systeem (zelfstandig lader)	Gedistribueerd systeem (satellietsysteem)
Locatie van vermogens-elektronica	Vermogenselektronica (omvormer) en dispensers meestal zitten allemaal in één behuizing.	Centrale omvormerkast die apart is geplaatst; er zijn meerdere satellietladers aan verbonden.
Aantal connectoren	Meestal 1 tot 2 CCS-connectoren per lader.	Potentieel meerdere satellietladers (elk met één of meer CCS-connectoren) gekoppeld aan één omvormer.
Complexiteit van installatie	Eenvoudiger voor kleinschalige implementaties (elke unit is zelfstandig).	Complexere bekabeling van de centrale omvormer naar elke satelliet, maar de satellietladers zijn eenvoudiger te installeren.
Schaalbaarheid / flexibiliteit	Meer laders toevoegen vereist meer alles-in-één laders installeren.	Gemakkelijker uit te breiden: er kunnen extra satellietladers worden toegevoegd zolang de capaciteit van de centrale omvormer dit toelaat.
Ruimtegebruik	Elke lader heeft ruimte nodig voor de behuizing (omvormer + connectoren).	Stroomkast (omvormer) kan op afstand worden geplaatst; de satellietzuilen op de parkeerplaatsen zijn compacter.
Onderhoud en storing	Elke lader heeft eigen elektronica; een storing heeft alleen invloed op die eenheid.	Als de centrale omvormer uitvalt, heeft dit gevolgen voor meerdere satellietladers.
Kosten	Typisch hogere kosten per lader; eenvoudigere bedrading per eenheid.	Lagere kosten per satellietlader (zodra de omvormerkast is geplaatst), maar complexer ontwerp en bekabeling vooraf.

Kabelmanagementsysteem

Een goed kabelmanagementsysteem houdt de kabels van de grond, waardoor het risico op struikelen wordt verminderd en onnodige schade aan de kabels wordt voorkomen. Alle betrokken laadpleinen hebben kabelmanagementsystemen. Zonder gebruik hiervan kan het voorkomen dat kabels op de grond liggen, zoals zichtbaar in de voorbeelden in Figuur 4.8. Dit verhoogt het risico dat vrachtwagens eroverheen rijden waardoor de kabels beschadigd kunnen raken.

Momenteel is er bij de gemonitorde hubs geen schade aan kabels geregistreerd. In één geval deed zich wel een probleem voor met een gebroken CCS-connector, maar dit bleek te wijten aan een productiefout in de connector.



Figuur 4.8: Voorbeelden van laders met en zonder kabelmanagementsysteem en het effect op de kabel. Deze foto's zijn niet genomen op de betrokken laadpleinen.

4.4.3 Ervaringen met de apparatuur in gebruik

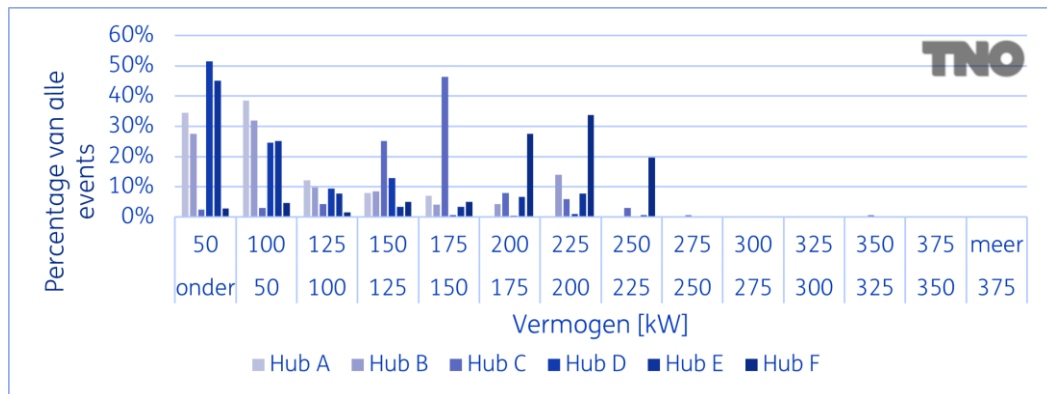
Ontwikkeling van laadvermogens van de laadpleinen

Het laadvermogen geeft aan hoeveel vermogen de lader aan het voertuig kan verstrekken. Hoe hoger het vermogen, hoe meer energie er in korte tijd kan worden geladen. Dit resulteert in meer kilometers die een vrachtwagen kan rijden voor elke minuut dat hij aan de lader staat. Voor laden overdag is een relatief hoog laadvermogen cruciaal om het tijdverlies door laden te beperken. Het minimaal gewenste laadvermogen is voor de huidige generatie trucks 250 kW, maar de nieuwste generatie kan al laden op vermogens van 400 kW. De eerste trucks die met zulke hoge vermogens kunnen laden zijn al op de markt en één ervan heeft ook meegedaan aan Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2). Er wordt momenteel geëxperimenteerd met vermogens van 800 tot 3.000 kW. Bijna alle betrokken laadpleinen zien de ontwikkeling van hoge vermogens als belangrijkste technische ontwikkeling.

Voor opladen in de nacht (op een depot of truckparking) is meer tijd beschikbaar waardoor een lager vermogen (typisch 50 tot 100 kW) vaak voldoende toereikend is. Het laadvermogen tijdens een laadsessie wordt beperkt door het maximale laadvermogen van het voertuig of de lader. Ook kan de laadpleinexploitant zelf het beschikbare maximale vermogen per laadpunt inperken. Het maximale laadvermogen van voertuigen en laders ligt momenteel vaak tussen de 125 kW en 400 kW, afhankelijk van het voertuig- en laadpaalmodel.

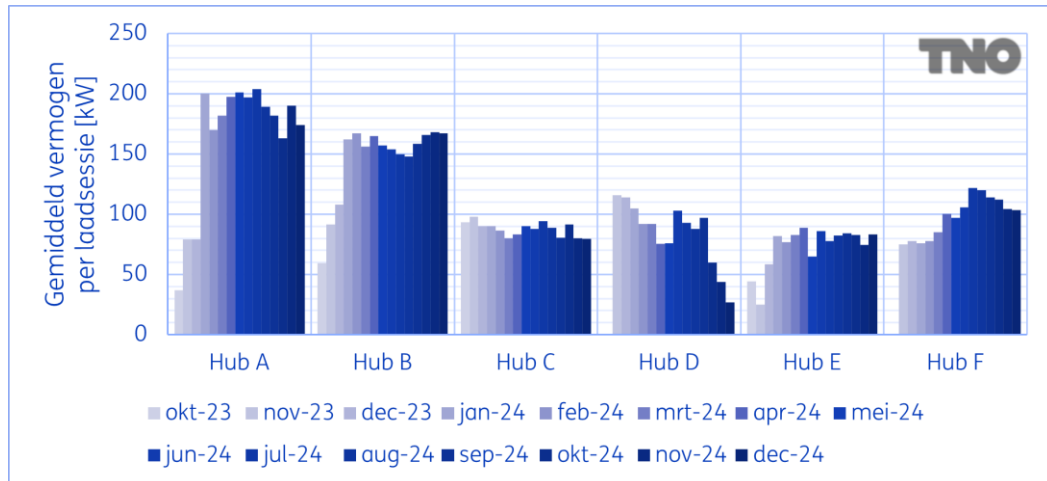
De meeste laadsessies in 2024 leken gelimiteerd te zijn door het maximale laadvermogen van de voertuigen, aangezien het grootste deel van de elektrische vrachtwagens op de weg niet meer dan 250 kW kan laden en de meeste laadpalen boven de 300 kW kunnen laden (zie

Figuur 4.9). De ontwikkeling van voertuigen gaat echter snel. Gedurende de tweede helft van 2024 zijn er meerdere elektrische trucks van de derde generatie bij de laadpleinen op bezoek geweest. Deze kunnen tot meer dan 400 kW laden, waardoor nu vaker de laadinfrastructuur de limiterende factor is in de laadsnelheid. Bij deze vermogens zijn er ook observaties gedaan van lagere laadvermogens dan zou mogen worden verwacht op basis van de technische specificaties van de lader en het voertuig. Een mogelijke oorzaak is oververhitting van de connectoren. Ook het ontwerp van de CCS2-laadpoort van het voertuig kan hieraan bijdragen. Actieve monitoring kan bijdragen om de oorzaak te vinden en te verhelpen.



Figuur 4.9: De verdeling van laadevents met specifiek gemiddeld laadvermogen per laadsessie (berekend op basis van sessietijd (aansluittijd), niet laadtijd).

Zoals te zien in Figuur 4.10 is er bij sommige laadpleinen het vermogen in de eerste maanden erg laag. Dit komt doordat de laadpleinen in die maanden nog niet volledig operationeel waren. Bij één laadplein (hub D) neemt het gemiddelde vermogen zelfs aanzienlijk af. Dit is het gevolg van de uitbreiding van het laadplein met laders op lagere vermogens die voldoende leveren om voertuigen gedurende de nacht op te laden, waardoor dit voor het betreffende laadplein een kosteneffectievere laadoplossing is. In het vervolg van het project mag worden verwacht dat het gemiddelde vermogen zal toenemen als gevolg van een stijgend aandeel vrachtwagens dat op hoog vermogen kan laden.



Figuur 4.10: Verloop van het gemiddelde vermogen per laadsessie voor alle sessies per maand.

Oplaadvermogens tijdens laadsessies

Tijdens dit project zijn er maandelijks enkele tientallen laadcurves geanalyseerd (ontwikkeling van laadvermogen gedurende de tijd tijdens een laadsessie). Een belangrijke observatie in de geanalyseerde laadsessies is dat het door de vrachtauto's afgenomen vermogen (of het aan de vrachtwagens geleverde vermogen) grotendeels constant is bij een SoC tussen de 10-90% (zie Figuur 4.11). Bij de nieuwste generatie voertuigen die kunnen laden met 400 kW is het laadvermogen zelfs stabiel tot 95% SoC. Dit is een stuk stabielere dan bij lichte voertuigen (Schaden et al, 2021), waardoor er binnen dezelfde tijd meer kWh geladen kan worden. Deze stabiliteit is geobserveerd bij zowel tweede generatie elektrische

vrachtwagens met laadvermogens rond de 200-250 kW als derde generatie elektrische vrachtwagens met laadvermogens rond de 300-400 kW.

Er wordt echter ook nog afwijkend gedrag tijdens laadsessies geobserveerd dat duidt op mogelijkheden voor verdere optimalisatie. Uit de data die zijn vergaard tijdens Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2) kan worden geconcludeerd dat het maximale laadvermogen dat voertuigen bereiken, lager is dan wat mag worden verwacht op basis van de specificaties van de lader en het voertuig. Bovendien verschilt het maximaal geleverde vermogen tussen voertuigen met dezelfde specificaties ten aanzien van maximale laadvermogens bij dezelfde SoC. Ook verschilt per merk lader het maximaal geleverde vermogen aan hetzelfde voertuig. De oorzaak hiervan is nog onbekend.

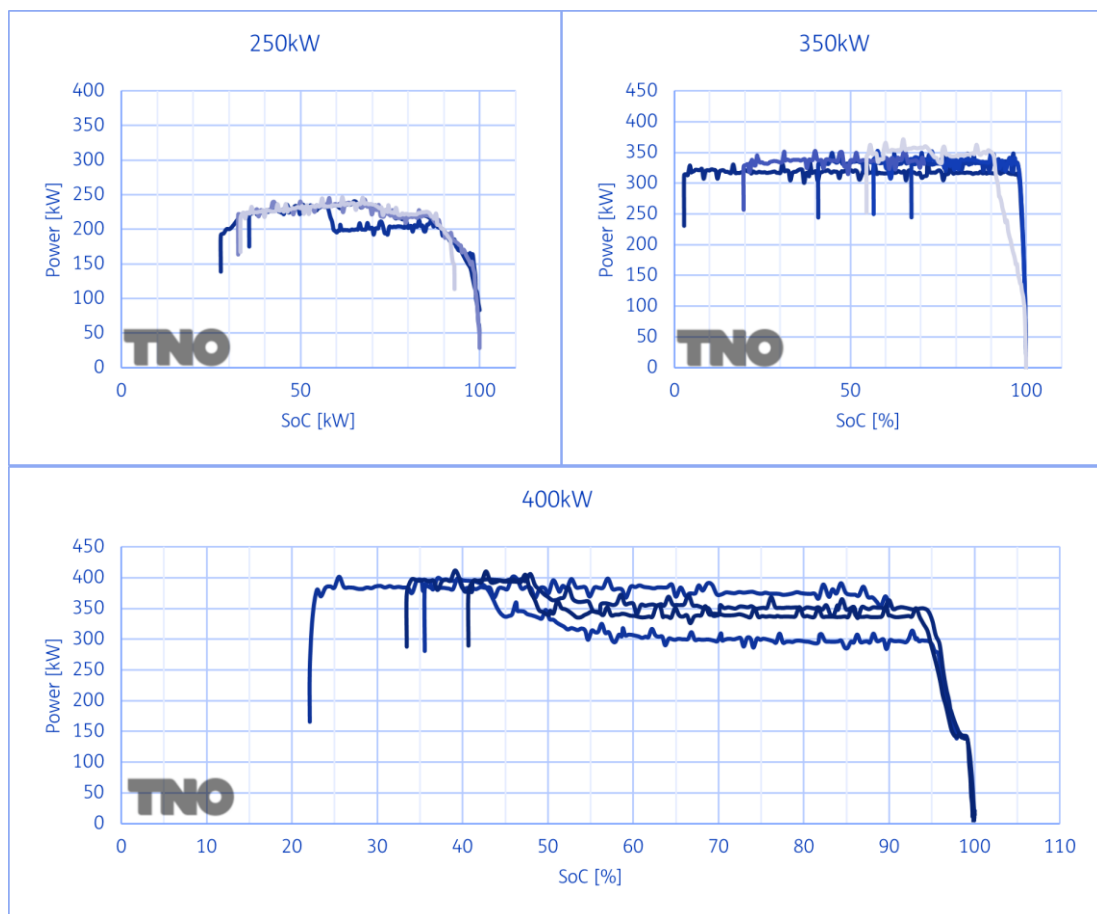
Indien de lader de mogelijkheid heeft om de vertrektijd van het voertuig in te voeren, kan dit worden gecombineerd met een slimme laadstrategie. Hierdoor kan de lader het laadvermogen dynamisch aanpassen, waarbij voertuigen met een langere verblijfsduur langzamer laden en voertuigen met een korte verblijfsduur voorrang krijgen. Het maximale laadvermogen kan ook worden beperkt door de exploitant van het laadplein, om te voorkomen dat de maximaal gecontracteerde netcapaciteit wordt overschreden. In dergelijke gevallen wordt het vermogen van één of meerdere laders (tijdelijk) gereduceerd. Dit kan zowel handmatig als automatisch gebeuren.

Wanneer automatische vermogensregeling wordt toegepast, kan dit het gemiddeld geleverde vermogen van het laadplein vergroten. Echter, het is cruciaal dat de verschillende softwarelagen binnen het systeem goed met elkaar communiceren en compatibel zijn. In de praktijk blijkt dat wanneer verschillende systemen worden gecombineerd, zoals het Energy Management System (EMS), de besturingssoftware van de laders en andere monitoringsoplossingen, er communicatieproblemen kunnen ontstaan. Dit kan resulteren in een inconsistente en onvoorspelbare verdeling van het laadvermogen over de laadpunten, met mogelijk een negatieve impact op de gebruikerservaring.

Daarnaast kan de keuze voor meerdere softwareleveranciers leiden tot complexiteit bij technische ondersteuning. In geval van storingen of optimalisatievragen moeten vaak meerdere partijen worden geraadpleegd, wat de snelheid van probleemoplossing kan belemmeren. Een geïntegreerde en goed afgestemde softwareoplossing is daarom essentieel om betrouwbare en voorspelbare laadprestaties te waarborgen.

Zoals vermeld in paragraaf 2.1.2 zijn vanaf Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2) laadcurves van verschillende laadsessies van voertuigen gelogd. Een voorbeeld van laadcurves van verschillende voertuigen die gedeeltelijk tegelijk worden opgeladen is te zien in Figuur 4.12. Vanwege bedrijfsgevoeligheid worden de merken van zowel de voertuigen als de laders niet gespecificeerd in dit rapport.

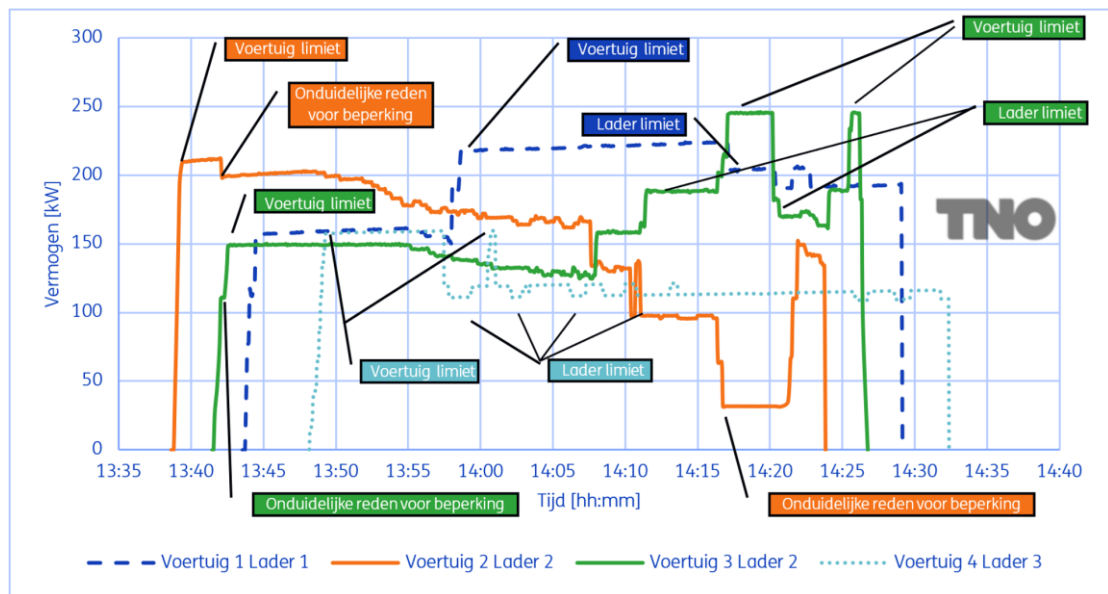
In deze weergave valt op hoe variabel het laadvermogen zich ontwikkelt gedurende de laadsessie. Zo geldt voor alle voertuigen dat ze maar een beperkt deel van de tijd op het maximale vermogen van het voertuig laden. Vaak wordt dit maximale vermogen bereikt binnen één minuten nadat het voertuig is aangesloten. Echter, bij één voertuig wordt het maximale vermogen pas na ongeveer een kwartier bereikt. In het meest extreme geval is het maximale laadvermogen ongeveer 210 kW, maar wordt een deel van de sessie geladen op ongeveer 40 kW. Bij de laadsessies van de andere voertuigen is het verschil tussen het hoogste en laagste geleverde vermogen kleiner, vaak tussen 50 kW en 100 kW verschil.



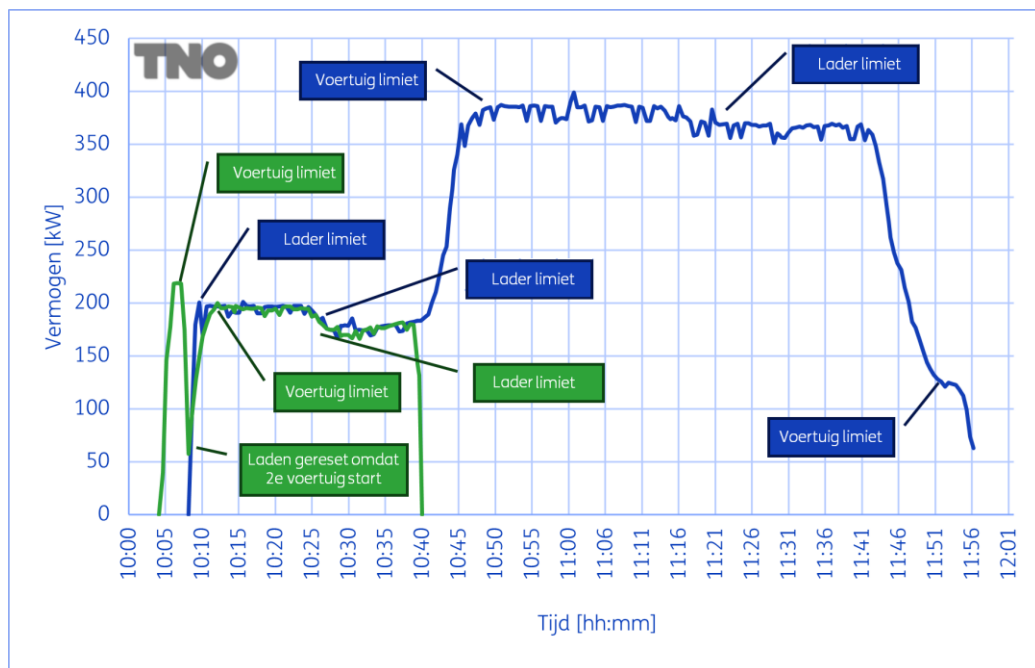
Figuur 4.11: Loadcurves van de huidige generatie vrachtwagens met laadvermogens tot 250, 350 en 400 kW.

Het fluctuerende verloop is het gevolg van de wijze waarop de lader wordt aangestuurd. Er is een kans dat de laadpaal op bepaalde momenten voorrang geeft aan een specifiek voertuig. Uit de beschikbare data is niet te achterhalen op basis waarvan deze keuze wordt gemaakt. Het is bijvoorbeeld niet zo dat het voertuig dat de hoogste maximale laadcapaciteit heeft ook meer vermogen krijgt toegewezen. Het is ook niet zo dat het voertuig dat als eerste is aangesloten meer vermogen krijgt toegewezen. Afhankelijk van het merk en type van de lader en het EMS verschilt de wijze waarop de laders het vermogen verdelen tussen aangesloten voertuigen. Zoals hierboven beschreven, is een mogelijke oorzaak dat verschillende softwarelagen op het laadplein niet goed met elkaar communiceren. De mogelijke oorzaken worden nog verder onderzocht.

Een tweede voorbeeld laat een minder grillig verloop zien (Figuur 4.13). Hierbij laden twee voertuigen deels tegelijkertijd. Ook hierbij is het duidelijk zichtbaar dat het vermogen van de lader wordt verdeeld over meerdere voertuigen. Op het moment dat er één voertuig wordt losgekoppeld, stijgt het laadvermogen van het andere voertuig aanzienlijk. De reden voor het dalen van de laadvermogens van beide voertuigen rond 10:26 is vanwege een probleem met de CCS-connector op de kabel. Dit werd ontdekt tijdens deze oplaadsessie. Opvallend is dat ook het vermogen wordt beperkt van het voertuig dat is aangesloten met de CCS-connector waar geen probleem mee is gedurende de periode dat de problematische connector ook is aangesloten. Tijdens het vervolg van het project zal verder worden onderzocht hoe laadvermogen wordt verdeeld over aangesloten voertuigen.



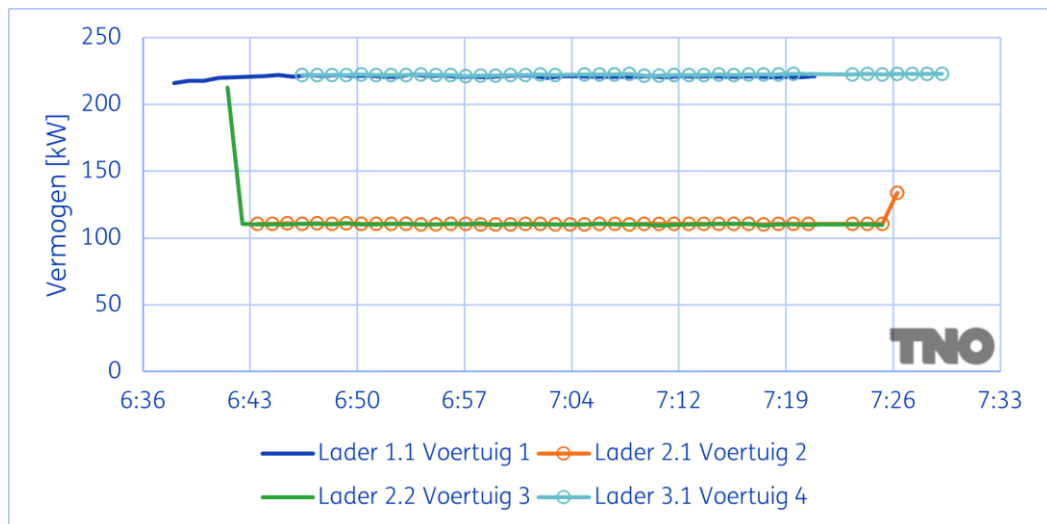
Figuur 4.12: Eerste voorbeeld van laadcurves van verschillende voertuigen die op één van de betrokken laadpleinen gedeeltelijk gelijktijdig worden opgeladen.



Figuur 4.13: Tweede voorbeeld van laadcurves van verschillende voertuigen die op één van de betrokken laadpleinen gedeeltelijk gelijktijdig worden opgeladen.

Een ander voorbeeld is weergegeven in Figuur 4.14. Hierin krijgt 'Voertuig 1' de beste laadprestaties omdat hij de lader niet deelt, maar nog steeds minder dan de 300 kW die de laadpaal maximaal zou moeten kunnen leveren. 'Voertuig 2' en 'Voertuig 3' delen een lader. Het maximale vermogen van deze lader is ook 300 kW. Echter, 'Voertuig 2' en 'Voertuig 3' ontvangen beide minder dan de helft van het beschikbare vermogen. De reden hiervoor was dat het maximale vermogen van de laders tijdens de installatie lager was ingesteld, omdat nog niet de volledige netaansluiting beschikbaar was. De laders gaven op het display het

theoretisch beschikbare vermogen van 300 kW aan in plaats van het ingestelde vermogen van 250 kW.



Figuur 4.14: Derde voorbeeld van het verloop van het vermogen van laadsessies van verschillende trucks op hetzelfde moment waarbij voertuig 2 en 3 zijn aangesloten op dezelfde lader en truck 1 en 4 ieder alleen gebruik maken van een lader.

Verder is vastgesteld dat het maximale laadvermogen dat voertuigen bereiken, verschilt per oplaadpunt, zelfs bij hetzelfde type lader. De oorzaak hiervan is nog onbekend, daarom is verder onderzoek nodig bij zowel voertuigen als laders. Ook is er een groot verschil in het maximaal vermogen dat voertuigen halen terwijl ze een lader delen. Dit verschilt tussen types lader en tussen laadpaalmerken.

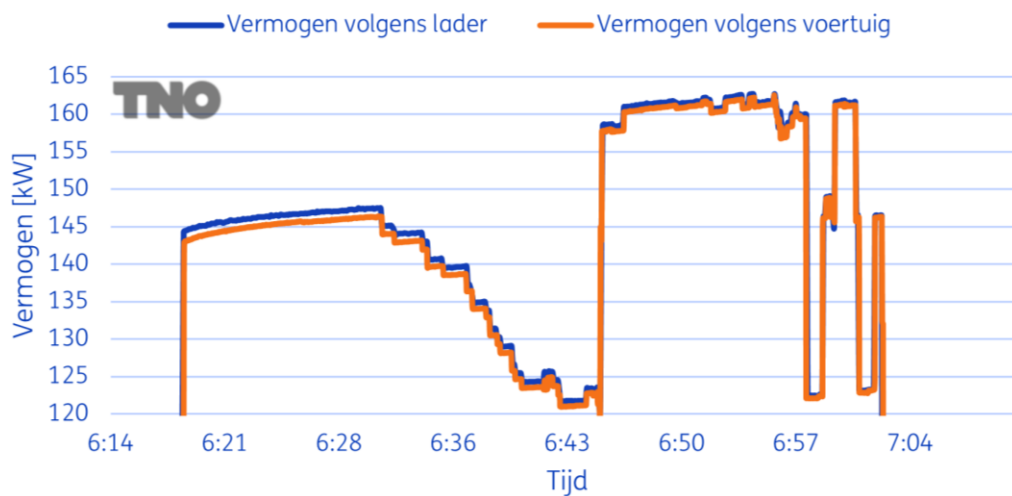
Om een laadsessie succesvol te laten verlopen zijn er veel communicatiestappen over meerdere softwarelagen nodig. Relevante data wordt op een aantal plekken in verschillende formats opgeslagen. Om dit proces te optimaliseren is het nodig om beter zicht te krijgen op de laadprestaties van zoveel mogelijk voertuig-ladercombinaties. Daarom is het raadzaam voor laadpleinexploitanten om meer gedetailleerde laadsessiedata zoals laadcurves van verschillende parameters te verzamelen. Mogelijke problemen kunnen vervolgens worden geanalyseerd samen met de laadpaalfabrikant en met voertuigfabrikanten.

Energie-efficiëntie van opladen

Uit data-analyse blijkt dat er minder energie in de batterij van het voertuig geladen wordt dan dat er wordt verstrekt door de lader. Afhankelijk van het laadplein en vrachtauto bedraagt dit verschil 1% tot 4%. Een voorbeeld van het verloop van het laadvermogen zoals geregistreerd door de lader en door het voertuig tijdens een laadsessie, is te zien in Figuur 4.15. Mogelijke verklaringen voor het verschil zijn:

- Een verschil in datakwaliteit van de verschillende metingen;
- Laadverlies (kabel en aansluitpunten);
- Energiegebruik door hulpsystemen in het voertuig tijdens het laden, zoals verlichting, air-conditioning en batterijconditioneringssystemen.

Ook dit zal verder worden onderzocht.



Figuur 4.15: Voorbeeld van het verloop van het laadvermogen zoals geregistreerd door de lader en door het voertuig tijdens een laadsessie.

Starten en stoppen van de laadsessie

Het proces om een laadsessie te starten en te stoppen is niet gelijk voor alle laders. Ook het uitpluggen kan verschillen per voertuig. Voor chauffeurs is het goed om hiervan op de hoogte te zijn om verwarring bij een laadpaal te voorkomen.

Tijdens Experiment 2 is een aantal keer gezien dat er meer dan een minuut tijd zit tussen het moment waarop de chauffeur de laadsessie start en het moment dat de energievoorziening start. De oorzaak hiervan wordt nog achterhaald. Mogelijk komt deze vertraging door de verschillende softwarelagen/protocollen die betrokken zijn.

Sensoren voor vaststellen laadplekbezetting

Sensoren bij het laadpunt (bijvoorbeeld camera's of in het wegdek) kunnen inzicht geven in de mate waarin de laadplek wordt bezet. Oneigenlijk gebruik van deze plek door te parkeren zonder te laden kan hiermee worden geïdentificeerd en worden beperkt. De meeste laadpleinen handhaven momenteel nog niet op oneigenlijk gebruik. Wel is er in veel gevallen personeel aanwezig dat chauffeurs kan aanspreken indien nodig.

4.4.4 Software van laadpalen en energiemanagementsystemen

Energiemanagementsoftware op laadpleinen kan worden gebruikt om:

- laadpalen te monitoren en te beheren door middel van een Charge Point Management System (CPMS);
- de beschikbare stroom te verdelen over alle voertuigen die gelijktijdig worden opgeladen door middel van Dynamic Load Management (DLM);
- andere randapparatuur zoals zonnepanelen en stationaire batterijen optimaal in te zetten.

Er zijn verschillende aanbieders van energiemangement systemen (EMS). Echter, vanwege het beperkte aantal laadpleinen voor zware voertuigen, zijn deze EMS-en nog tamelijk generiek en bevatten ze daardoor (nog) niet alle functionaliteiten die laadpleinexploitanten behoeven, zoals reserveringsystemen en monitoring. Daarom wordt er door de laadpleinen

of in samenwerking met de EMS-ontwikkelaars gewerkt aan extra functionaliteiten. Dit geldt ook voor de bij LLHDL betrokken laadpleinexploitanten.

Zoals in de vorige paragraaf besproken, lijkt het er op dat verschillende softwarelagen (o.a. EMS en software op de laadpalen) niet goed met elkaar communiceren waardoor het verstrekte vermogen onvoorspelbaar wordt. Het gebruik van software van meerdere ontwikkelaars heeft een grotere kans op storingen dan wanneer alle software is ontwikkeld door één fabrikant. Bij het opzetten van een nieuw laadplein is het daarom van belang om goed te bepalen welke functies vereist zijn en of er al EMS-leveranciers zijn die deze kunnen leveren.

4.4.5 Cyberveiligheid

Door de transitie naar elektrisch rijden raakt de energievoorziening van mobiliteit meer verwlochten met andere domeinen zoals het elektriciteitssysteem en het internet. Juist deze combinatie leidt tot nieuwe risico's. Wanneer op internet aangesloten laadpleinen worden gehackt, kan dit de inzetbaarheid van logistieke voertuigen beperken en invloed hebben op het elektriciteitssysteem en daarmee ook op andere systemen die daarop zijn aangesloten. Er zijn verschillende risico's van cyberveiligheid. Deze zijn per stakeholder opgenomen in Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Mogelijke gevolgen van cyberaanvallen op laadpunten per stakeholder

Voertuiggebruiker	Laadpleinexploitant	Elektriciteitsnet / netbeheerder
• Voertuig niet opgeladen • Voertuig niet los te koppelen van lader • Lek van (persoonlijke) informatie • Onjuiste financiële afwikkeling van de laadsessie • Defect aan voertuig	• Schade aan apparatuur • Reputatieschade • Omzetverlies	• (Lokale) netcapaciteitsoverschrijding • Black-out van (internationaal) elektriciteitsnetwerk • Schade aan assets op elektriciteitsnet

Ter illustratie, de totale Europese FCR (primaire reservevermogen)⁸ bedraagt 3 GW. Dit is evenveel als 12.000 zware vrachtvoertuigen (ongeveer 7,5% van de Nederlandse vloot van zware vrachtvoertuigen) die tegelijk staan op te laden met 250 kW. Wanneer meer dan 12.000 laadsessies tegelijk gestopt zouden worden bij een cyberaanval, is de FCR niet voldoende om het elektriciteitsnet overeind te houden. Een grote hack van laadpleinen kan daarom het hele Europese elektriciteitsnet verstoren, met als ergste gevolg een black-out.

In 2021 heeft Berenschot onderzoek gedaan naar het risico van onvoldoende cyberveiligheid bij laadpunten voor elektrische voertuigen (Berenschot, 2021). Hieruit kan worden geconcludeerd dat dit risico reëel is. Volgens de studie kan de negatieve economische impact van een incident oplopen tot ongeveer vier miljard euro per dag voor Nederland. Het grootste risico zit volgens de studie in de backofficesystemen van laadpuntexploitanten en aanbieders van diensten rondom slimme laadoplossingen. Er is momenteel nog geen wet- of regelgeving over de cyberveiligheid van deze backofficesystemen. Er zijn wel richtlijnen voor laadpunten van ElaadNL/ENCs die een duidelijke standaard vormen voor de laadpunten zelf, maar slechts beperkt voor de backofficesystemen.

⁸ De FCR heeft als doel om onmiddellijk vermogen aan het systeem toe te voegen om de frequentie te herstellen, om te voorkomen dat de frequentie te laag of te hoog wordt.

Op cyberveiligheid wordt door de laadpleinexploitanten nog maar zeer beperkt of niet actief gestuurd. Zoals opgenomen in de beschrijving van de laadpleinen in hoofdstuk 3 beschikt alleen Shell over een ENCS-cyberveiligheidscertificaat. Zoals hierboven beschreven, wordt de veiligheid daarmee voor de meeste laadpleinen nog niet voldoende afgedekt.

4.4.6 Betalingen

Er zijn twee manieren waarop een laadsessie kan worden afgerekend, namelijk direct betalen via betaalpas of creditcard (ook wel ad-hoc genoemd) of via een laaddienstverlener ofwel een eMSP. In Nederland wordt ongeveer 99% van de laadsessies van lichte voertuigen afgerekend via eMSP's door middel van laadpassen en apps. Doordat de eMSP's vaak gunstiger tarieven afspreken met bepaalde laadpleinexploitanten kan dit goedkoper zijn voor de gebruiker. Maar het komt ook voor dat de eMSP een hoger laadtarief rekent dan de laadpaal-exploitant zelf. Ook worden doorgaans extra kosten in rekening gebracht voor de dienst die de eMSP levert.

Om de communicatie tussen de gebruikers, de eMSP's en de laadpleinen te faciliteren bestaan er meerdere concurrerende protocollen. Deze worden beheerd en geëxploiteerd door verschillende organisaties zoals de EVRoaming Foundation (Open Charge Point Interface Protocol - OCPI), Hubject (Open InterCharge Protocol - OICP), Gireve (eMobility Inter-Operation Protocol - eMIP) en eClearing.net (Open Clearing House Protocol - OCHP). Indien een CPO toegang wil krijgen tot een breder netwerk van eMSP's, moet hij rekening houden met extra kosten voor toegang tot de roaming platforms. De specifieke kosten en de wijze waarop deze aan de gebruiker worden doorberekend, worden momenteel verder onderzocht.

De Alternative Fuels Infrastructure Regulation, AFIR (EU, 2023), vereist dat chauffeurs op ad-hoc basis moeten kunnen laden of tanken en vlot en gemakkelijk kunnen betalen bij alle openbaar toegankelijke laadpunten, zonder de verplichting een contract te sluiten met de exploitant van het laadpunt of een eMSP. Een ad-hoc laadbeurt moet betaald kunnen worden met een in de EU gangbaar betaalinstrument. Laadpleinexploitanten moeten er daarom voor zorgen dat elektronisch kan worden betaald via bijvoorbeeld pinterminals. Deze regels gelden vanaf 2027 voor alle bestaande laadstations met snelladers.

Op termijn zouden ook nieuwe technologieën kunnen worden geïmplementeerd waarbij het laadproces automatisch start wanneer het voertuig op de lader wordt aangesloten. Het voertuig wordt dan herkend via een uniek identificatienummer en facturatie gebeurt automatisch. Hiervoor is een internationale standaard voorgesteld (ISO 15118), die de communicatie faciliteert tussen het voertuig zelf en het elektrische netwerk voor het laden van elektrische voertuigen.

Betalingen verlopen bij de meeste betrokken laadpleinen soepel, maar de betaalmogelijkheden verschillen. Zo kan nog niet bij alle laadpleinen ad-hoc worden betaald met een bankpas. Daarnaast zijn ook de interoperabiliteitsafspraken met betrekking tot betalingen nog niet overal geïmplementeerd. Met de komst van de AFIR zullen beide onvolkomenheden voor 2027 moeten zijn verholpen.

4.4.7 Prijstransparantie

Volgens de Alternative Fuels Infrastructure Regulation, AFIR (EU, 2023), moeten gebruikers van voertuigen op alternatieve energiedragers vóór de laadsessie nauwkeurige prijsinformatie krijgen. Dit betekent dat de prijs op een duidelijk gestructureerde wijze moet worden weergegeven. Hierdoor krijgen eindgebruikers inzicht in de verschillende prijscomponenten

die de exploitant in rekening brengt bij de berekening van de prijs van een laadsessie. Dit geeft dan vooraf een duidelijk beeld van de totale kosten. De AFIR geldt momenteel alleen voor nieuwe laadpleinen. Vanaf 2027 geldt de nieuwe regelgeving voor alle bestaande (semi)openbare laadpleinen met snelladers.

Helaas beschrijft de AFIR niet hoe laadpleinen informatie over de kosten moeten presenteren zodat deze voor iedereen transparant zijn. Hierdoor is het momenteel nog vrij interpretabel wanneer een prijs echt transparant gecommuniceerd wordt.

Daarnaast schrijft het Nederlandse Besluit Prijsaanduidingen Producten voor dat een product of dienst alleen mag worden aangeboden als het is voorzien van een prijsaanduiding op of nabij het product. Verder geldt in Nederland dat een handelspraktijk misleidend is als de consument door onduidelijke informatie of door het weglaten van essentiële informatie geen geïnformeerd besluit kan nemen. Tot slot staat er in de Mededingingswet dat onderling gemaakte (prijs)afspraken concurrentie niet in de weg mogen staan (kartelvorming).

Laadpleinexploitanten kunnen gemakkelijk communiceren over de ah-hoc laadprijs aangezien ze deze zelf bepalen. Echter, wanneer de betaling via een eMSP loopt, heeft de laadpleinexploitant geen zicht op de prijs die deze eMSP zal rekenen aan de klant. Het is in dat geval is het voor de laadpleinexploitant niet goed mogelijk om de laadpaalgebruiker te informeren over de werkelijke laadprijs. In het “Actieplan prijstransparantie” dat is opgesteld door de Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL, 2024) is een ambitie opgenomen ten aanzien van de benodigde prijstransparantie in verschillende betaalopties (zie Tabel 4.7). Hieruit kan worden opgemaakt dat de belangrijkste verantwoordelijkheid van de laadpleinexploitant is om inzicht te geven in de ad-hoc prijs voor klanten die direct afrekenen bij het laadplein.

Tabel 4.7: Geambieerde prijstransparantie en verantwoordelijkheden bij verschillende laadopties volgens (NAL, 2024).

Omschrijving	Volledige prijstransparantie	Verantwoordelijkheid
1. Ad-hoc laden bij een specifieke laadpaal	Vereist	Laadpaalexploitant
2. eMSP laadpas laden bij een specifieke laadpaal	Vereist	eMSP
3. Vergelijken prijzen ad-hoc laden diverse laadpalen	Gewenst	Informatiedienstverlener
4. Vergelijken prijzen tussen diverse laadpas-laadpaal combinaties	Gewenst	Informatiedienstverlener
5. Vergelijken prijzen tussen laadpassen	Gewenst	Informatiedienstverlener

Bij alle betrokken laadpleinen is duidelijk welke de ad-hoc laadprijs moet worden betaald. Deze prijs wordt gecommuniceerd via de laadpaal en/of in veel gevallen via apps of de website. Echter, indien er laadpassen van derden worden gebruikt, worden de kosten die door de eMSP in rekening worden gebracht niet gecommuniceerd omdat deze niet bekend zijn voor de laadpleinexploitant.

Naast ad-hoc prijzen (geen contract) en prijzen van eMSP's (contract tussen gebruiker en eMSP), kunnen ook direct contracten worden gesloten tussen de laadpleinexploitant en de afnemer. Hierin worden dan minimaal af te nemen energiehoeveelheden en laadprijzen af-gesproken.

Bij één betrokken laadpleinen is de laadprijs die in dergelijke contracten is opgenomen direct gekoppeld aan de marktprijs van elektriciteit. De laadprijs is in dat geval pas een dag voor de laadsessie bekend. In de contracten wordt dan wel de prijsberekeningsmethode vastgelegd, maar niet de prijs zelf.

4.4.8 Incidenten

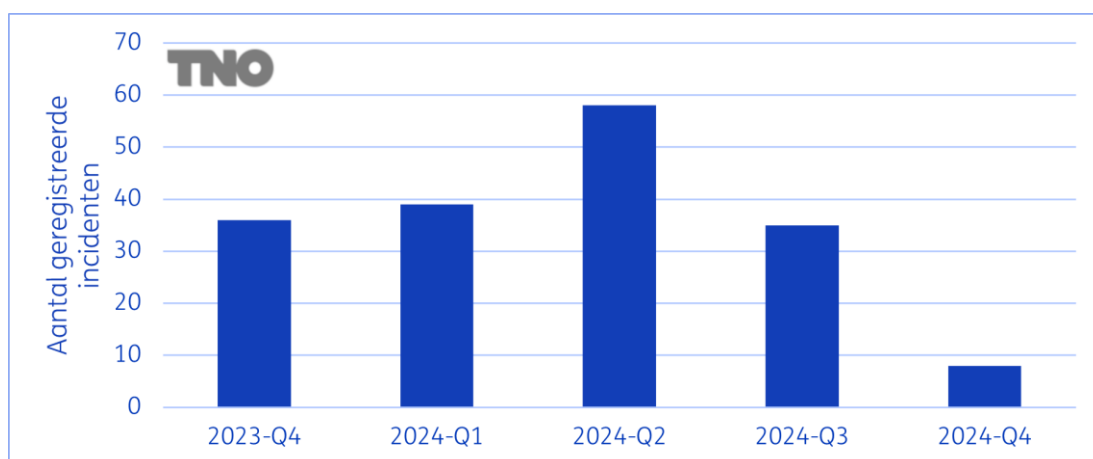
Zoals beschreven in paragraaf 2.1.3 hebben de laadpleinexploitanten een logboek bijgehouden waarin incidenten zijn geregistreerd. Per incident hebben de exploitanten een aantal kenmerken moeten meegeven, zoals de oorzaak van het incident en de duur. De incidenten zijn ook besproken tijdens de één-op-één meetings. Sommige laadpleinen houden zelf al een dergelijk logboek bij en hebben daar inzicht in gegeven. Andere exploitanten hebben het voorgeschreven format gevolgd.

Een groot deel van de meldingen van incidenten komt van een beperkt aantal laadpleinen. Dit blijkt laadpleinexploitanten te betreffen die zelf al een systeem hadden ingericht om incidenten te registreren. Het lijkt er op dat deze actiever zijn in de registratie van incidenten dan exploitanten die alleen registreren in het kader van het project Living Lab. Dit komt waarschijnlijk doordat het al onderdeel is van hun bedrijfsvoering.

Er kan dus niet worden geconcludeerd dat er veel meer incidenten zijn geweest op laadpleinen waar de meeste incidenten zijn geregistreerd. Als gevolg van deze ‘bias’ zijn de conclusies van de analyses enigszins onzeker.

Ontwikkeling van het aantal geregistreerde incidenten

Zoals te zien in Figuur 4.16, neemt het aantal geregistreerde incidenten aanzienlijk toe in de eerste drie kwartalen van het project. Daarna is een zeer sterke daling te zien. In gesprekken met de laadpleinexploitanten wordt dit beeld van een afnemend aantal incidenten bevestigd. Een voor de hand liggende verklaring hiervoor is dat er in de eerste kwartalen nog veel onvolkomenheden zijn als gevolg van opstartproblemen.

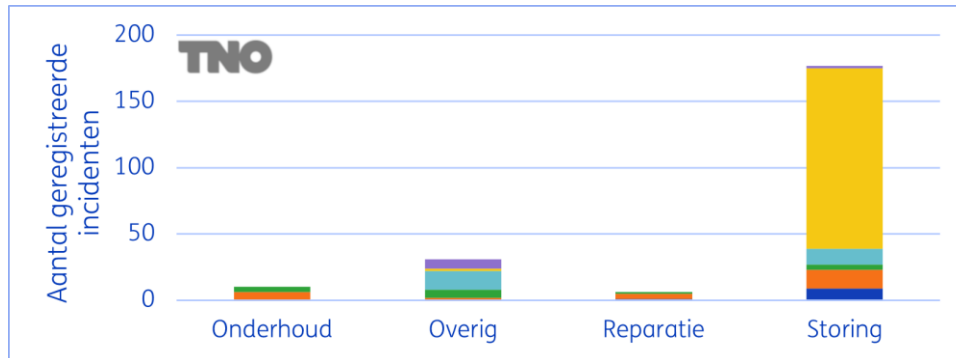


Figuur 4.16: Ontwikkeling van het aantal geregistreerde incidenten per kwartaal.

Type incidenten

De verschillende incidenten zijn onderverdeeld in een aantal categorieën, namelijk ‘onderhoud’, ‘reparatie’, ‘storing’, ‘technische beveiligingsinbreuk’, ‘cybersecurity’ en ‘overig’. Onder ‘overig’ valt een breed scala aan type incidenten, zoals aanrijding met veiligheidspaal, aanpassing in verlichting, of de installatie van extra laadpalen.

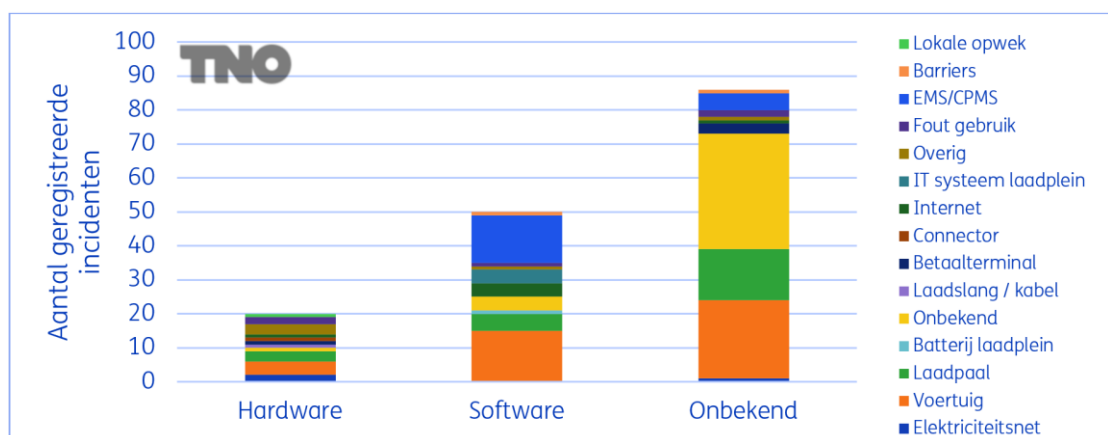
Uit Figuur 4.17 wordt duidelijk dat de meeste incidenten zijn geregistreerd als 'storing' bij de laadpleinen. De categorieën 'technische beveiligingsinbreuk' en 'cybersecurity' komen niet voor in de logboeken.



Figuur 4.17: Aantal geregistreerde incidenten per categorie per laadplein (kleur).

De categorie 'storing' is verder uitgesplitst in Figuur 4.18. Van ongeveer een kwart van de storingsincidenten is de oorzaak 'onbekend' (geel in Figuur 4.18). Verder kan worden geconcludeerd dat 27% van de storingsincidenten die niet vallen onder 'overig' het gevolg was van een voertuig, 15% door de laadpaal en 12% door het energiemanagementsysteem. Er is maar een heel beperkt aantal incidenten gemeld van een ander type storing. Onder de categorie 'voertuig' vallen ook accupakketten voor bouwmachines. Aangezien deze slechts in beperkte oplages worden gemaakt, kan het zijn dat deze (nog) niet goed communiceren met de laadpalen. Dit is een mogelijke verklaring voor het grote aantal storingsincidenten als gevolg van 'voertuigen'.

Ook kan uit Figuur 4.18 voorzichtig worden geconcludeerd dat storingsincidenten vaker het gevolg zijn van software dan van hardware. Voor de storingsincidenten die het gevolg zijn van het 'EMS' (12%) is dit sowieso het geval. Echter ook bij storingsincidenten door 'voertuigen' lijkt de software vaker een probleem dan de hardware. Bij de laadpaal is de storing juist vaker het gevolg van de hardware. De gevolgen van de storingsincidenten zijn niet onderzocht. In het vervolg van het Living Lab zal dit mogelijk verder worden onderzocht.



Figuur 4.18: Specificering van de incidentencategorie 'storing'.

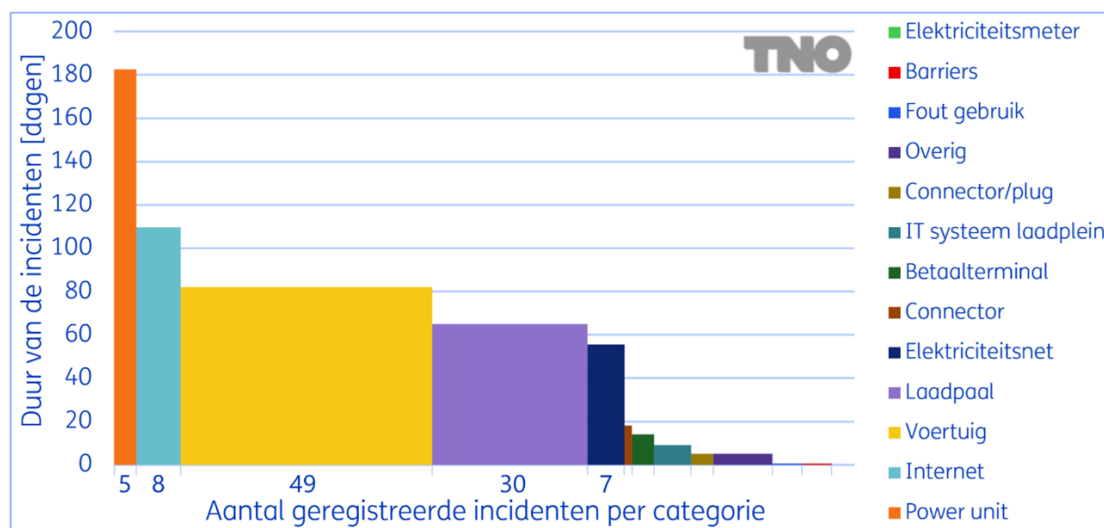
Bij ongeveer 56% van de geregistreerde incidenten was een externe partij nodig om het probleem te verhelpen. 17% is door de laadpleinexploitant zelf verholpen en bij 27% was het onbekend door wie het is opgelost.

Duur van de geregistreerde incidenten

In Figuur 4.19 is op de verticale as de gemiddelde duur weergegeven van verschillende typen incidenten die niet zijn geregistreerd als 'onbekend' en waarvan de duur bekend is. Op de horizontale as staat het aantal incidenten van ieder type dat is gemeld. Het oppervlak stelt daarmee de totale duur voor van incidenten van een bepaalde categorie. Bijvoorbeeld, aangaande de powerunits (meest linkse balk) zijn vijf incidenten geregistreerd (x-as), deze duren gemiddeld ruim 180 dagen (y-as). Deze incidenten worden in meer detail beschreven als 'storingen' en 'uitval' waardoor laadsessies niet succesvol zijn geweest. Dit kan dus grote gevolgen hebben en dient daarom te worden verholpen. De hardware van powerunits is een volwassen technologie waardoor het aannemelijk is dat de incidenten het gevolg zijn van software en de communicatie tussen verschillende onderdelen van de laadpleinen. Daarom zou de powerunit ook deel uit kunnen maken van de te ontwikkelen communicatiestandaard die hierboven is vermeld.

Ook incidenten die betrekking hebben op het internet zijn langdurig. Ook internet is een volwassen technologie en dit lijkt daarom een specifiek probleem voor de betrokken laadpleinen.

Incidenten aangaande het 'voertuig' en de 'laadpaal' zijn ook nog van relatief lange duur, respectievelijk gemiddeld 82 en 65 dagen en komen ook vaak voor. Dit komt vaak omdat een specifiek voertuig(type) niet kan worden opgeladen bij een specifieke lader. De lader kan wel worden gebruikt voor het laden van andere voertuigen. Zoals hierboven al beschreven zijn incidenten met het voertuig relatief vaak met batterijpakketten van beperkte oplages. Dit leidt mogelijk tot communicatieproblemen tussen de batterij en de lader. Ook hier geldt dat communicatieprotocollen moeten worden verbeterd.



Figuur 4.19: Gemiddelde duur van de geregistreerde incidenten per incidentcategorie

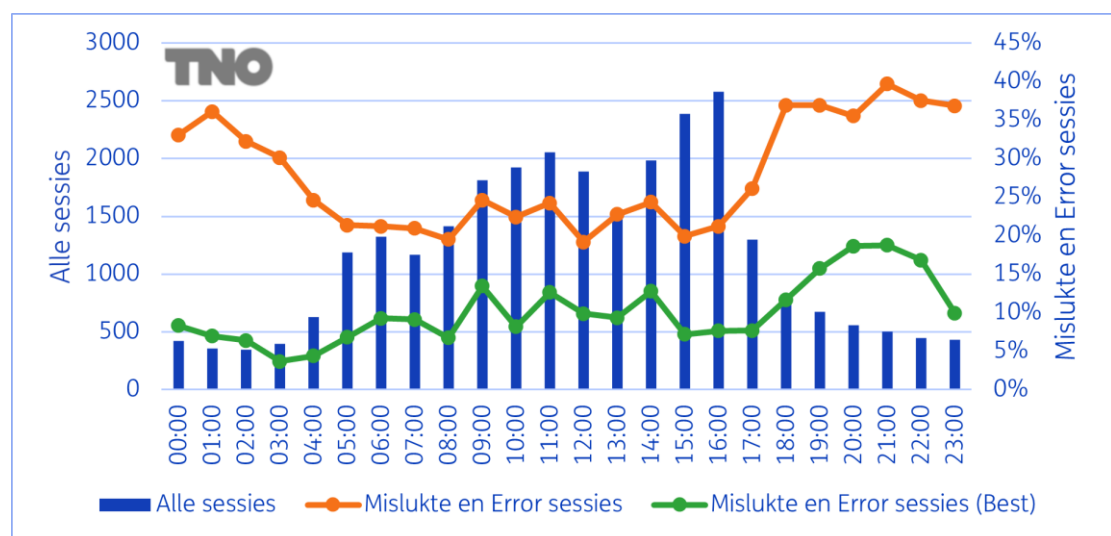
Incidenten met de laadpaal zijn verschillend van soort. Het gaat zowel om beschadigingen door aanrijdingen, als kapotte hardware, maar ook softwareproblemen. De kans op beschadigingen door aanrijdingen kan worden beperkt door het plaatsen van goede barrières (zie paragraaf 4.3.3). Softwareproblemen kunnen het gevolg zijn van een nog jonge technologie of van communicatieproblemen. Die eerste vorm dient te worden verholpen door meer ervaring op te doen en producten te verbeteren. Deze incidenten zijn met name risicovol als het aantal laadpalen beperkt is. Wanneer een laadpaal buiten werking is, is er dan namelijk al snel geen reservemogelijkheid meer om te laden.

4.4.9 Downtime en service level agreements

Op basis van de beschikbare gegevens blijkt dat de meeste laadpleinen niet over een adequaat systeem beschikken voor het monitoren van de uptime van de laders. Hoewel de software de uptime van de laders weergeeft, zijn de onderliggende criteria niet altijd duidelijk. Voor de laadpleinen waarvoor een methode bestaat om de uptime te monitoren, was het signaal dat aangeeft dat een lader defect of buiten werking is in totaal minder dan 5 uur actief, wat wijst op een uptime van bijna 100%.

‘Mislukte’ sessies worden gedefinieerd als sessies waarbij de energieoverdracht minder is dan 1 kWh. ‘Error’ zijn sessies die eindigen in een fout. Zoals te zien is in Figuur 4.20, bedraagt het gemiddelde foutpercentage gedurende de dag 31%. Overdag, wanneer het aantal sessies het hoogst is, is het foutpercentage het laagst, terwijl 's nachts, wanneer het aantal sessies minimaal is, het foutpercentage toeneemt. Bijna alle foutieve sessies zijn gerelateerd aan uitgesteld laden. Sommige voertuigen die aangesloten blijven nadat ze 100% zijn volgeladen, proberen regelmatig opnieuw de laadsessie te starten. Aangezien de batterij al volgeladen is, kan er dan maar minder dan 1 kWh worden geladen. In de gehanteerde definitie betekent dat een mislukte sessie. Met dit inzicht zal in het vervolg van het project een oplossing worden ontwikkeld om dit soort mislukte sessies uit te filteren.

Bij het laadpleintype met het laagste foutpercentage was het foutenpercentage ongeveer 10%. De oorzaken en mogelijke oplossingen voor foutieve laadsessies zullen in het vervolg van het Living Lab verder worden onderzocht.



Figuur 4.20: Weergave van het aantal sessies van alle laadpleinen per uur van de dag (over een periode van 15 maanden) en van het aandeel laadsessies waarbij fouten optraden.

‘Service Level Agreements’ (SLA’s) kunnen worden afgesloten voor onderhoud en het verhelpen van urgente problemen van de aanwezige (technische) assets. In de SLA’s is vaak ook opgenomen binnen welke tijdstermijn een onderhoudsmonteur aanwezig moet zijn om een urgent probleem te verhelpen. De meeste betrokken laadpleinen hebben meerdere SLA’s, bijvoorbeeld voor de laadpalen, de stationaire batterij en/of de software. Dit kan ook nog eens opgedeeld zijn in bijvoorbeeld een eerste lijn externe helpdesk en een tweede lijn die bestaat uit een externe of interne onderhoudsdienst. Tot slot is er soms een derde lijn wat direct de fabrikant kan zijn. Een laadplein heeft hierdoor vaak SLA’s met meerdere dienstverleners. Uit ervaring van de betrokken laadpleinen blijkt dat de communicatie

hiertussen regelmatig ruis veroorzaakt of vertraging opleveren. Daarom is het bij problemen vaak niet direct duidelijk waar de oorzaak ligt en dus ook niet onder welke SLA de problemen vallen. Daardoor is ook niet altijd bekend welke dienstverlener verantwoordelijk is voor het oplossen ervan. Dit verlengt de duur van het probleem en is daarom erg onwenselijk.

Ook krijgen exploitanten lang niet allemaal inzichtelijk welke storingen er bijvoorbeeld via een callcenter worden gemeld. Eén van de betrokken laadpleinen is niet tevreden met de service die wordt geboden door de laadpaalfabrikant, de overige vijf wel. In eerste instantie waren twee laadpleinexploitanten niet tevreden met de SLA's vanwege lange wachttijden. Inmiddels is dat bij één van de twee verbeterd.

De reactietijd voor de dienstverleners is vaak één of twee dagen. In sommige gevallen wordt de maximale reactietijd, die is vastgelegd in de SLA's, niet gehaald. Het laden is een primair proces van een logistieke ondernemingen. Een niet opgeladen vrachtwagen heeft een directe impact op de business. De te hanteren reactietijden zouden daarom eigenlijk niet langer mogen zijn dan een paar uur. Gegeven dat het aantal laadpleinen zal gaan groeien en er steeds meer logistieke partijen van afhankelijk worden, is het van belang om SLA's te ontwikkelen die goed aansluiten bij de behoeften van laadpleinexploitanten en vooral ook de gebruikers.

De technologie van snellaadpalen en specifiek ook satellietssystemen is nog vrij jong. Als gevolg hiervan kunnen fabrikanten of onderhoudsbedrijven moeilijk inschatten hoeveel onderhoud en reparatie er nodig zal zijn en hoeveel kosten ze hiervoor moeten rekenen. Om grote financiële tegenvallers te voorkomen, worden de risico's hoog ingeschat. Daardoor zijn de kosten van de SLA's momenteel nog hoog. In de toekomst zullen deze kosten waarschijnlijk gaan dalen. Tot dan kunnen exploitanten er ook voor kiezen om onderhoud en reparatie op nacalculatie te doen. Het risico ligt dan bij de laadpleinexploitant.

4.5 Energie

In deze paragraaf over het thema 'energie' worden conclusies getrokken ten aanzien van:

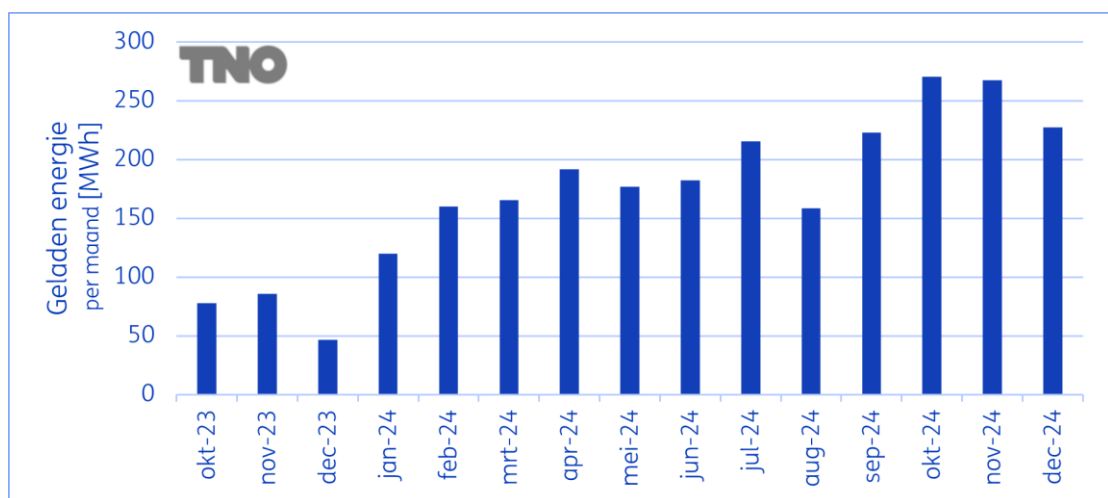
- de ontwikkeling van de geladen energie;
- het rendement van laadpalen;
- netcapaciteit en gecontracteerd vermogen;
- de vermogensvraag van de laadpleinen;
- lokale opwek van duurzame elektriciteit;
- de belasting op het elektriciteitsnetwerk;
- spanningskwaliteit.

Hoofdboodschap: Vermogenspieken bij semipublieke laadpleinen ontstaan typisch in de middag door laden tijdens lunchtijd (12.00 uur) en na werk (vanaf 16.00 uur) door de 'eigen' vloot. Daarnaast is ook uitgesteld laden zichtbaar tussen 21.00 en 00.00 uur. Uitgesteld laden in de nacht gebeurt (nog) niet vanwege het te grote risico op onsuccesvolle laadsessies. Hiervoor is meer stabiliteit van de laadsystemen vereist. Bij laadpleinen die afhankelijk zijn van derden (publieke laadpleinen en truckparkings) wordt veel geladen rond 14.00, blijkbaar omdat rond die tijd bij veel voertuigen, die 's nachts op depot geladen hebben, de batterij leeg is. Bij laadpleinen met eigen zonnepanelen kan PV op zonnige dagen een groot deel van de vraag faciliteren. Op bewolkte (winter)dagen is de opwek onvoldoende en is alsnog een even grote netaansluiting nodig als zonder PV. Dit is niet het geval voor laadpleinen met aansluiting op windenergie. Wind is een betere match voor laden in de avond en de nacht (voornamelijk relevant voor truckparkings en semipublieke laadpleinen).

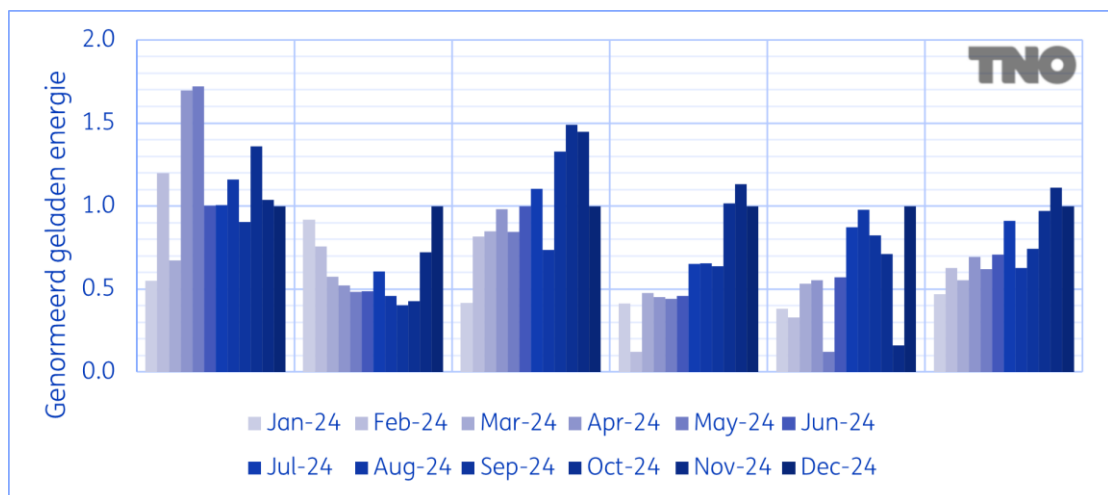
4.5.1 Ontwikkeling van de geladen energie

In 2024 is het aantal geregistreerde batterij-elektrische trucks in Nederland toegenomen met 80%. De hoeveelheid per maand geladen energie bij de betrokken laadpleinen is in de eerste 15 maanden toegenomen met 15% per maand gemiddeld, ofwel 251% per jaar (zie Figuur 4.21). Tijdens maanden met veel vakantiedagen, augustus en december, is een duidelijke dip te zien. Dat de groei bij de betrokken laadpleinen veel groter is dan die van het aantal elektrische vrachtwagens komt voornamelijk door een uitbreiding van de elektrische voertuigvloot bij de semipublieke laadpleinen.

In dezelfde periode is het aantal openbare laadpleinen en depotlaadstations ook toegenomen. Er waren eind 2024 al ongeveer 80 laadlocaties waar vrachtwagens kunnen opladen⁹.



Figuur 4.21: Ontwikkeling van de totale hoeveelheid geladen energie per maand bij de zes betrokken laadpleinen in de eerste 15 maanden van het project.



Figuur 4.22: Ontwikkeling van de hoeveelheid geladen energie per laadpleinen in de laatste 12 maanden van het project, genormeerd op de laatste maand (december 2024) per laadplein.

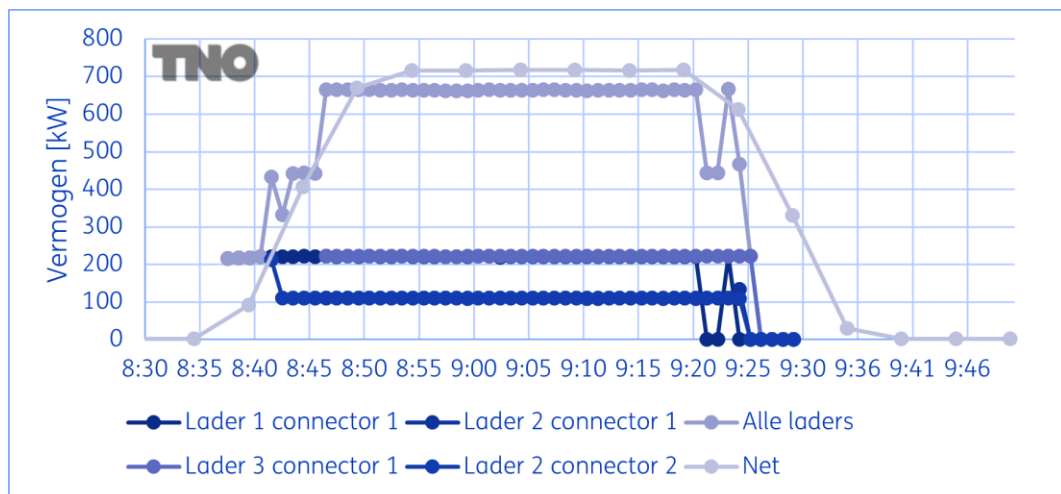
⁹ <https://nklnederland.nl/interactieve-laadkaart-publieke-laadpunten-voor-zwaar-vervoer/>

Bij bijna alle laadpleinen is groei waar te nemen. De verschillen van maand op maand kunnen aanzienlijk zijn. Dit kan bijvoorbeeld komen door een lokaal bouwproject, waardoor tijdelijk meer bouwlogistiek ontstaat met meer laadbehoefte. Een afname kan ook het gevolg zijn van een partij die eerst een frequente bezoeker is en op enig moment eigen laadpleinen realiseert.

4.5.2 Energetisch rendement van laadplein

Het energetisch rendement van een laadplein kan worden gedefinieerd als het quotiënt van de netto aan voertuigen geleverde energie en de van het net afgenomen energie. Het verschil tussen deze twee wordt ondermeer veroorzaakt door energetische verliezen in de laadapparatuur en door elektriciteitsverbruik van alle voorzieningen op het laadplein zoals verlichting. Op maandbasis zien we op basis van de energie die door het laadplein uit het net wordt gehaald en de energie die per maand wordt verkocht dat het energetisch rendement tussen de 86% en 92% ligt.

Het hoogste rendement (92%) werd behaald tijdens Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2). Dit komt doordat het gebruik van andere energiegebruikers op het laadplein niet of amper toeneemt bij hogere elektriciteitsafzet. Bij een hoge laadvraag wordt het aandeel van deze andere energiegebruikers daarom kleiner.



Figuur 4.23: Effectiviteit van opladen, 4 laadsessies versus energie uit het net. Op momenten lijkt de energie geleverd door het net lager dan de vraag van de laders. In werkelijkheid is dat niet het geval: door de lagere resolutie van het signaal uit het net kan dit wel zo lijken in de figuur.

4.5.3 Netcapaciteit en gecontracteerd vermogen

Beschikbare netcapaciteit

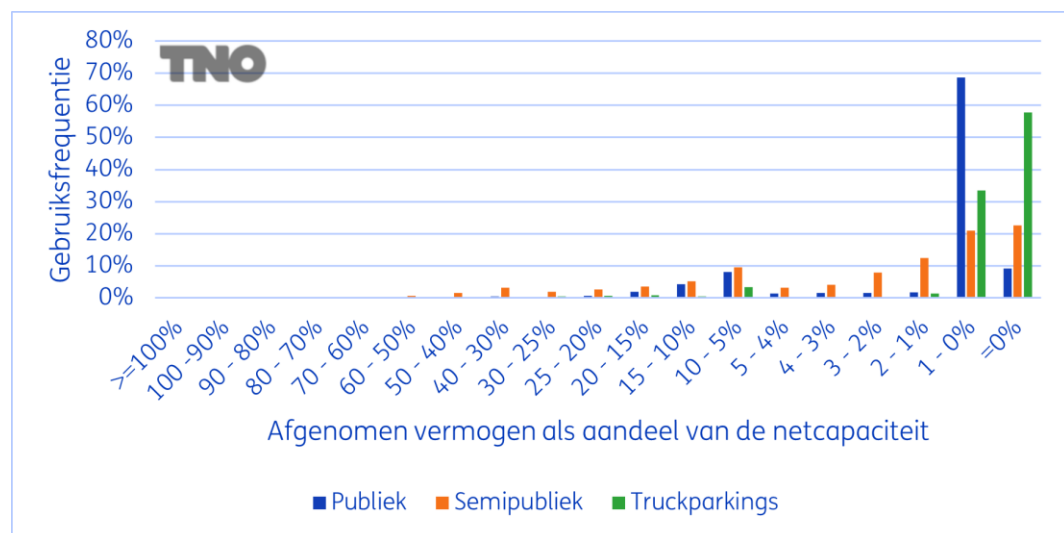
Een gebrek aan netcapaciteit is één van de belangrijkste barrières voor de transitie naar elektrische vrachtvoertuigen (TNO, 2024). Netcongestie kan voorkomen op zowel het hoogspanningsnet, het middenspanningsnet als het laagspanningsnet. Het is een landelijk probleem maar heeft locatiespecifieke uitingen. Zo kan het zijn dat er geen netcapaciteit meer is voor een bedrijf terwijl een ander bedrijf in de buurt wel aangesloten kan worden. Dit kan gebeuren doordat het bedrijf in de buurt op een andere transformatorstation of elders op het hoogspanningsnet kan worden aangesloten waar nog wel netcapaciteit beschikbaar is. Dit is ook afhankelijk van hoeveel vermogen er nodig is.

Het verkrijgen van voldoende netcapaciteit is een probleem waar alle betrokken laadpleinexploitanten mee te maken hebben. Sommige hebben uitdagingen voor de locaties die betrokken zijn bij het project LLHDL, andere exploitanten alleen bij hun andere locaties.

Voor marktpartijen zoals laadpleinexploitanten is het niet altijd duidelijk waar het probleem zit. Ze hebben daarom in sommige gevallen contact met zowel de TSO als de DSO over een aansluiting. Omdat de lokale congestieniveaus op de verschillende spanningsnetten kunnen verschillen, kan het zijn dat de TSO en DSO voor dezelfde locatie verschillende aansluitingsdatums afgeven. Bijvoorbeeld, een DSO geeft voor een bepaalde locatie een optie voor capaciteitsuitbreiding in 2027, maar de TSO communiceert dat het pas mogelijk is in 2031. Voor marktpartijen is niet altijd duidelijk hoe dit precies werkt en waarom dit kan verschillen. Om marktpartijen meer zicht te bieden op de ontwikkeling van de netcapaciteit delen netbeheerders steeds meer informatie zoals de capaciteitskaart (Netbeheer Nederland, 2025).

Een andere uitdaging die laadpleinenexploitanten noemen is dat er bij sommige netbeheerders een netaansluiting gedeeltelijk betaald moet worden vanaf het moment dat deze is toegezegd, ook als deze pas over jaren wordt gerealiseerd. Deze aanbetsaling verschilt per netbeheerder. Aangezien de kosten van de totale netaansluiting een aanzienlijk deel zijn van de totale kosten, kan dit bedrag bij grote laadpleinen aanzienlijk zijn. Daarbij komt dat zelfs als de aansluiting is toegezegd en daar voor betaald wordt, er onzekerheid blijft bestaan over de uiteindelijke echte toekenning van netcapaciteit.

In de onderstaande grafiek wordt voor de verschillende typen deelnemende laadpleinen weergegeven welk aandeel van de tijd welk aandeel van de maximale aansluitwaarde werd gebruikt gedurende de looptijd van het project. Op een paar piekmomenten gedurende de dag na, is de maximale capaciteit met de huidige bezettingsgraad nog niet nodig. Laadpleinen investeren echter voor de lange termijn, waarbij zij zekerheid moeten hebben met een hoge bezettingsgraad klanten te kunnen bedienen.



Figuur 4.24: Frequentie waarmee welk aandeel van de gecontracteerde netcapaciteit wordt gebruikt.

In de situatie dat de gecontracteerde netcapaciteit veel groter is dan wat er daadwerkelijk wordt gebruikt, kan de netbeheerder deze niet-gebruikte transportrechten terugvorderen. Dit codebesluit van de ACM is ook wel bekend als GOTORK (Gebruik Op Tijd Of Raak het Kwijt) (ACM, 2024). Dit kan in congestiegebieden en bij substantiële hoeveelheden onnodig

aangehouden transportcapaciteit. Daarom is het belangrijk dat laadpleinexploitanten wel echt gebruik maken van de gecontracteerde netcapaciteit.

Voorkomen van overschrijding van contractwaarde

Om een stabiel elektriciteitsnetwerk te kunnen garanderen, is het voor netbeheerders van belang dat de capaciteit van kabels en transformatoren niet (te vaak of te langdurig) wordt overschreden. Daarom is het van belang dat elektriciteitsafnemers de gecontracteerde vermogens niet overschrijden. Doen zij dit wel dan krijgen ze eerst een melding, en wanneer het vaker gebeurt, kunnen er ook boetes worden opgelegd aan de afnemer of kunnen er zelfs juridische stappen volgen die kunnen leiden tot afsluiting van de netaansluiting.

Vier van de zes laadpleinen beschikken over load balancing software om te voorkomen dat er meer vermogen wordt gevraagd dan is gecontracteerd. Wanneer het cumulatieve vermogen de capaciteit van de netaansluiting dreigt te overschrijden wordt het vermogen dat aan ladende voertuigen wordt toebedeeld beperkt, wat leidt tot lagere laadsnelheden. Eén van de laadpleinen heeft een contract afgesloten met de netbeheerder waarin is afgesproken dat het laadplein gedurende het jaar meer netcapaciteit krijgt. Verder is vastgelegd dat de netbeheerder, wanneer deze veel capaciteitsvraag verwacht, het laadplein één dag van tevoren per e-mail kan verzoeken om de vermogensvraag te beperken. Het laadplein moet voldoen aan dit verzoek. De huidige laders ondersteunen geen directe controle door netbeheerders. De sturing van het laadproces verloopt via de CPO, die op basis van ontvangen signalen laadprofielen kan instellen. Voor een directe koppeling met de netbeheerder wordt gewerkt aan de implementatie van OpenADR¹⁰.

Eén van de betrokken laadpleinen heeft discussies gehad met de netbeheerder over de overschrijding van het gecontracteerde afnamevermogen op een moment wanneer er juist veel duurzame elektriciteit en daarmee invoeding elders beschikbaar was. Het vergroten van de vermogensvraag kan in het geval van hoge lokale duurzame elektriciteitsproductie juist verlichting brengen voor het elektriciteitsnet wanneer dit op de juiste locatie en het juiste moment gebeurt. Desalniettemin werd hier een boete opgelegd omdat de contractwaarde werd overschreden. Met de toename van het aandeel duurzaam opgewekte elektriciteit zal de elektriciteitsopwekking grilliger gaan verlopen dan bij opwekking door gas- of kolencentrales. Om overbelasting van het net te voorkomen, wordt het daarom steeds belangrijker om opwekking en afname beter op elkaar af te stemmen in plaats en tijd. Laadpleinen kunnen hier, net als andere flexibele elektriciteitsafnemers, een rol in spelen. Hoe deze oplossingsrichting vormgegeven kan worden zonder dat dit de stabiliteit van het elektriciteitsnetwerk compromitteert, dient verder te worden onderzocht.

Slim laden

Bij slim laden wordt het laadvermogen van één of meerdere voertuigen aangepast door dit uit te spreiden of uit te stellen over een langere tijd. Dit kan worden toegepast om:

- de piekbelasting af te vlakken (ook wel ‘peak shaving’) om zo de netbelasting te beperken;
- te kunnen laden tegen lagere kosten door (een deel van) de vermogensvraag te verplaatsen naar een moment dat de elektriciteitsprijs lager is;
- prioriteit te geven aan voertuigen / klanten die snel moeten laden;
- de duurzaamheid te maximaliseren door het laadmoment zoveel mogelijk te verplaatsen naar het moment dat er duurzaam opgewekte elektriciteit beschikbaar is.

¹⁰ www.openadr.org

Slim laden in de vorm van uitgesteld laden wordt momenteel alleen toegepast op de semipublieke laadpleinen. Deze hebben meer zicht en invloed op de inzet van de voertuigen (laadtijd en benodigde energie) en voertuigen blijven op deze laadpleinen langer aan de paal, waardoor ze meer mogelijkheden hebben om het laadproces te plannen. Wanneer voertuigen langer verblijven op truck parkings en publieke locaties, en reserveringsystemen meer gebruikt gaan worden, verhoogt dit de mogelijkheden om slim laden toe te passen. In dat geval is namelijk bekend hoelang het voertuig nog kan opladen waardoor gebruik kan worden gemaakt van de flexibiliteit zonder dat een voertuig aan het eind van de laadsessie onvoldoende heeft geladen. Voor de volledig publieke laadpunten lijkt slim laden voorlopig een beperkte optie, tenzij er wordt overnacht bij het laadpunt en dit bekend is bij de laadpleinexploitant.

Twee van de hubs met een onvoldoende netaansluiting maken gebruik van slim laden in de vorm van een vermogensbeperking op één of meer laders. In deze situatie wordt het vermogen van één lader beperkt wanneer alle laders tegelijkertijd in gebruik zijn.

De hubs met een batterijsysteem (BESS) hanteren een slim energiebeheersysteem. Dit systeem gebruikt energie uit de batterij zodra de netaansluiting zijn vermogenslimiet bereikt, waardoor wordt voorkomen dat de limiet wordt overschreden, terwijl het toch mogelijk blijft om alle laders op vol vermogen te laten functioneren

Slim laden vereist wel een stabiel laadsysteem met stabiele software om te voorkomen dat bijvoorbeeld 's ochtends pas wordt ontdekt dat een nachtelijke laadsessie niet succesvol is geweest.

Andere oplossingsrichtingen: stationaire batterijen, alternatieve contractvormen en 'cable pooling'

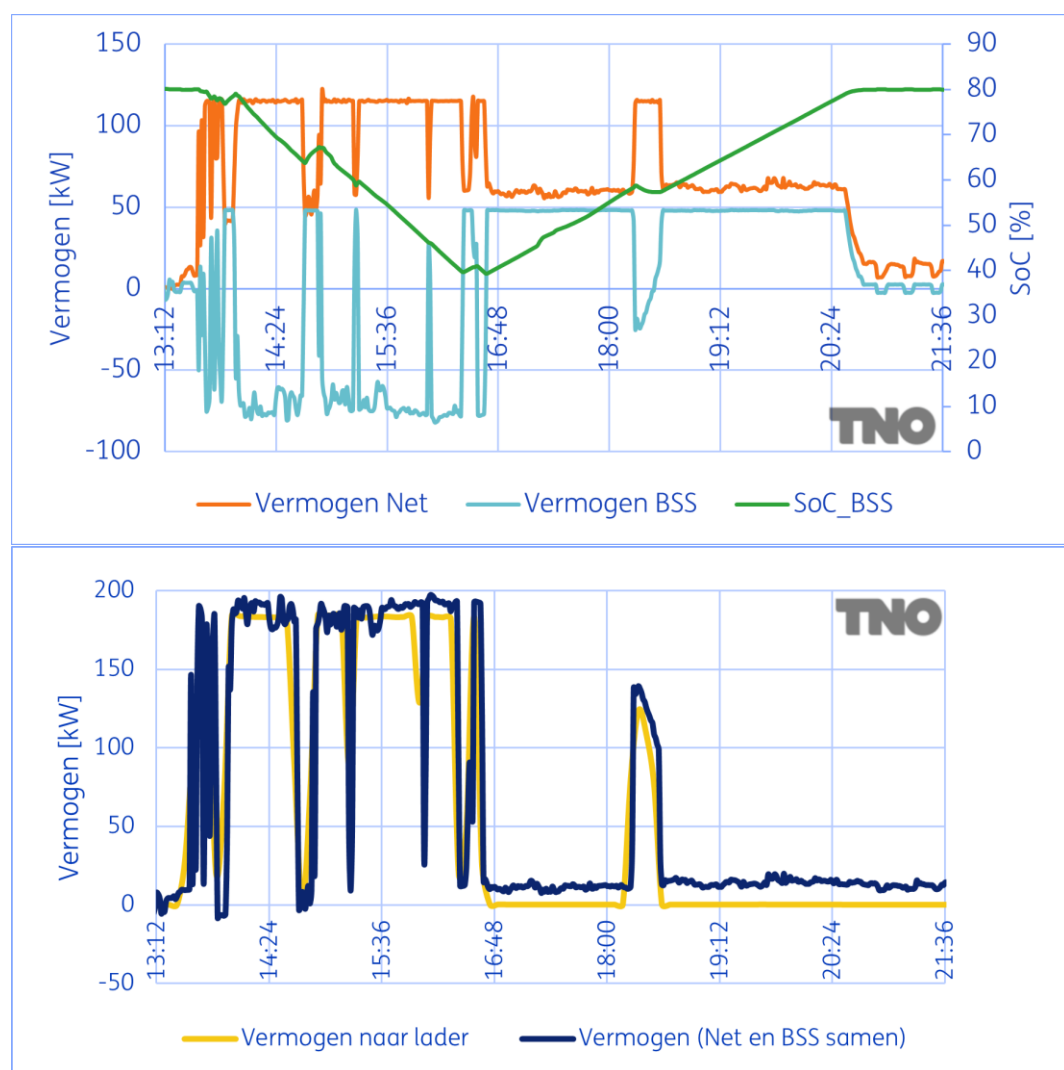
Naast slim laden zijn er meer oplossingen die laden mogelijk kunnen maken bij beperkte netcapaciteit, zoals stationaire batterijen (BESS), alternatieve contractvormen met de netbeheerder, en 'cable pooling' (CE Delft, 2022).

Bij twee van de laadpleinen is de capaciteit zo beperkt dat besloten is een stationaire batterij (BESS) te installeren waarin elektrische energie kan worden opgeslagen op het moment dat er meer netcapaciteit is dan laadvraag. Op het moment dat er een tekort aan netcapaciteit is, kan de stationaire batterij extra elektriciteit leveren. Een derde laadplein heeft een BESS om lokaal opgewekte duurzame elektriciteit in op te slaan. Bij een groeiende vraag naar laden zou deze stationaire batterij ook kunnen worden ingezet om op bepaalde momenten meer vermogen te kunnen leveren dan het net toestaat. Vier van de betrokken laadpleinen geven aan dat ze graag verder zouden uitbreiden maar dat het niet mogelijk is vanwege onvoldoende netcapaciteit.

Naast het plaatsen van stationaire batterijen kunnen ook alternatieve contractvormen met de netbeheerder bijdragen aan een oplossing. Bij deze contractvormen varieert het beschikbare vermogen in de tijd, bijvoorbeeld het moment van de dag en/of het jaar. Op veel locaties is bijvoorbeeld geen netcapaciteit meer beschikbaar overdag, maar wel in de nacht. Een dynamisch contract kan dan de mogelijkheid bieden om 's nachts over meer vermogen te beschikken. Zeker bij laadpleintypen waar 's nachts laden een belangrijk deel van de afzet is (semipublieke laadplein) of mogelijk zal worden (truckparkings), kunnen dynamische contracten extra ruimte bieden om uit te breiden. Momenteel hebben twee van de betrokken laadpleinen een alternatieve contractvorm met de netbeheerder. De meeste andere laadpleinexploitanten staan open voor een ander type contract met de netbeheerder als dat betekent dat er (op waardevolle momenten van de dag) meer vermogen beschikbaar komt.

Vanuit de netbeheerder is het belangrijk dat extra vermogen via alternatieve contracten daadwerkelijk wordt benut.

Naast slim laden, stationaire batterijen en alternatieve contractvormen, kan ook 'cable pooling' bijdragen aan de beschikbaarheid van extra vermogen op bepaalde momenten. Bij 'cable pooling' delen verschillende bedrijven samen één netaansluiting. Ze moeten vervolgens onderling uitmaken wie wanneer hoeveel vermogen mag gebruiken. Dit kan goed werken wanneer de samenwerkende bedrijven een complementaire vermogensvraag gedurende de dag hebben. BAT werkt samen met het naastgelegen Arriva en netbeheerder Enexis aan een experiment waarin 'cable pooling' wordt toegepast. Overcapaciteit van BAT wordt in de nacht beschikbaar gesteld aan Arriva. Ook andere betrokken laadpleinen geven aan dat ze zeer geïnteresseerd zijn in deze optie.



Figuur 4.25: Voorbeeld van de inzet van extra vermogen door stationaire batterijen (BESS).

Bij het laadplein dat is gebruikt in voorbeeld in Figuur 4.25 wordt het stationaire batterij-energieopslagsysteem (BESS) direct na elke laadsessie weer opgeladen. Tijdens het laden van het voertuig bestaat het totale vermogen naar de lader uit een combinatie van energie uit het net en uit de BESS. De netaansluiting wordt maximaal benut tijdens het laden, terwijl voor het opladen van de BESS slechts ongeveer de helft van deze capaciteit wordt gebruikt.

Deze aanpak maakt het mogelijk om tot vijf opeenvolgende laadsessies te ondersteunen. Dit toont aan dat zelfs met een beperkte netaansluiting van 100 kW, laadsessies van 200 kW gerealiseerd kunnen worden door effectief gebruik te maken van de opgeslagen energie in de BESS. Het systeem werkt efficiënt door de netbelasting in de tijd te spreiden en de BESS tussen laadsessies opnieuw op te laden.

Bij de huidige benutting van de laadpleinen daalt de State of Charge (SoC) van het batterij-opslagsysteem (BESS) zelden onder de 50%. Naarmate de benutting toeneemt, kan de beschikbare batterijcapaciteit echter wel een groter knelpunt worden. Het is daarom essentieel om de benodigde capaciteit van het BESS zorgvuldig te berekenen op basis van het verwachte gebruikspatroon van elk laadplein. Dit zorgt voor voldoende energiereserves, ook bij een hogere laadvraag.

4.5.4 Vermogensvraag van de laadpleinen

Afhankelijk van de functie die een laadplein vervult, verschilt het gebruik van de laadpunten en daarmee ook de vermogensvraag en dus de impact op het elektriciteitsnetwerk.

Algemeen

In Figuur 4.26 is het gemiddeld verloop van de vermogensvraag over de dag weergegeven van verschillende typen laadpleinen (publiek, semipubliek en truckparkings). Deze vermogensvraag omvat bij de meeste laadpleinen alleen de laders, bij één laadplein is dit ook inclusief de winkel en het tankstation. Bij alle typen is een piek in de vermogensvraag te zien rond het middaguur. Blijkbaar grijpen zowel partijen die laden bij derden (publieke laadpleinen of truckparkings) als de ‘eigen vloot’ van de semipublieke laadpleinen dit moment aan om het voertuig op te laden.

Publieke laadpleinen

Zoals te zien in Figuur 4.26 hebben de publieke laadpleinen ook in de nacht enige vermogensvraag. Dit komt doordat op één van de publieke laadpleinen de andere faciliteiten, die ook ‘s nachts vermogen vragen, op dezelfde netaansluiting aangesloten zijn als de laders. Doordat het aantal laadsessies op deze locatie beperkt is, hebben de winkel en het tankstation een aanzienlijke invloed op de totale vermogensvraag. Het andere publieke laadplein vertoont een duidelijk piek rond het middaguur. De vermogensvraag in het weekend is hoger dan zou mogen worden verwacht op basis van de typische inzet van vrachtwagens. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door personenauto’s die in het weekend gebruik maken van de publieke laadpleinen.

Semipublieke laadpleinen

Bij de semipublieke laadpunten is de vermogensvraag redelijk constant tussen 7:00 en 17:00 uur met één piek rond lunchtijd en één rond 16:30 uur, wanneer veel van de voertuigen van de ‘eigen vloot’ klaar zijn voor de dag. Vooral bij BAT zijn deze pieken hoog omdat de voertuigen allemaal worden ingezet voor hetzelfde doel, namelijk afvalinzameling. Ze hebben daardoor vergelijkbare inzetprofielen. Daarnaast is er nog een duidelijke vermogensvraagtoename te zien rond 21:00 uur. Deze wordt veroorzaakt door één van de semipublieke laadpleinen die de vermogensvraag doorschuift naar de avond vanwege de beschikbare gecontracteerde energie. De volledige potentie van slim laden wordt nog niet benut, omdat alle oplaadsessies worden verplaatst naar hetzelfde startmoment. Hierdoor ontstaat een piek om 21.00 uur en een dip tussen 2.00 en 5.00 uur. Door de start van het opladen te spreiden, of het vermogen te verlagen, zou de vermogensvraag meer gespreid kunnen worden. Het verplaatsen van laadvraag naar de nacht is een risico omdat er dan geen personeel aanwezig is. Dit kan ertoe leiden dat in de ochtend blijkt dat een laadsessie niet

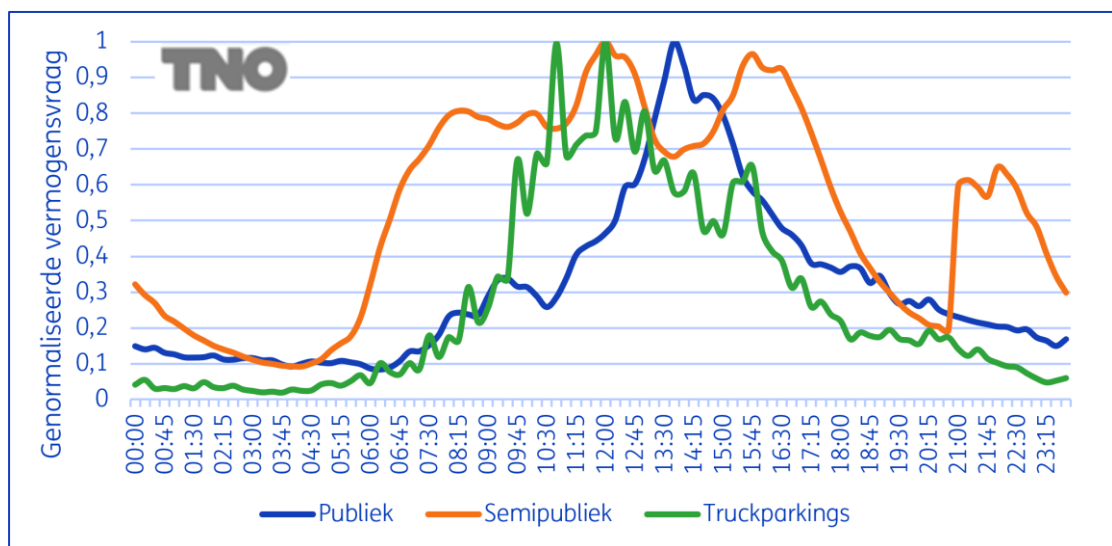
succesvol is geweest waardoor een voertuig niet kan worden ingezet. Dit zou kunnen worden opgevangen door de laadsessies te monitoren en personeel in de nacht naar het laadplein te sturen wanneer een probleem wordt geconstateerd. Maar dit is geen wenselijke oplossing. Laadsessies verplaatsen naar de nacht is daarom pas mogelijk wanneer er zeer betrouwbare (software)systemen zijn geïmplementeerd waardoor het risico op onsuccesvolle laadsessies zeer beperkt is.

Voor BAT, en in sterkere mate voor WattHub, geldt dat een deel van de vermogensvraag wordt ingevuld met eigen duurzaam opgewekte energie. Volgens WattHub komt 80% van de geladen stroom van het windmolenpark. De vermogensvraag zoals voor de semipublieke laadpleinen getoond in Figuur 4.26 komt daarom niet volledig ten laste van het elektriciteitsnet.

Truckparkings

De vermogensvraag was in 2024 verwaarloosbaar klein in de nacht. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er nog geen trucks zijn die tijdens het overnachten op de truckparking gebruik maken van de laadinfrastructuur. De vraag begint toe te nemen vanaf vroeg in de ochtend en leidt tot een piek vlak voor het middaguur. Deze houdt aan tot net na 16:00 uur en daarna neemt de vermogensvraag weer sterk af. Hieruit blijkt dat de laadinfrastructuur op de truckparkings gebruikt wordt voor korte laadsessies overdag, vergelijkbaar met het gebruik dat mag worden verwacht bij publieke laadpleinen. De snellere afname van de energievraag vanaf het eind van de middag kan mogelijk worden verklaard door het ontbreken van laadsessies van lichte voertuigen, die er bij publieke laadpunten wel zijn.

Er wordt bij de truckparkings (nog) geen slim laden toegepast. Vanaf het moment dat voertuigen worden aangesloten, worden ze direct op het maximaal mogelijke vermogen opgeladen.



Figuur 4.26: Genormaliseerd verloop van de vermogensvraag over de dag voor verschillende laadpleintypen.

4.5.5 Lokale opwek duurzame elektriciteit

Het opwekprofiel van zonnepanelen over de dag valt goed samen met de bij de laadpleinen waargenomen laadvraagprofielen. Zo valt zowel de piek van het elektriciteitsaanbod van de

zonnepanelen als de piekvraag van de voertuigen rond het middaguur. Dit betekent dat een deel van het opgewekte vermogen direct kan worden gebruikt om voertuigen op te laden.

Op langere termijn zal de actieradius van een deel van de vloot elektrische voertuigen verder toenemen om voertuigen meer flexibel te kunnen inzetten. Hierdoor kan een groter deel van de energiebehoefte worden geladen op het eigen depot. In welke mate dit gaat gebeuren zal sterk afhangen beschikbare netcapaciteit op het depot. Indien pieken in duurzame energieopwekking tijdens zonnige of winderige dagen zullen leiden tot goedkope elektriciteit bij laadpleinen zullen logistieke partijen mogelijk ook overdag gaan laden ondanks dat ze voldoende netcapaciteit en laadfaciliteiten op hun eigen depot hebben.

Publieke laadpleinen zullen naar verwachting veelal overdag worden gebruikt waardoor de lokaal opgewekte zonne-energie direct in de voertuigen kan worden geladen. Bij truckparings en semipublieke laadpleinen zal dat op termijn mogelijk minder het geval zijn. In dat geval kan een stationaire batterij een oplossing zijn om de opgewekte energie later alsnog te gebruiken om de voertuigen te kunnen laden. Batterijen kunnen ook worden opgeladen met stroom van het elektriciteitsnet op momenten dat er weinig elektriciteitsvraag is, bijvoorbeeld 's nachts. Echter, de baten daarvan moeten wel opwegen tegen de extra kosten door gebruik van een stationaire batterij. Die zijn 0,17–0,35¹¹ €/kWh in 2024.

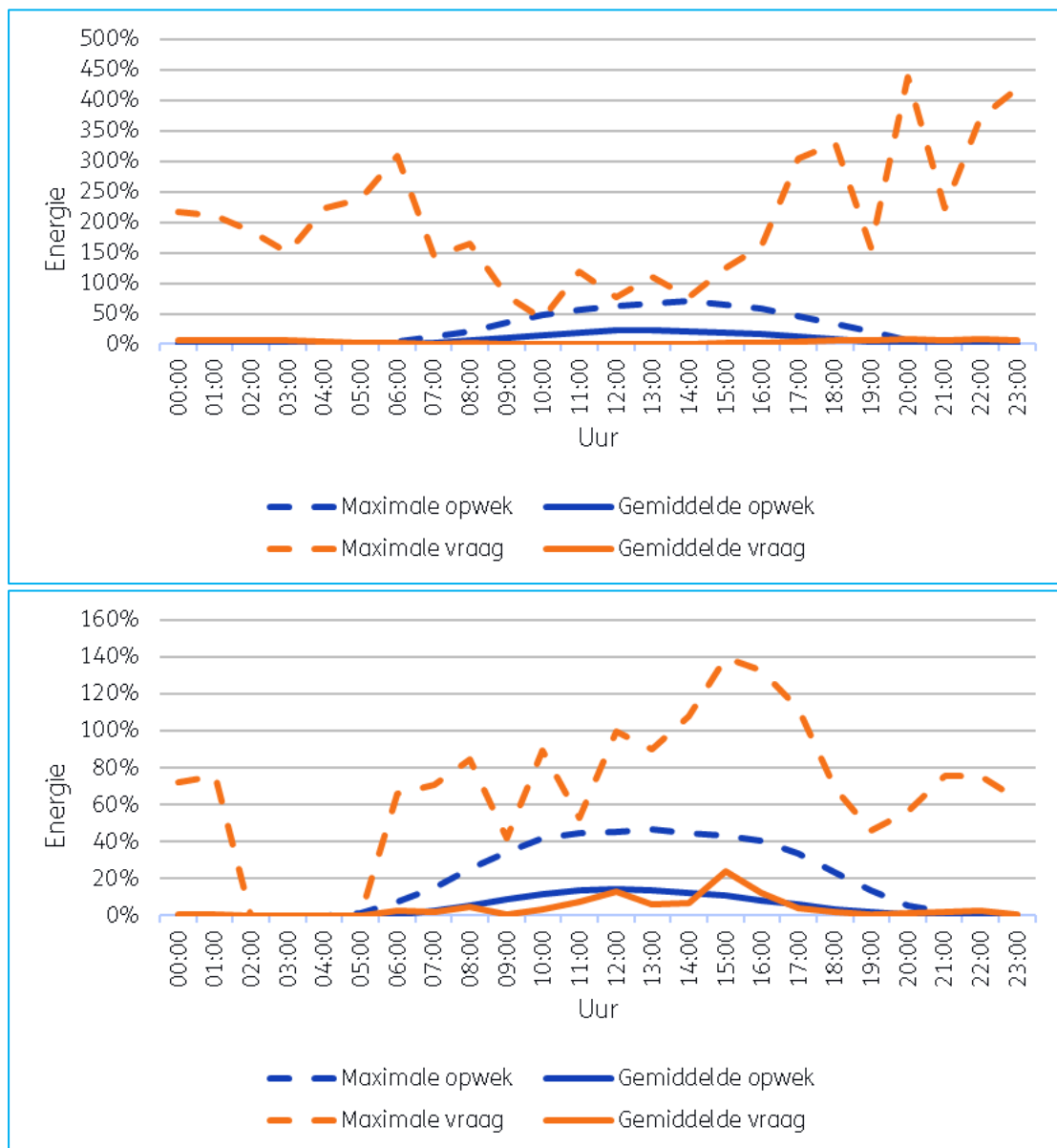
Gegeven dat de opbrengst van zonnepanelen in de winter beperkt is, zal de netaansluiting alsnog groot genoeg moeten zijn om voertuigen in deze periode op te kunnen laden. Als gevolg hiervan is een stationaire batterij in combinatie met zonnepanelen vaak niet kosten-efficiënter dan geheel laden van het elektriciteitsnetwerk.

Tot recent was het niet toegestaan om met twee opwekkers (bijv. zon en wind) achter de meter een laadplein van elektriciteit te voorzien. Daardoor was het niet mogelijk om zowel elektriciteit uit zonnepanelen als uit windmolens direct aan te sluiten op het laadplein. Inmiddels hebben de netbeheerders dit wel mogelijk gemaakt. De effecten van deze aanpassing zijn nog niet bekend.

Bij drie van de zes laadpleinen wordt lokaal elektriciteit opgewekt. Alleen bij WattHub wordt een aanzienlijk deel van de geladen elektriciteit ook werkelijk lokaal opgewekt, namelijk ongeveer 80%. Hiervoor is veel ruimte nodig, dus daarom is deze optie voor veel locaties niet mogelijk. Zo is het maximale vermogen van zonnepanelen ongeveer 230 Wp/m². Dit betekent dat er ongeveer 870 m² nodig is om 200 kW laadvermogen te genereren bij goede zon-inval. Bij bewolking is meer oppervlak nodig.

Opwekprofielen van twee andere laadpleinen zijn weergegeven in Figuur 4.27. Zoals te zien, wordt op zonnige en / of winderige dagen voldoende energie opgewekt om een gemiddeld aantal bezoekers van stroom te voorzien. De verwachting is wel dat de stroomvraag in de toekomst aanzienlijk zal gaan stijgen terwijl dat voor de lokale opwekcapaciteit niet of beperkt het geval zal zijn. Bovendien is de opwek op een gemiddelde dag ongeveer een factor drie lager dan op de meest gunstige dag. Als gevolg hiervan leidt het installeren van PV maar beperkt tot een afname van de benodigde netcapaciteit. Zolang de vermogensvraag van het laadplein in lijn is met de opwekcapaciteit van het zonnepark kan de belasting op het elektriciteitsnetwerk wel worden beperkt op zonnige dagen.

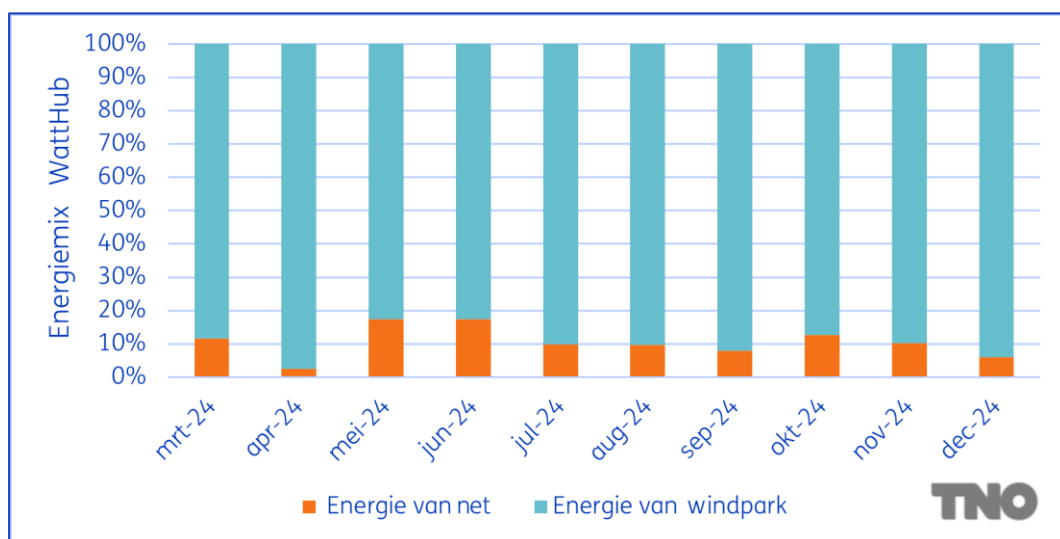
¹¹ Tussen 2022 en 2024 is de batterijprijs met ongeveer 30% afgenomen volgens [Bloomberg](#). Deze factor is gebruikt om de kosten voor batterijopslag uit 2022 (zoals bepaald in (CE Delft, 2022)) te vertalen naar 2024.



Figuur 4.27: Verloop van lokaal opgewekte en gevraagde energie over de dag (zowel gemiddeld als maximaal) van twee verschillende laadpleinen genormaliseerd ten opzichte van de geïnstalleerde capaciteit van de zonnepanelen.

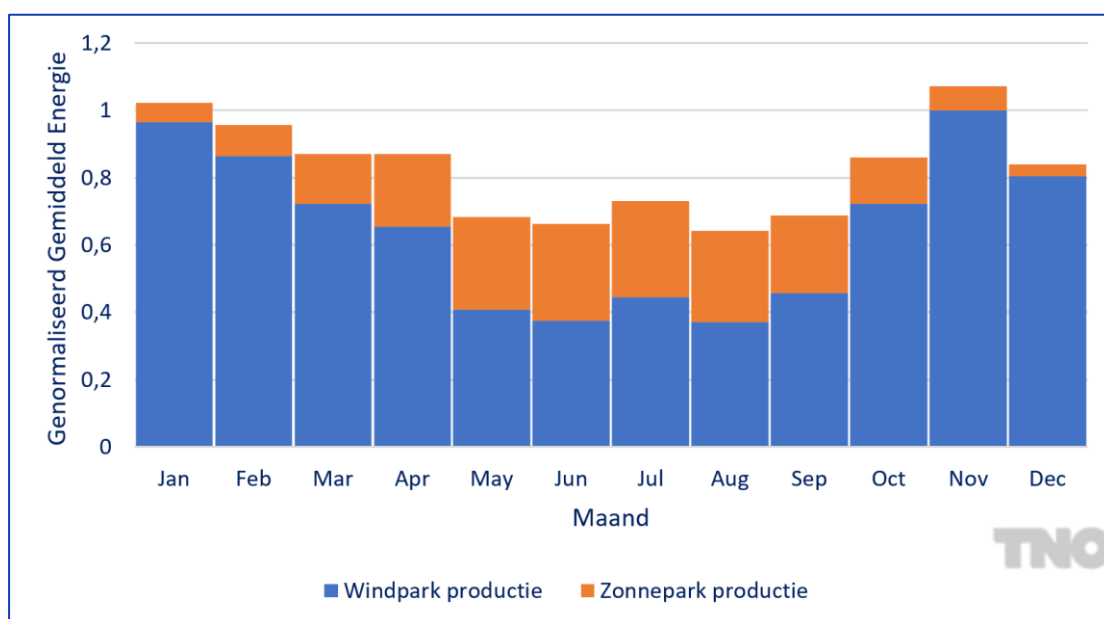
WattHub maakt voornamelijk gebruik van windenergie uit het windpark dat op dezelfde net-aansluiting zit. Aanvankelijk was de gecontracteerde netaansluiting zeer beperkt, waardoor de afhankelijk van windenergie erg sterk was. Daardoor was het op windstille dagen niet altijd mogelijk om voertuigen op te laden. De netaansluiting was ook te klein om de hoeveelheid energie die met het nabijgelegen zonnepark wordt opgewekt te kunnen aanwenden. Eind 2024 is de gecontracteerde netcapaciteit aanzienlijk groter waardoor de hoeveelheid vermogen die door het zonnepark wordt opgewekt wel kan worden aangewend.

De situatie in Figuur 4.28 is nog voor de uitbreiding van de netaansluiting, waardoor het laadplein sterk afhankelijk was van het windpark. In de figuur is te zien dat bijna 90% van de gebruikte energie door het windpark wordt geleverd. De resterende 10% wordt afgenomen van het elektriciteitsnet (TNO, 2025).

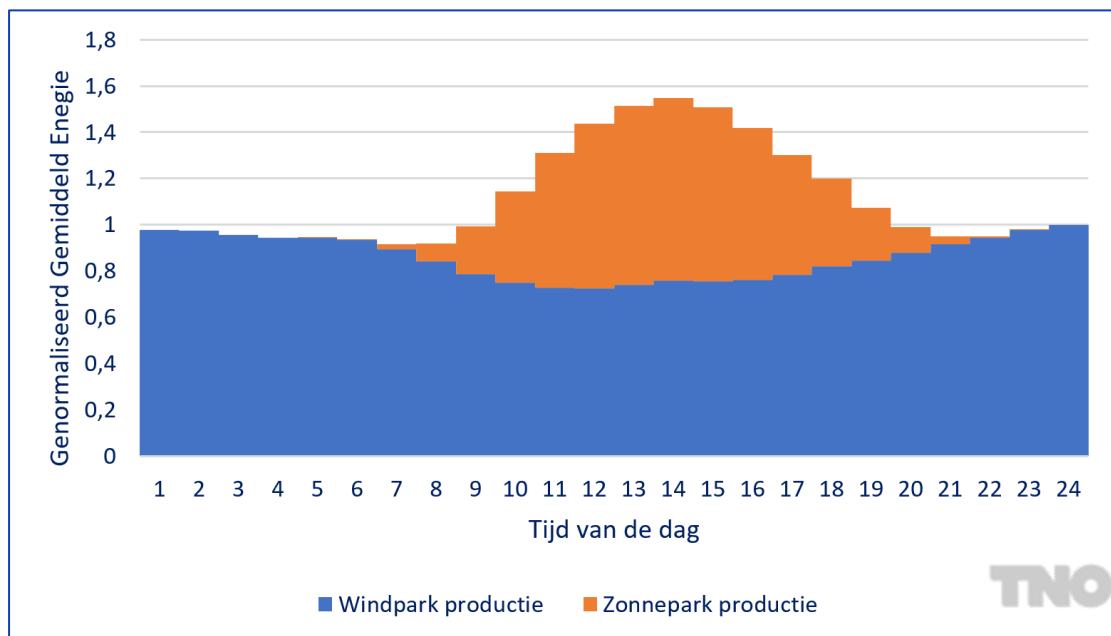


Figuur 4.28: Verdeling van de energievoorziening van het WattHub laadplein: lokaal opgewekte elektriciteit uit windturbines versus van het net afgenomen energie (TNO, 2025).

Wanneer het zonnepark energie levert terwijl het laadpleinenergie vraagt, wordt de belasting van het lokale middenspanningsnet beperkt (zie Figuur 4.29). Zoals duidelijk te zien is in de bijgevoegde afbeelding, bereikt de zonneproductie de piek in de uren waarin de windproductie laag is (Figuur 4.30). De twee energiebronnen zijn daarmee aanvullend aan elkaar.



Figuur 4.29: De gemiddelde maandelijkse energieproductie van Avri windpark en nabijgelegen zonnepark van januari t/m december



Figuur 4.30: De jaargemiddelde energieproductie per uur van dag van Avri windpark en nabijgelegen zonnepark.

4.5.6 Belasting van het elektriciteitsnetwerk

De belasting van het elektriciteitsnetwerk wordt bepaald door de combinatie van elektriciteitsvraag en -invoeding. Netcongestie vindt dus plaats wanneer de netto elektriciteitsvraag en / of de netto invoeding groter is dan de beschikbare netcapaciteit. Alle laadpleinen vereisen netcapaciteit vanwege hun elektriciteitsvraag (zie paragraaf 4.5.4) en sommige laadpleinen en lokale energieopwekking doen ook een beroep op netcapaciteit vanwege invoeding (zie paragraaf 4.5.5).

Zoals beschreven in paragraaf 2.1.6.1 is de elektriciteitsnetwerkbelasting geanalyseerd op de onderstations waar de laadpleinen op aangesloten zijn. Dat wil zeggen, dat in kaart is gebracht wat de impact is van de laadpleinen op de belasting van het middenspanningsnet. Voor de analyse zijn belastingsprofielen bepaald voor de onderstations die de laadpleinen voeden van Brabants Afval Team (BAT), Circle K, Shell, Truckparking Rotterdam Exploitatie (TRE) en Milence. Hiervoor is data geanalyseerd van de onderstations in Tilburg Noord, Helden, Eindhoven Noord, Koedood en Boekend. Per combinatie van station en laadplein is bepaald hoe de profielen van de laadpleinen en stations samenvallen. Deze profielen zijn per laadplein weergegeven in Bijlage E. Verder is ook een inschatting gemaakt van de potentie van slim laden.

Zoals reeds geconcludeerd in paragraaf 4.5.4, is er voornamelijk overdag elektriciteitsvraag op de laadpleinen. Bij twee van de vijf onderstations wordt de afnamelimiet bijna bereikt waardoor er congestie wordt afgeroepen op de onderstations. Andere stations laten juist zien dat er eerder een probleem ontstaat bij invoeding en lopen daar op den duur tegen hun limieten aan.

Verder kan worden geconcludeerd dat er bij twee stations overdag en in de nacht nagenoeg evenveel belasting is waardoor er weinig ruimte is om op deze momenten met een tijdsblokgebonden contract te werken. Dit is een contractvorm waarbij de aangeslotene alleen (of meer) stroom krijgt op een bepaald moment, bijvoorbeeld tussen 00:00 en 06:00, omdat er

dan minder belasting is op het net. Bij de genoemde twee stations heeft zo'n contract aanbieden dus weinig zin omdat er gedurende de dag te weinig variatie zit in de belasting. De drie andere stations laten een profiel zien met een ochtend- en avondpiek. Hier kan het verschil in piekvermogen tussen de dag en nacht van nu enkele procenten oplopen tot 20% in 2030. Op deze locaties zou de inzet van tijdsblokgebonden contracten dus meer evident zijn.

Tot slot zien we beperkte mogelijkheid om slim laden toe te passen. De meeste laadpleinen zien hun laadsessies starten geconcentreerd rond de middaguren. Deze sessies lijken moeilijk naar een ander tijdstip verplaatsbaar. Er zijn überhaupt weinig sessies die starten rond het avonduur, waarvan de energievraag zou kunnen worden verplaatst naar de nacht. Daar komt nog eens bij dat de meeste sessies kort zijn, vaak korter dan 3 uur.

4.5.7 Spanningskwaliteit

Zoals beschreven in paragraaf 2.1.6.1 is de spanningskwaliteit geanalyseerd. Voor het bepalen van de spanningskwaliteit zijn zowel de powerfactor als de (supra-)harmonische verstoringen geanalyseerd. Naast de vermogensvraag (hoeveel energie er over het net gaat) is het ook belangrijk de spanningskwaliteit te analyseren. Deze zegt iets over hoe stabiel en zuiver de spanning op het net is. Bepaalde apparaten kunnen ervoor zorgen dat de kwaliteit van de spanning omlaag gaat, waardoor andere apparaten hinder of defecten kunnen ondervinden.

4.5.7.1 Power Factor

De Power Factor (PF) geeft aan hoeveel van de getransporteerde stroom door een systeem of apparaat wordt omgezet in bruikbare energie. Bij een PF van 1 wordt alle energie omgezet in bruikbare energie. Bij een PF van 0 wordt er geen stroom omgezet in bruikbare energie; echter, deze energie moet nog steeds door de netbeheerder worden getransporteerd.

Een lage PF-waarde:

- verhoogt energieverliezen, omdat het niet-gebruikte vermogen dat door het net stroomt extra warmte genereert in kabels en transformatoren;
- vermindert de netcapaciteit, omdat het net meer schijnbaar (niet bruikbaar) vermogen moet transporteren, wat de beschikbare capaciteit voor andere verbruikers beperkt;
- leidt tot hogere operationele kosten, doordat grotere transformatoren, dikkere kabels en meer energie nodig zijn.

Volgens de netbeheerder wordt een minimale PF van 0,85 gesteld als vereiste aan grootverbruikers. Daarnaast wordt in sommige contractvormen bij bepaalde netbeheerders ook een vergoeding gevraagd per kVAR. KVAR is de eenheid waarin de "niet bruikbare" energie wordt uitgedrukt die ontstaat bij een slechte Power Factor. Een slechte Power Factor kan de exploitant van het laadplein dus geld kosten. Bovendien is het reactieve vermogen dat ontstaat door een slechte Power Factor dan niet beschikbaar voor de rest van het laadplein.

Een DC-laadstation kan een negatieve invloed hebben op de Power Factor. Op basis van ervaring heeft ElaadNL geconcludeerd tijdens het Go-e project¹² dat de meeste problemen met de Power Factor van DC-laders zich voordeden wanneer de laadsnelheid laag was of de laadsessie werd gepauzeerd. Tijdens labmetingen concludeerde ElaadNL dat bij volledig gebruik van het geïnstalleerde vermogen alle DC-laadstations een goede Power Factor hadden

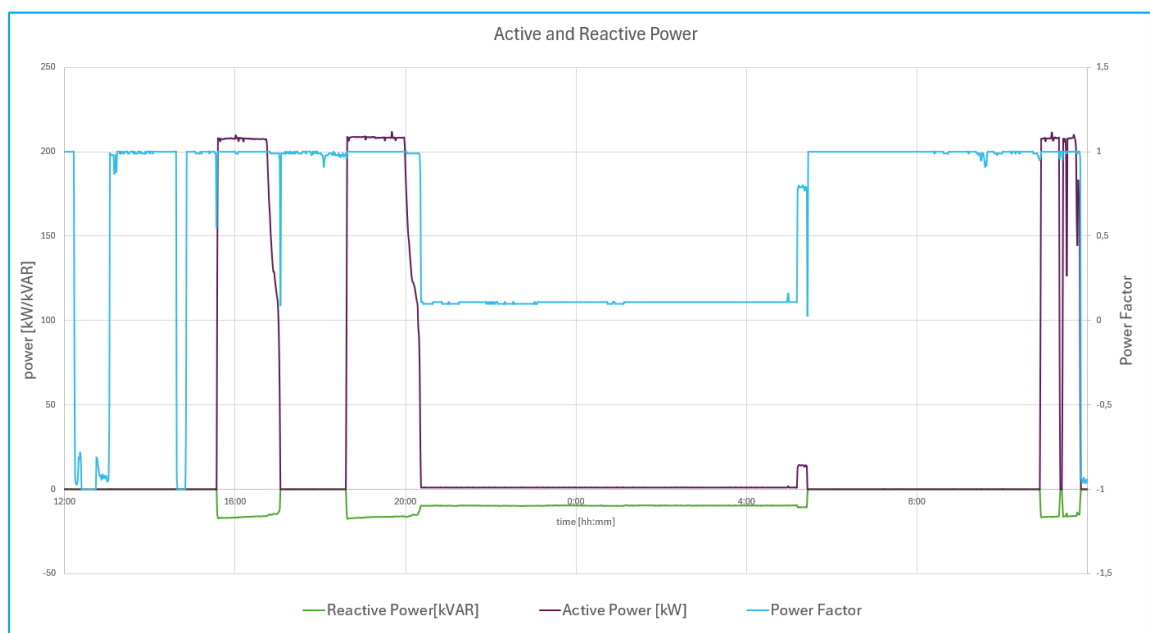
¹² [D1B-4-GO-E- _Proces-slim-laden-elektrische-trucks-en-DC-laadstations_Testrapport.pdf](#)

($PF > 0,85$). Bij het laden met laag vermogen (minder dan 10 kW) had echter slechts 25% van de geteste laadstations een Power Factor hoger dan 0,85.

Bij het opladen van een voertuig op een DC-laadstation zijn er drie laadprotocollen: DIN 70121, ISO 15118-2 en ISO 15118-20. Het eerste protocol heeft geen speciale pauzefunctie. Dit betekent dat de enige manier om het opladen te pauzeren is door een laadstroom van 0 ampère te communiceren, wat zowel door het voertuig als de lader kan worden gedaan.

Het probleem met deze benadering is dat de laadsessie actief blijft en de vermogenselctronica operationeel blijft. Dit kan leiden tot een slechte Power Factor. In Figuur 4.31 is te zien dat de Power Factor bij één van de betrokken laadpleinen ongeveer 0,1 bedroeg tussen 20:22 en 05:11 uur. Gedurende deze tijd wordt er 9,8 kVAR aan schijnbaar (reactief) vermogen uit het net getrokken. Dit is dus vermogen dat niet wordt omgezet naar bruikbaar vermogen, maar wel door alle kabels en transformatoren loopt. Een mogelijke verklaring voor dit gedrag is dat het voertuig om 20:22 uur volledig was opgeladen, maar de laadsessie actief bleef gedurende langere periode omdat het DIN 70121-protocol werd gebruikt.

Figuur 4.31 laat ook significant reactief vermogen zien op momenten dat er wel geladen wordt. Maar omdat dit reactief vermogen in verhouding tot het hoge actieve vermogen beperkt is, zakt de Power Factor op die momenten slechts tot net onder de 1.



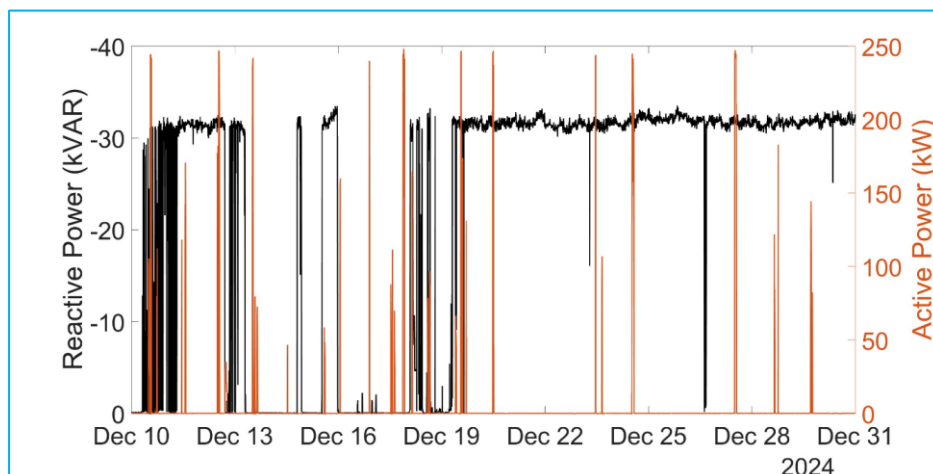
Figuur 4.31: Voorbeeld hoe de Power Factor varieert over de dag en bij laadsessies van een laadplein.

Hoewel reactief vermogen niet direct leidt tot energieverliezen, moet het vermogen nog steeds worden getransporteerd door de netbeheerder, en dit transport leidt vanwege interne weerstanden wel tot energieverliezen in de kabels en transformatoren. Daarom is het interessant om te weten hoe vaak situaties zoals hierboven besproken zich hebben voorgedaan.

De onderstaande figuur toont het reactief en actief vermogen van een individueel laadstation bij één van de laadpleinen in de maand december. Het reactief vermogen lijkt bijna binair te zijn. Het is ofwel ongeveer 30 kVAR of 0 kVAR. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het elektromagnetische interferentie (EMI) filter, dat bestaat uit reactieve componenten. Een

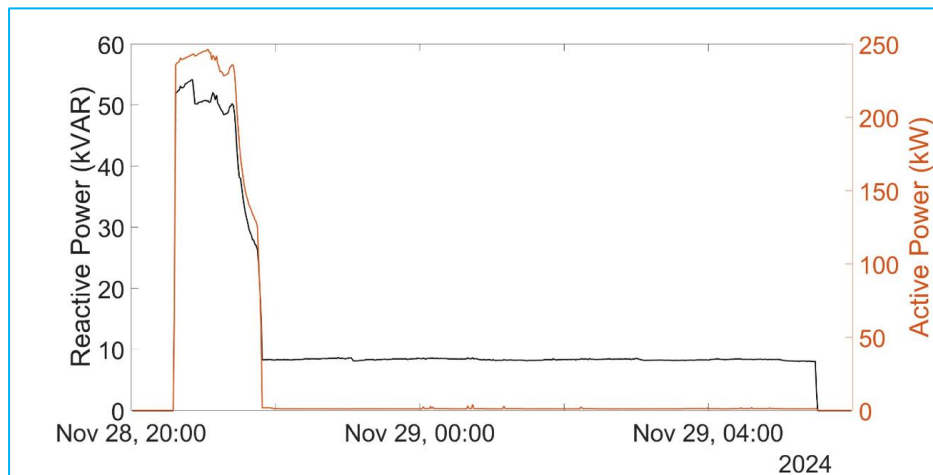
elektromagnetische interferentie (EMI) filter is een elektronische component die wordt gebruikt om ongewenste elektromagnetische storingen (interferentie) te onderdrukken of blokkeren. Die storingen kunnen anders de werking van elektronische apparaten verstoren of ervoor zorgen dat ze niet meer aan de wettelijke normen voor elektromagnetische compatibiliteit (EMC) voldoen. Omdat deze componenten reactief zijn, zullen ze altijd reactief vermogen uit het net trekken wanneer ze zijn aangesloten. Het reactief vermogen kan worden geminimaliseerd door de connectoren naar het net alleen te sluiten wanneer er actief vermogen wordt getrokken.

Dit is echter niet het geval bij het laadplein uit onderstaande figuur. In de periode tussen 19 december en 31 december 2024 is het reactief vermogen vrijwel altijd 30 kVAR, wat suggereert dat het EMI-filter helemaal niet van het net wordt losgekoppeld. Een error in de lader zou hiervan de oorzaak kunnen zijn. Dit is verspilling, aangezien dit onnodige netcapaciteit in beslag neemt en het de CPO geld kan kosten, omdat sommige netbeheerders een vergoeding kunnen vragen voor het blindvermogen van 1,8 cent per kVARh die uit het net wordt getrokken (in dit voorbeeld kan het dus om een bedrag gaan van €155 over de getoonde meetperiode).



Figuur 4.32: Actief en reactief vermogen op één van de laadpleinen geurende 12 dagen.

Figuur 4.33 toont het actieve en reactieve vermogen van een laadsessie bij een ander laadplein tijdens de nacht van 28 november op 29 november 2024. In tegenstelling tot de vorige figuur volgt het reactieve vermogen het actieve vermogen nauwkeurig. Wanneer het actieve vermogen om 22:00 uur echter naar nul gaat, blijft het reactieve vermogen 9 kVAR tot 5:30 de volgende ochtend. Dit is hoogstwaarschijnlijk te wijten aan een bestuurder die de nacht doorbrengt bij het laadpunt en het elektrische voertuig pas de volgende ochtend loskoppelt. Op deze manier blijft de laadsessie actief, ook al stroomt er geen actief vermogen. Dit reactieve vermogen kan worden verminderd door laders te installeren die hun EMI-filter kunnen loskoppelen wanneer er geen vermogen stroomt tijdens een laadsessie.



Figuur 4.33: Actief en reactief vermogen op één van de laadpleinen gedurende twee dagen.

4.5.7.2 Harmonische en supra-harmonische verstoring

Harmonische en supra-harmonische verstoringen zijn elektrische spannings- of stroomvervormingen die ontstaan door het gebruik van vermogenselektronica, zoals in omvormers en laders. Harmonische verstoringen treden op bij frequenties die een veelvoud zijn van de netfrequentie (50 Hz), terwijl supra-harmonische verstoringen zich voordoen in het hogere frequentiegebied tussen ongeveer 2 kHz en 150 kHz. Deze verstoringen kunnen de werking van andere elektrische apparatuur verstoren, leiden tot oververhitting van installaties en storingen veroorzaken in communicatie- en meetsystemen. Het beheersen van deze verstoringen is essentieel voor een stabiel, betrouwbaar en storingsvrij elektriciteitsnet. In deze paragraaf bekijken we de metingen hiervan op vier van de laadpleinen.

Labmetingen tegenover veldmetingen

Met behulp van de PQubes zijn ter plaatse bij de laadpleinen frequentiespectra verzameld. ElaadNL heeft daarnaast de verschillende typen laders die aanwezig zijn op de laadpleinen getest in hun testlab. Hoewel de amplitudes, of de niveaus van verstoring verschillend zijn, komt de algemene vorm van de frequentiespectra overeen tussen de lab- en veldmetingen.

Het verschil in amplitude, of niveau, kan twee oorzaken hebben. De eerste is een onbekende belasting aan de lader, oftewel de DC-uitgangsstroom en -spanning van de lader. Deze parameters hebben een grote invloed op het niveau van de uitgezonden verstoringen. Omdat deze parameters in de veldmetingen onbekend zijn, kunnen ze in het lab niet exact worden gereproduceerd. De tweede oorzaak is waarschijnlijk een verschil in netweerstand in de praktijk ten opzichte van de netweerstand in de testopstelling van ElaadNL. Dit betekent dat het storingsniveau anders kan zijn, zelfs als de belasting exact hetzelfde zou zijn. Dit omdat het lab een gecontroleerde omgeving is en op het elektriciteitsnet ook andere verbruikende of invoedende installaties aangesloten zijn en het net er anders uitziet.

Total harmonic distortion (THD)

De gemeten totale harmonische verstoring (THD) op alle laadpleinen voldeed aan de regelgeving. Volgens de IEC 61000-2-2, een norm die de toegestane niveaus van elektromagnetische storingen (zoals harmonische vervorming) in laagspanningsnetwerken reguleert om de compatibiliteit tussen elektrische apparaten en het net te waarborgen, mag de THD gedurende hoogstens 5% van de tijd meer bedragen dan 8%. Daarnaast mag de THD de norm maximaal 12% overschrijden gedurende hoogstens 0,1% van de tijd.

Bij het laadplein met de hoogste THD-waarde werd de 8%-grens tijdens de meetperiode gedurende 20 minuten overschreden. Dit is minder dan 0,1% van de totale meettijd en valt daarmee ruim binnen de regelgeving. De hoogst gemeten THD op dit laadplein was 8,09%. Bij de andere laadpleinen werd de 8%-grens niet overschreden (zie Tabel 4.8).

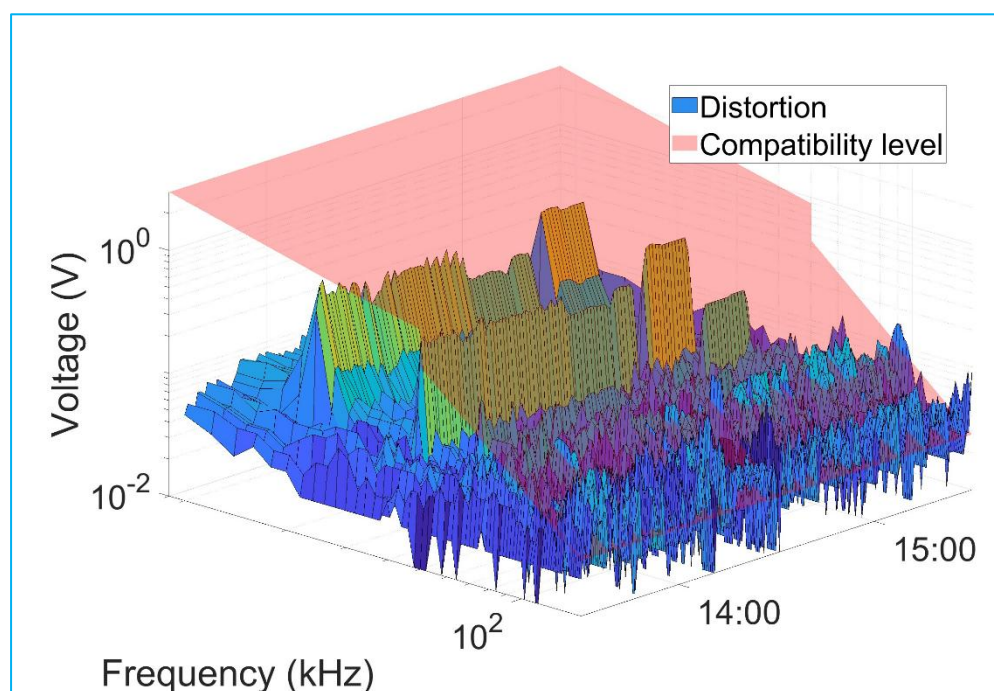
Tabel 4.8: Overzicht van de hoogst gemeten THD-waarde per laadplein.

Locatie	Hoogst gemeten THD
Laadplein 1	2,44%
Laadplein 2	5,72%
Laadplein 3	1,61%
Laadplein 4	8,09%

Supra-harmonische verstoring

Voor de analyse van supra-harmonische verstoringen is er gekeken naar periodes waarin er een relatief hoge laadsnelheden waren op de laadpleinen.

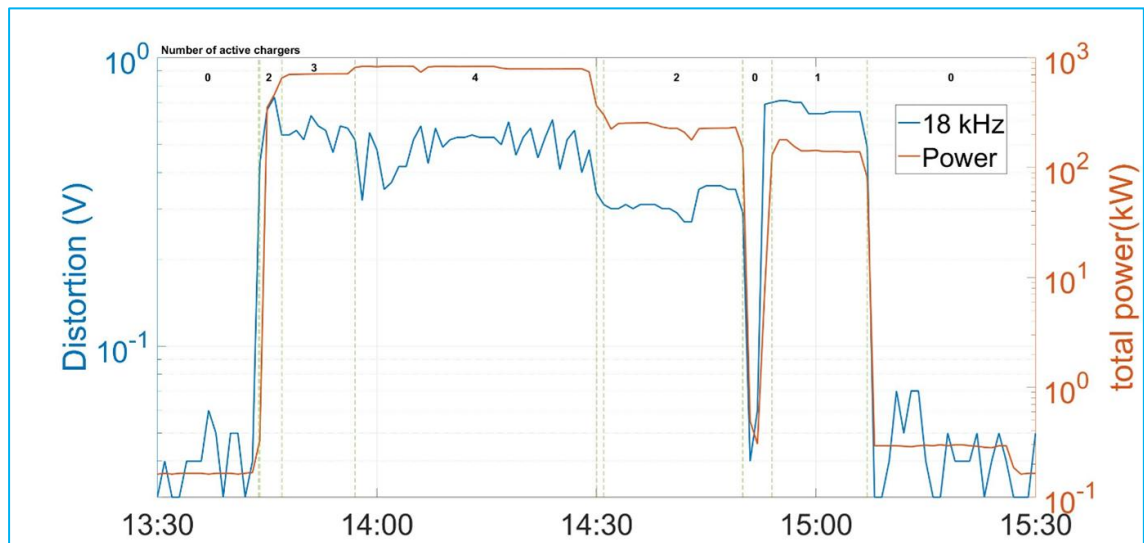
Onderstaande figuur toont de spanningsvervorming van 9 kHz tot 150 kHz bij laadplein 2 tijdens Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2). Zoals te zien is, wordt de maximale THD-waarde (zoals vastgelegd in IEC 61000-2-2) op bepaalde momenten overschreden.



Figuur 4.34: Vervormingsanalyse in 3D voor laadplein 2.

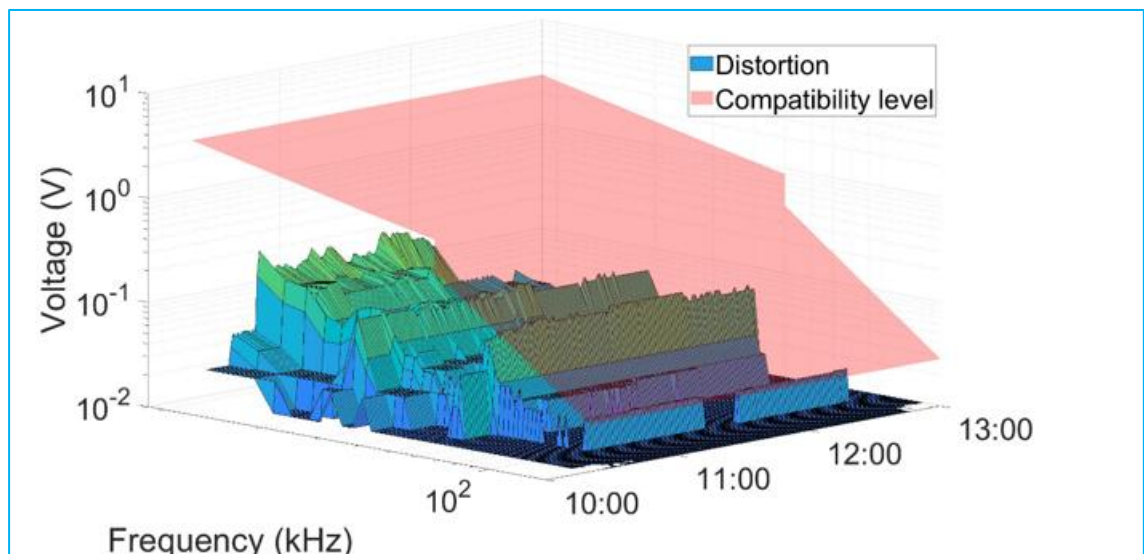
Om de vervorming in meer detail te analyseren, is de 18 kHz-component in 2D weergegeven in Figuur 4.35. Uit de figuur kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Een laadsessie verhoogt de vervormingsniveaus aanzienlijk;
- Meerdere laadsessies tegelijk veroorzaken niet meer vervorming dan een enkele laadsessie;
- Het totaal geleverde vermogen is een goede indicatie voor het niveau van vervorming.



Figuur 4.35: Vervormingsanalyse in 2D voor laadplein 2.

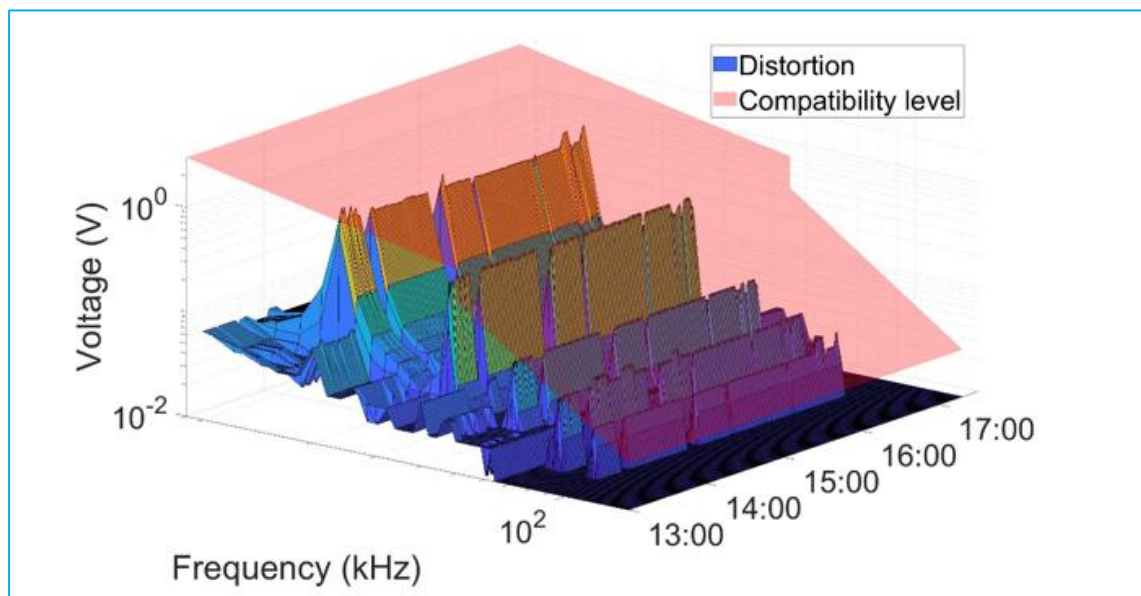
Figuur 4.36 toont de spanningsvervorming van 9 kHz tot 150 kHz bij laadplein 1 tijdens een drukke middag, waarbij tot vijf laders tegelijkertijd actief waren.



Figuur 4.36: Vervormingsanalyse in 3D voor laadplein 1.

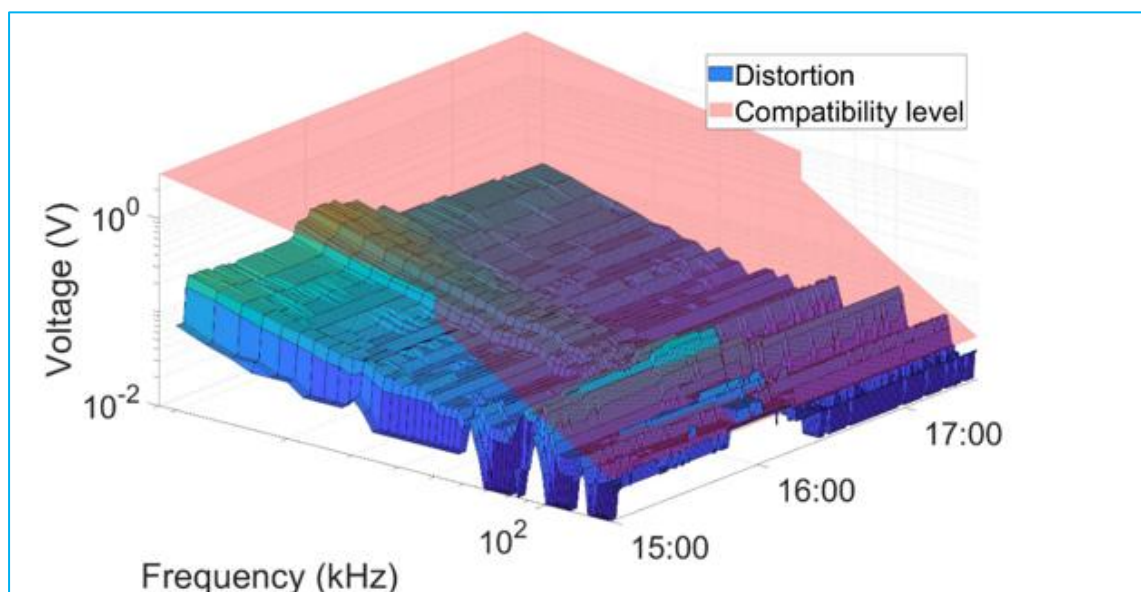
De vervorming tussen 9 kHz en 150 kHz is aanzienlijk lager in vergelijking met laadplein 2. De vervorming op deze locatie heeft gedurende de geanalyseerde periode, van 19-09-2024 tot 31-12-2024, het compatibiliteitsniveau op geen enkel moment overschreden.

De volgende figuur toont de vervorming in het supra-harmonische bereik bij laadplein 3. Gedurende het weergegeven tijdsinterval varieert het aantal actieve laadsessies. De vervormingen die in de figuur worden getoond, nemen significant af tijdens de korte periodes waarin er geen laadsessie actief is. De vervorming bij dit laadplein blijft te allen tijde binnen het compatibiliteitsniveau.



Figuur 4.37: Vervormingsanalyse in 3D voor laadplein 3.

De laatste figuur toont de vervorming van 9 tot 150 kHz bij laadplein 4. De figuur toont een periode waarin het piekvermogen werd geleverd die begon om 16:00 uur. De vervorming neemt echter niet significant toe in vergelijking met bijvoorbeeld 15:30 uur, toen het geleverde vermogen laag was. Tijdens de piekvermogensconsumptie wordt het compatibiliteitsniveau overschreden, wat niet het geval is tijdens de periode van laagvermogen. Dit is een sterke aanwijzing dat de oorzaak van het overschrijden van het compatibiliteitsniveau te wijten is aan de interferentie gegenereerd door de lader. Verder onderzoek moet uitwijzen of bepaalde limieten te streng zijn, of dat dit soort verstoringen problemen gaan veroorzaken in het elektriciteitsnetwerk.



Figuur 4.38: Vervormingsanalyse in 3D voor laadplein 4.

4.6 Logistiek

In deze paragraaf wordt het gebruik van de laadpleinen beschreven vanuit het perspectief van de gebruikers (logistieke dienstverleners).

Hoofdboodschap: Ontwikkelingen in technologieprestaties, beleid en kosten zullen ertoe leiden dat het aantal elektrische vrachtvoertuigen gaat toenemen en ook dat deze anders zullen worden ingezet dan nu het geval is. Dit zal leiden tot een andere bezetting van de laadpleinen. Een ontwikkeling is bijvoorbeeld de toenemende actieradius van elektrische voertuigen waardoor mogelijk de noodzaak om onderweg bij te laden bij laadpleinen zou kunnen afnemen. Tegelijkertijd zal het aantal elektrische voertuigen juist aanzienlijk stijgen wat de vraag naar laadfaciliteiten juist zal doen toenemen. Er zijn veel plannen voor nieuwe heavy duty laadpleinen, maar deze zullen waarschijnlijk worden afgeremd door door net-congestie.

Bij publieke laadpleinen zijn veel korte laadsessies (laden om volgende laadplek te kunnen bereiken), bij truckparkings iets langere (verplichte rusttijd) en bij semipublieke laadpleinen worden veel voertuigen volledig opgeladen. Reserveringssystemen zijn waardevol voor logistieke partijen, maar zijn op dit moment niet echt nodig voor laadpleinexploitanten aangezien de bezettingsgraad laag is. Reserveringssystemen zouden zelfs kunnen leiden tot omzetsderving als de laadpunten worden gereserveerd, maar toch niet worden gebruikt. Hierdoor moeten klanten die zich op het laadplein bevinden geweigerd worden. Voor de laadpleinen is de 'first come, first serve'-benadering momenteel logischer.

4.6.1 Gebruik en gebruikers van de laadpleinen

Redenen voor laden bij (semi)publieke laadpleinen

Er zijn verschillende redenen waarom bedrijven hun voertuigen laden bij (semi)publieke laadpleinen. Mogelijke redenen zijn:

- onvoldoende accucapaciteit om de logistieke operatie van de dag te voltooien zonder bij te laden;
- combineren met verplicht rustmoment volgens rij- en rusttijdenwetgeving;
- onvoldoende laadinfrastructuur op het eigen depot vanwege beperkte netcapaciteit of ruimtegebrek;
- 's nachts niet terugkeren op het eigen depot, wat vooral speelt bij internationaal transport;
- elektrische bouwvoertuigen en -machines die in de nacht op of nabij de bouwplaats blijven.

De energiebehoefte en laadprofielen verschillen afhankelijk van de reden om te laden. In het eerste geval van de hierboven genoemde redenen zal de chauffeur typisch kort laden. Er dient voldoende energie te worden geladen om de rest van de dag te kunnen voltooien. Indien de laadsessie samenvalt met een verplichte rustpauze zal de laadsessie vaak maximaal 45 minuten duren. Dit is de verplichte rusttijd vanwege de rij- en rusttijdenwet (EU, 2006). In dit tijdsbestek kan bij 200 kW laadvermogen maximaal ongeveer 150 kWh worden geladen. Dit is voldoende voor 250 km in het geval van een kleine vrachtwagen¹³ en 120 km voor een trekker-oplegger voor lange afstanden. Bij 400 kW is dit maximaal respectievelijk ongeveer 490 en 250 km.

¹³ Op basis van energiegebruik zoals bepaald in (TNO, 2022)

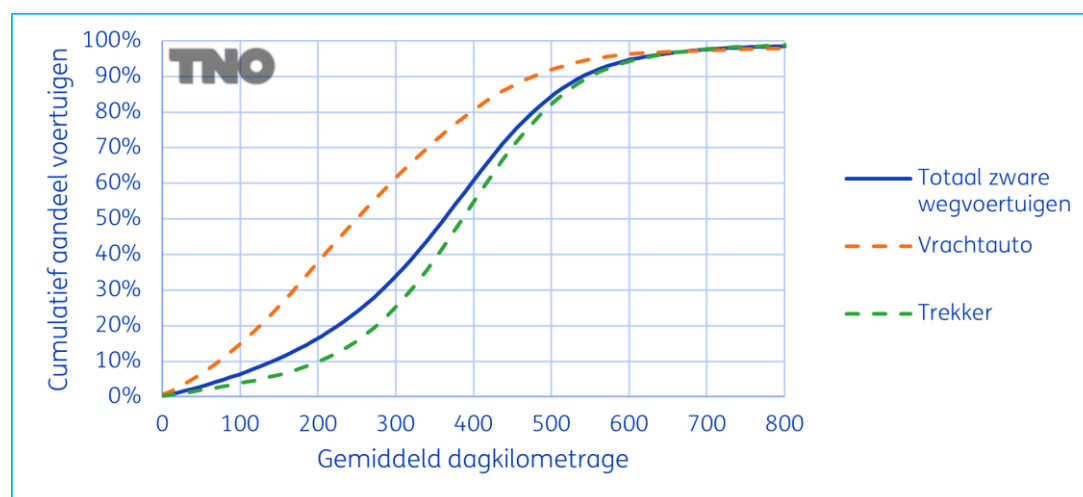
Op basis van de resultaten van Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2) kunnen we concluderen dat deze hoeveelheid energie niet eenvoudig te realiseren is, zeker niet wanneer we rekening houden met het delen van de laadinfrastructuur (zie Tabel 4.9). Op termijn zal het vermogen van de laders toenemen, evenals het maximale laadvermogen van de voertuigen. Dit zal de laadtijd per kilometer actieradius verkorten. Er wordt gewerkt aan de implementatie van de megawattladenstandaard (MCS). Bij laden op 1 MW kunnen trekker-opleggers op termijn in 45 minuten ongeveer 620 km actieradius bijladen¹³. Gegeven dat er bij een gemiddelde snelheid van 75 km/h in 4,5 uur 338 km wordt afgelegd, is dit laadvermogen meer dan voldoende om te kunnen rijden tot aan de volgende verplichte rustpauze.

Tabel 4.9: Resultaten van Experiment 2 met betrekking tot de laadenergie binnen 45 minuten.

Alleen / delen	Gemiddelde energie binnen 45 min	SoC-toename	Actieradius
Delen van de lader	102 kWh	20-60%	50-90 km
Alleen aan de lader	142 kWh	30-55%	75-135 km

Bij de overige drie redenen om publiek te laden is het wenselijk om de batterij helemaal vol te laden. Het laden van een grote batterij (600 kWh) kost bij 200 kW tenminste drie uur, bij 400 kW tenminste anderhalf uur. Indien het voertuig de hele nacht aan de lader staat betekent dit dat de lader lange tijd bezet is zonder dat er geladen wordt, tenzij het laden over de tijd wordt uitgesmeerd. Langer op de lader aangesloten zijn biedt kansen voor vehicle-to-grid energiediensten wanneer deze functionaliteit beschikbaar komt.

Zoals weergegeven in Figuur 4.39, rijdt 35% van de zware wegvoertuigen minder dan 300 kilometer gemiddeld per werkdag. Voertuigen die 300 km per dag rijden, rijden ongeveer 16% van hun dagen meer dan 400 km (TNO, 2022). Verder rijdt 75% van de voertuigen minder dan 450 km gemiddeld per dag. Voertuigen die gemiddeld 450 km per dag rijden, rijden ongeveer 16% van de dagen meer dan 600 km (TNO, 2022).



Figuur 4.39: Jaargemiddeld dagkilometrage op basis van 260 werkdagen per jaar van de Nederlandse vloot zware wegvoertuigen (TNO, 2022).

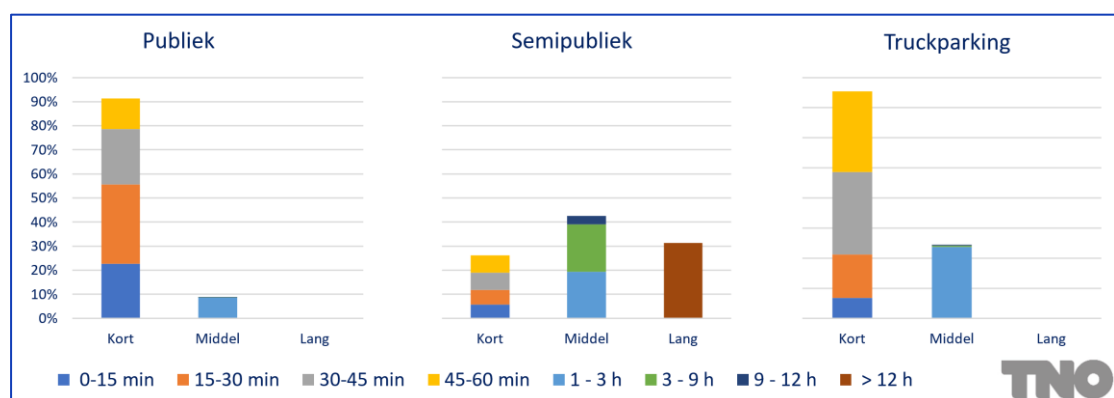
De actieradius van de voertuigen in de huidige Nederlandse vloot is 200 km tot 400 km. Een actieradius van 400 kilometer is voor 35% van de zware voertuigen voldoende om 84% van hun werkdagen niet bij te hoeven laden. Op de andere dagen zal er beperkt moeten

worden bijgeladen. Er zijn echter ook al voertuigen beschikbaar met een actieradius van 600 km. Hiermee zou 75% van de voertuigen voldoende actieradius hebben voor 86% van hun werkdagen. In de toekomst zullen er voertuigen beschikbaar komen met nog grotere actieradius, bijvoorbeeld 800 km. Dit zou voor 95% van de zware wegvoertuigen voldoende zijn om 86% van hun werkdagen te voltooien op één volle batterij. Op de resterende dagen zal er overdag wel beperkt moeten worden bijgeladen. Hieruit blijkt dat de noodzaak voor onderweg laden zal afnemen. Of voertuigen ondanks de grotere actieradius zullen blijven laden op (semi)publieke laadpleinen zal afhangen van de laadprijs bij het depot, de laadprijs bij (semi)publieke laadpleinen en de prijs van batterijen. Dit is verder uitgewerkt in paragraaf 4.7.4.

Duur van laadsessies

Bij de publieke laadpleinen duurt 60% van de laadsessies korter dan 30 minuten en ongeveer 75% minder dan 45 minuten (zie Figuur 4.40). Een aanzienlijk deel van de laadsessies is onvoldoende lang om te voldoen als rustpauze. Het is aannemelijk dat met deze oplaadtijden het doel is om zo snel mogelijk voldoende te laden om op de volgende bestemming te komen (waar vaak wel weer geladen zal moeten worden). Hierbij dient te worden opgemerkt dat een aanzienlijk deel van de laadsessies door lichte voertuigen (personen- en bestelauto's) worden verricht (zie paragraaf 4.3.2), gezien er geen restrictie of handhaving is dat er alleen vrachtwagens mogen laden. Gedurende het vervolg van het project zal worden geprobeerd om data te verkrijgen waarmee kan worden bepaald welk type voertuig verbonden is.

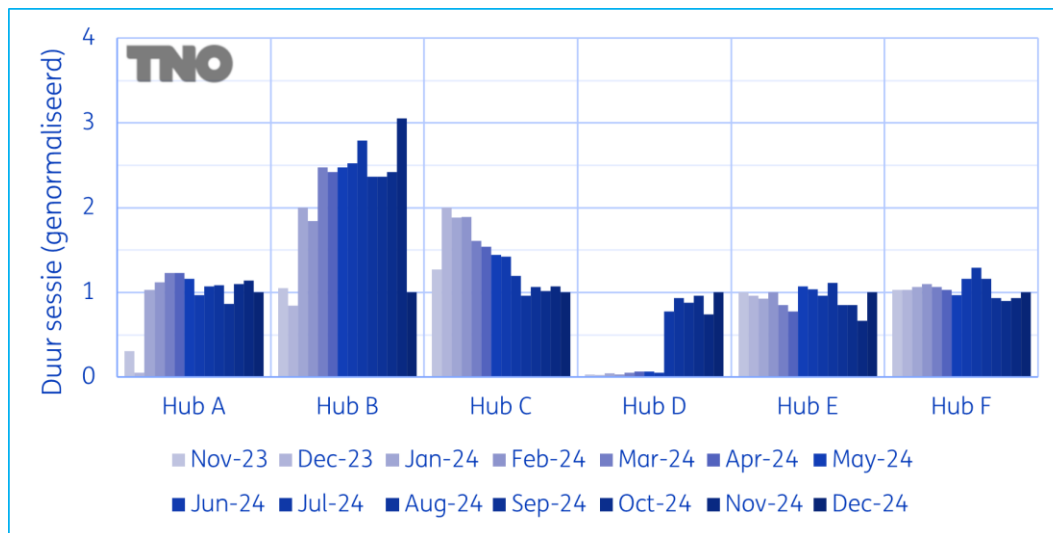
Bij truckparkings is ongeveer 50% van de laadsessies korter dan 45 minuten. 25% van de laadsessies is langer dan een uur. Het lijkt er daarmee op dat chauffeurs hier vaker hun verplichte rusttijd doorbrengen. Sommige laadsessies duren tot drie uur omdat, bij bepaalde oudere trucks, het uitstellen van de laadsessie vereist dat de sessie actief is vanaf het moment dat de truck wordt aangesloten tot het moment dat de 'uitgestelde' sessie echt begint. Gedurende deze periode wordt er op een zeer laag vermogen geladen. Er kan worden geconcludeerd dat overnachten met elektrische trucks nog nauwelijks plaatsvindt. Aangezien alleen vrachtwagens toegang hebben tot deze locaties zijn er geen laadsessies van lichte voertuigen.



Figuur 4.40: Duur van laadsessies per type laadplein.

Bij de semipublieke laadpleinen is 25% van de sessies korter dan een uur, ruim 40% is tussen één en twaalf uur en 35% is langer dan 12 uur. Dit grote aandeel lange laadsessies is te verklaren door de 'eigen' vloot die in de nacht wordt opgeladen. De kortere laadsessies zijn ook voor een groot deel eigen voertuigen die overdag bijladen, bijvoorbeeld tijdens de

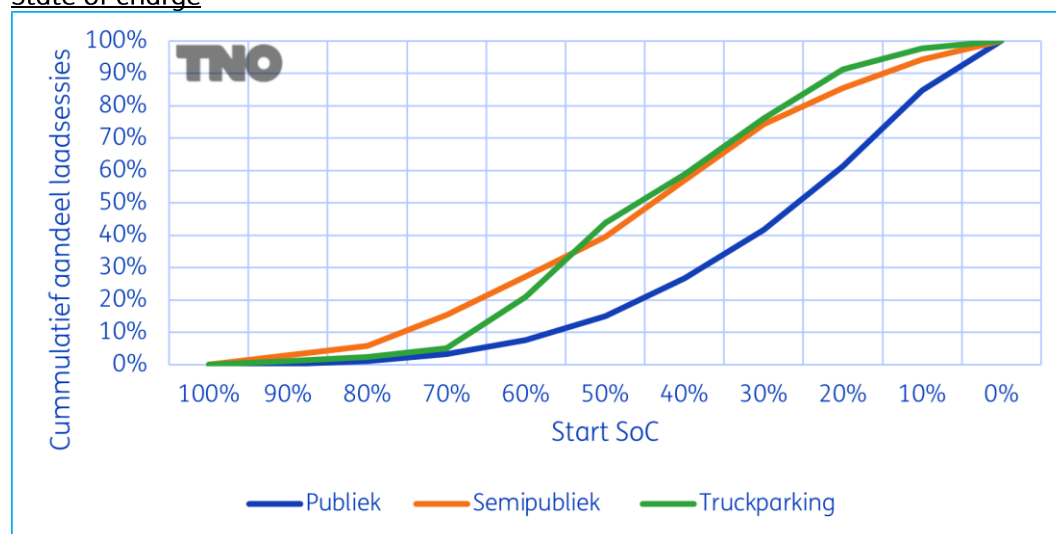
lunchpauze. Aangezien alleen vrachtwagens toegang hebben tot deze locaties zijn er geen laadsessies van lichte voertuigen.



Figuur 4.41: Ontwikkeling van de gemiddelde laadsessieduur per laadplein per maand, genormaliseerd ten opzichte van december 2024.

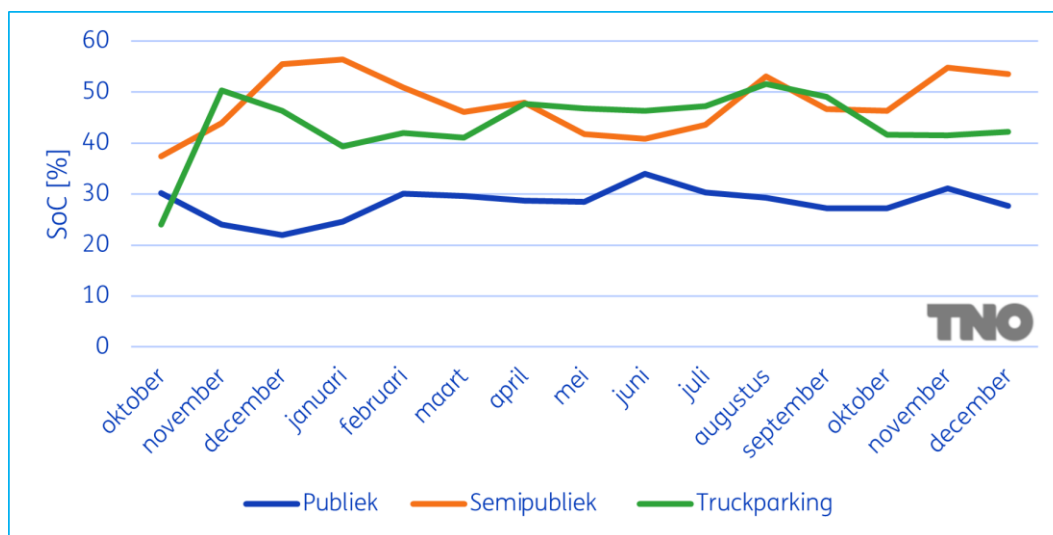
De gemiddelde laadtijd kan toenemen door het installeren van langzamere laders of het gebruik van de laders door voertuigen met grotere batterijen, en kan afnemen door voertuigen met kleinere batterijen of snellere laders. Zoals al beschreven in paragraaf 4.4.3 neemt het gemiddelde vermogen van laadsessies bij één laadplein aanzienlijk af doordat er extra laders zijn geïnstalleerd met lagere vermogens. Hierdoor neemt de laadtijd juist toe. Bij Hub C neemt de gemiddelde laadtijd juist af. Aangezien het vermogen niet duidelijk stijgt en de state of charge van de voertuigen bij aanvang van de laadsessie niet duidelijk verandert (Figuur 4.43), lijkt het erop dat er meer voertuigen met kleinere batterijen worden opgeladen. De andere hubs vertonen geen duidelijke trends.

State of charge

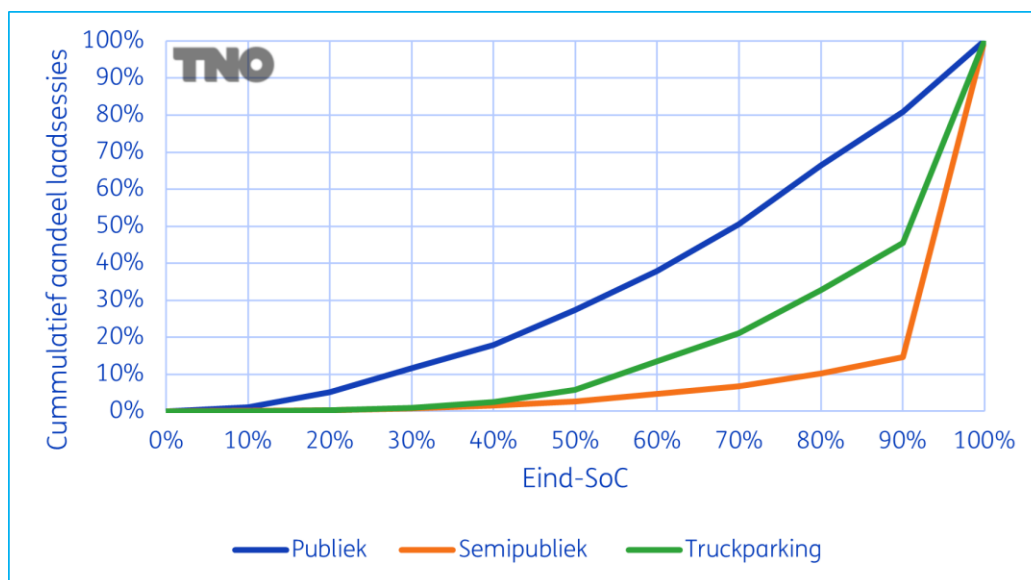


Figuur 4.42: Aandeel laadsessies dat begint bij een bepaalde start-SoC of hoger.

De voertuigen hebben bij laadsessies bij semipublieke laadpleinen en truckparkings gemiddeld een hogere start-SoC dan bij laadsessies bij publieke laadpleinen. Zoals te zien in Figuur 4.42 start bij publieke laadpleinen bijna 40% van de laadsessies al bij een SoC van 30% of meer. Dit is gedurende het eerste jaar van het project amper veranderd (Figuur 4.43) Het lijkt er sterk op dat een deel van de transportbedrijven terughoudend is met het rijden met lagere SoC's en hun voertuigen daarom eerder opladen dan technisch noodzakelijk is. Een andere mogelijkheid is dat chauffeurs eerder laden dan wenselijk is door een tekort aan laadpleinen op locaties waar laden vanwege een lage SoC wel noodzakelijk is.



Figuur 4.43: Ontwikkeling van de gemiddelde start-SoC gedurende het eerste deel van het project (okt. 2023 t/m dec. 2024).



Figuur 4.44: Aandeel laadsessies dat eindigt bij een bepaalde eind-SoC of hoger.

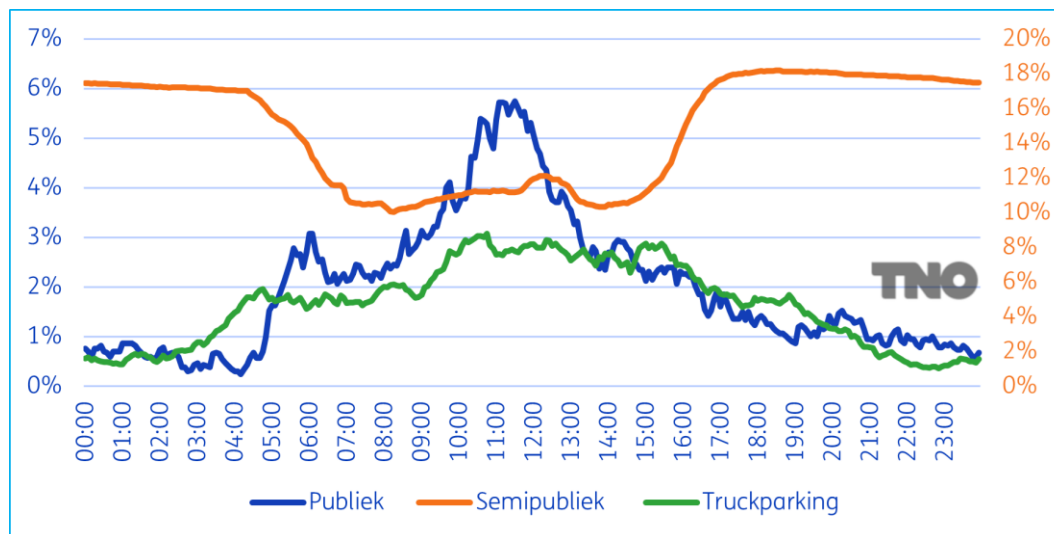
Bij de semipublieke laadpleinen leiden bijna alle laadsessies tot een volledig opgeladen batterij. Slechts bij 13% van de laadsessies is de SoC aan het eind van de laadsessie minder dan 90% (zie Figuur 4.44). Bij de truckparkings leidt 47% van de laadsessies tot een SoC van 90% of minder. Bij publieke laadpleinen worden laadsessies afgesloten bij aanzienlijk lagere

SoC's: 50% van de laadsessies stopt bij een SoC van 70% of minder. Dit bevestigt dat bij publieke laadpleinen vaak wordt geladen om de volgende laadlocatie te bereiken, bijvoorbeeld het eigen depot.

Bezetting van laadplekken

De betrokken laadpleinen met een beperkte hoeveelheid laders hebben een lagere bezetting dan de grotere laadpleinen. Een reden hiervoor is mogelijk dat één of een beperkt aantal geïnstalleerde laders meer risico's oplevert voor logistieke partijen. De laadplekken zijn in dit geval snel vol, waardoor de kans op wachtrijen relatief groot is. Bovendien is er geen back-up in het geval dat er een lader buiten gebruik is bijvoorbeeld vanwege een storing. Dit effect kan worden versterkt door beoordelingen van de laadpleinen op sociale media.

Zoals te zien in Figuur 4.45 starten de laadsessies bij semipublieke laadpunten vooral aan het einde van de middag wanneer de voertuigen terugkomen op de standplaats. Vanaf 4:30 uur neemt de bezetting af omdat de eerste voertuigen dan weer in gebruik genomen worden. Bij truckparkings neemt het aantal laadsessies toe vanaf 5:00 uur met een piek tussen 11:00 en 12:00 uur. Daarna neemt de bezetting weer af. In de nacht is de bezetting een factor 2,5 minder dan rond het middaguur, namelijk respectievelijk 1% en 2,5%. Hieruit kan worden geconcludeerd dat elektrische vrachtwagens de truckparking meer gebruiken voor korte laadsessies en niet om te laden tijdens lange rustpauzes of om te overnachten.



Figuur 4.45: Deel van de tijd dat laadplekken bezet zijn (bezetting van publiek en truckparkings is af te lezen op de linker as, die van semipublieke laadpleinen op de rechter as). Een laadpunt dat bezet is, levert niet per definitie energie. Wanneer een voertuig is opgeladen, kan het laadpunt nog een hele tijd bezet zijn zonder dat er nog energie wordt geleverd.

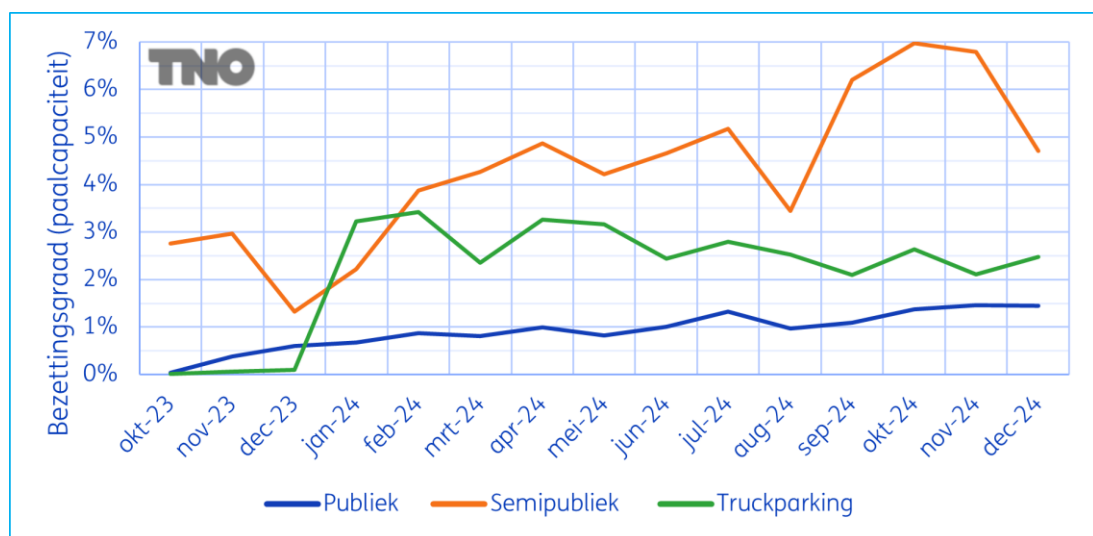
Bezettingsgraad en gebruikers

De verkochte energie is afhankelijk van het aantal laadsessies en de energie die per laadsessie wordt geleverd. De hoeveelheid verkochte energie is momenteel nog beperkt. De beperkte bezettingsgraad, die we in dit project waarnemen, is een typisch fenomeen tijdens de opschalingsfase van nieuwe voertuigtechnologieën die nieuwe energiedragers behoeven. Hierdoor zal er ook op korte tot middellange termijn sprake zijn van een onrendabele exploitatie van de laadinfrastructuur. Op langere termijn zal de bezettingsgraad een bepaald minimum moeten gaan bereiken om zonder subsidies minimaal kostendekkend te zijn.

De bezettingsgraad kan op drie manieren worden bepaald:

1. de verhouding tussen de hoeveelheid geleverde energie en de energie die maximaal geleverd had kunnen worden door de aanwezige laadpalen. Dit laatste kan bijvoorbeeld worden beperkt door de power unit of de laadkabel;
2. de verhouding tussen de hoeveelheid geleverde energie en de energie die maximaal geleverd had kunnen worden door de energie die beschikbaar is uit het elektriciteitsnet;
3. het deel van de tijd dat laadplekken bezet zijn.

Zoals te zien in Figuur 4.46 is de mate waarin de beschikbare capaciteit van de laadpalen wordt gebruikt nog beperkt. Voor de semipublieke laadpleinen ligt dit wel een stuk hoger dan voor de andere typen laadpleinen, respectievelijk ongeveer 5% ten opzichte van 2% voor publiek en truckparkings. Dit komt doordat de semipublieke laadpleinen voor een groot deel worden gebruikt door een 'eigen' vloot met een vaste afzet.



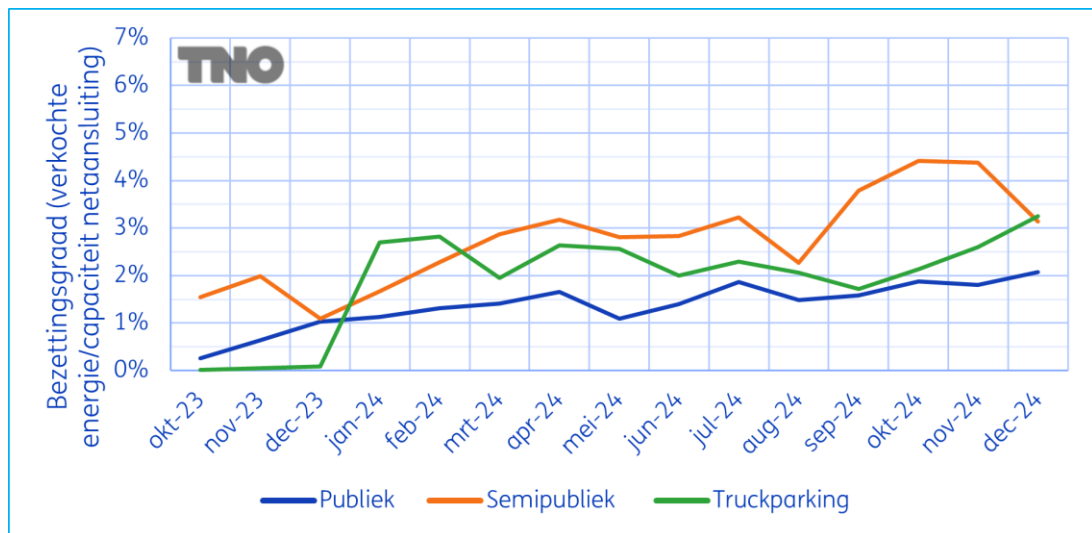
Figuur 4.46: Bezettingsgraad op basis van de maximale capaciteit van de laadpalen.

De bezettingsgraad op basis van de netaansluiting is vergelijkbaar namelijk tussen 2% en 4% (zie Figuur 4.47). De verhouding tussen de capaciteit van de netaansluiting en die van de laadpalen wordt ook wel de gelijktijdigheidsfactor genoemd en is behandeld bij de beschrijving van de laadpleinen in hoofdstuk 3. Bij de laadpleinen waarbij de gelijktijdigheidsfactor hoog is (veel laadpaalcapaciteit ten opzichte van netcapaciteit) geldt vanzelfsprekend dat de bezettingsgraad relatief hoger is wanneer deze wordt bepaald ten opzichte van de netaansluiting.

Een aantal van de betrokken laadpleinexploitanten geeft aan dat de bezettingsgraad lager is dan zij hadden gehoopt. Zo hadden zij gehoopt een bezetting van 4 tot 7 uur per dag per laadpunt, ofwel 17% tot 29%.

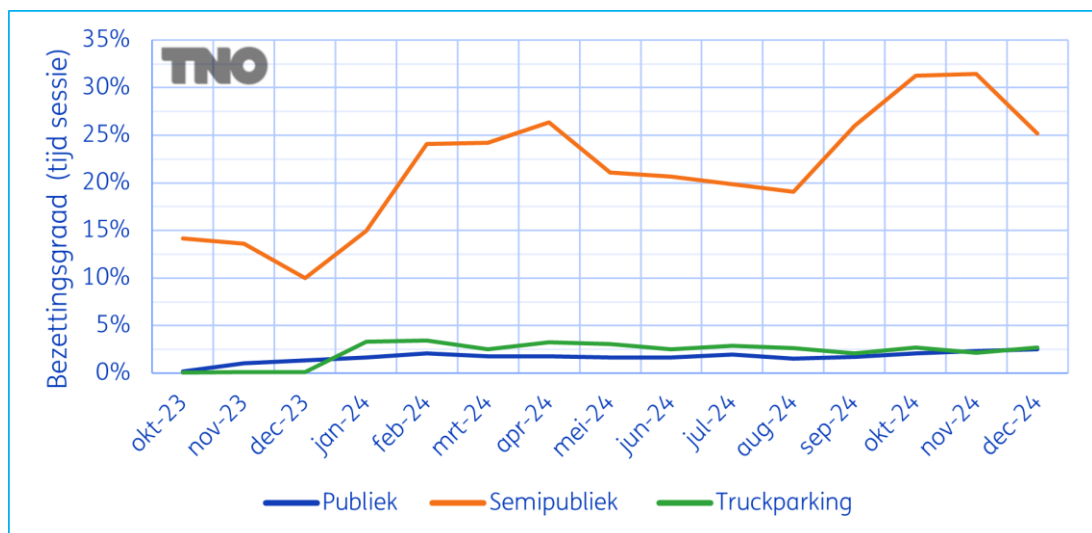
Bij temperaturen rond het vriespunt gebruiken elektrische vrachtwagens ongeveer 3% meer energie dan bij 15°C (The ICCT, 2021). Daardoor zal er in de winter meer elektriciteit nodig zijn. Ook de laadpleinexploitanten verwachten om die reden dat er in de winter iets meer gebruik zal worden gemaakt van de laadpleinen. In de verzamelde data is dit echter niet terug te zien, omdat er te veel variabelen zijn, zoals de groei van het aantal elektrische trucks en de toename van batterijcapaciteit. De vraag naar elektriciteit is in de vakanties en onder bepaalde andere weersomstandigheden juist weer lager. Zo is bij een aantal laadpleinen te zien dat het aantal klanten in de maand augustus aanzienlijk lager is. Andere zaken

die een aanzienlijk tijdelijk effect kunnen hebben op de gebruiksgraad zijn bouwprojecten in de buurt. Via een opdrachtverstrekking of aanbesteding is de eis steeds vaker dat er nul-emissievoertuigen worden ingezet. Dit zijn momenteel hoofdzakelijk elektrische voertuigen, waardoor er nabij het bouwproject meer vraag ontstaat naar laadinfrastructuur.



Figuur 4.47: Bezettingsgraad op basis van de maximale capaciteit van de netaansluiting.

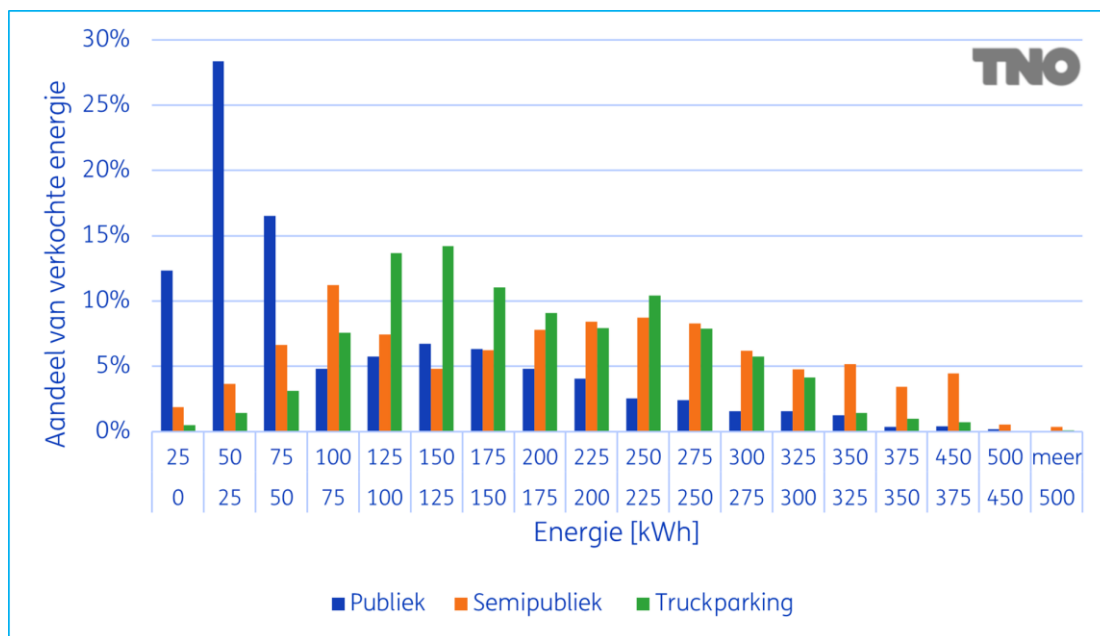
De bezetting van de laadpunten zonder dat er geladen wordt (bij personenauto's wordt dit fenomeen "laadpaalklevers" genoemd) is op de gemonitorde laadpleinen beperkt. Typisch is een lader één tot twee minuten langer verbonden dan dat het voertuig oplaadt. Semipublieke locaties wijken hiervan af omdat de eigen vloot ook gedurende de avond en nacht opgeladen worden en pas wordt afgekoppeld in de ochtend.



Figuur 4.48: Aandeel van tijd dat de laders bezet zijn.

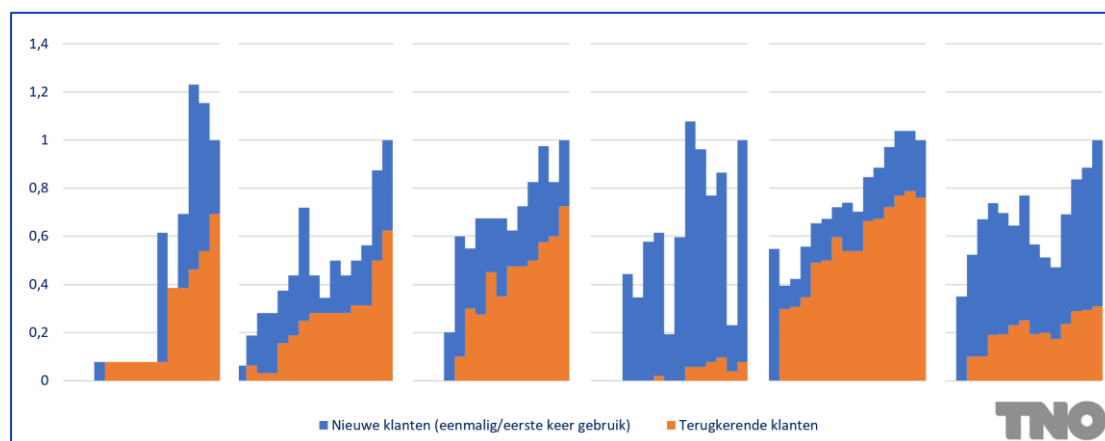
De hoeveelheid energie die geladen wordt per sessie hangt sterk af van het type laadplein. Zoals te zien in Figuur 4.49 is een groot deel van de verkochte energie van de publieke laadpleinen het gevolg van korte laadsessies waarin een beperkte hoeveelheid energie wordt verkocht. Daarentegen geldt voor de semipublieke laadpleinen en de truckparkings

dat er relatief veel sessies zijn waarin de voertuigen (of mobiele batterijen) volledig worden opgeladen.



Figuur 4.49: Verdeling van de geladen energie per sessie.

Het aantal bezoekers wordt onder andere bepaald door de bekendheid van het laadplein, de laadprijs, de vindbaarheid en de kwaliteit van faciliteiten. Zoals te zien in Figuur 4.50 geldt voor elk laadplein dat het aantal bezoekers toeneemt. Voor één laadplein geldt echter dat er amper bezoekers zijn. De andere laadpleinen hebben eind 2024 gemiddeld ruim drie keer meer bezoekers dan 15 maanden eerder. De sterkste stijging was een factor vijf, de minst sterke stijging was alsnog een factor 1,7.



Figuur 4.50: Aantal unieke klanten in een maand per laadplein genormeerd op december 2024.

Verder kan worden geconcludeerd dat bij de publieke laadpleinen een relatief groot deel van de maandelijkse bezoekers nieuwe klanten zijn. Bij de truckparkings is een groter aandeel terugkerende bezoekers en bij de semipublieke laadpleinen is het aandeel laadsessies door nieuwe klanten juist relatief laag. Een deel van de verklaring is dat de publieke laadpleinen relatief vaak worden gebruikt door personenauto's (zie paragraaf 4.3.2). Aangezien deze

voertuigvloot vele malen groter is dan die van elektrische vrachtwagens, zijn er ook snel veel nieuwe klanten. Een andere mogelijke verklaring kan zijn dat de publieke laadpleinen vaker worden bezocht door chauffeurs die geen vaste routes rijden die langs het laadplein leiden. In dat geval is de barrière voor het laden op een openbare locatie minder groot dan op een truckparking of een semipublieke laadlocatie waar eerst toegang tot de locatie moet worden verkregen. Zoals eerder in dit hoofdstuk toegelicht, is het genereren van (nieuwe) bezoekers van externe partijen niet van het grootste belang voor semipublieke laadpleinen aangezien het laadplein is ontwikkeld met de eigen vloot als hoofdprioriteit.

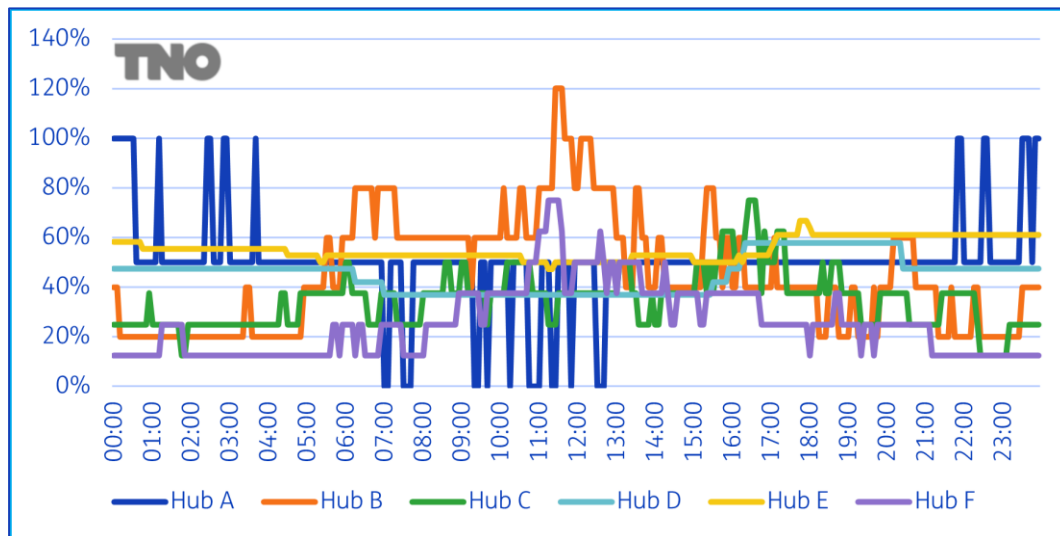
Zoals eerder toegelicht, is een deel van de gebruikers personenauto's. Uit de verzamelde data blijkt dat bij één van de publieke laadpleinen personenauto's zelfs verantwoordelijk waren voor meer dan 90% van de laadsessies. Bij de semipublieke laadpleinen en truckparkings is dit veel minder tot niet aan de orde. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de toegang en de ligging van het laadplein sterk bepalend zijn voor de mate waarin ook personenauto's gebruik maken van de laadpleinen. Momenteel is het gebruik door personenauto's niet onwenselijk aangezien het een extra inkomstenbron is voor de exploitanten. Echter, op termijn zal de laadbehoefte van zware voertuigen toenemen. Indien dit niet gepaard gaat met eenzelfde groei van het aantal (semi)publieke laadpleinen, zal de bezettingsgraad toenemen. Om wachtrijen van vrachtwagens te voorkomen, wordt het op dat moment belangrijk om lichte voertuigen te gaan weren. Wanneer dit aan de orde is, kan per laadplein verschillen. Dit is bijvoorbeeld afhankelijk van de beschikbaarheid van alternatieve laadplekken in de buurt.

Over het algemeen zien de betrokken laadpleinexploitanten geen onverwachte gebruikspatronen. Alleen bij truckparkings valt het de exploitanten op dat er vooral gebruik wordt gemaakt van korte laadsessies en dus ook kort parkeren, ook in de nacht. Lange sessies zijn vooral nodig voor long-haul voertuiginzet, maar daarvoor lijken elektrische trucks nog maar zeer beperkt te worden ingezet.

Het promoten van het laadplein kan bijdragen aan de groei van het aantal gebruikers en daarmee van de winstgevendheid. Alle betrokken laadpleinen doen dit bijvoorbeeld via sociale media, de eigen website, het actief benaderen van het eigen netwerk en door andere communicatie-uitingen zoals interviews. Vier van de betrokken laadpleinen geven aan dat ze direct contact hebben met veel van hun klanten (>80%). Ook gaan bijna alle laadpleinen actief op zoek naar bedrijven die (nog) niet in het eigen netwerk zitten, bijvoorbeeld door contact op te nemen met logistieke bedrijven in de buurt.

Afhankelijk van het moment van de dag ligt het gemiddelde bezettingspercentage van de laadplekken tussen 0,5% en 3,5% bij publieke laadpleinen, zoals te zien is in Figuur 4.45. Bij semipublieke laadpleinen is dat 9% tot 18%. Echter, er zijn momenten dat het wel aanzienlijk drukker is. Zoals te zien in Figuur 4.51 zijn er in het jaar dat de laadpleinen gemonitord zijn ook momenten geweest dat 100% van de laadplekken bezet waren. Bij een laadplein met een beperkt aantal laadpunten wordt 100% bezetting sneller bereikt dan bij laadpleinen met meer laadpunten.

Verder is er nog één laadplein waarbij op bepaalde dagen in de middag ook 100% bezetting wordt bereikt of zelfs 120%. Een percentage boven 100% wordt bereikt wanneer er meer voertuigen laden dan dat er laadplekken beschikbaar zijn. Voertuigen laden dan dus vlak naast de officiële laadplekken. Bij de andere laadpleinen wordt maximaal een bezetting van 50% tot 75% behaald. Hieruit kan worden geconcludeerd dat uitbreiding op de betrokken laadpleinen nog niet nodig is.



Figuur 4.51: Maximale bezetting van de laadplekken op de verschillende laadpleinen als functie van het moment van de dag, bepaald over de hele monitoringsperiode.

4.6.2 Reserveringssystemen

Voor- en nadelen van reserveringssystemen vanuit verschillende perspectieven

Om het effect van de laadpleinkosten (o.a. netaansluiting, laders, grond) op de laadprijs te drukken is het van belang dat de laadpalen zo intensief mogelijk worden gebruikt. Een hoge bezetting verhoogt echter de kans dat er geen vrij laadpunt beschikbaar is op het moment dat er een nieuwe truck arriveert. Omdat het laden van een voertuig aanzienlijk langer duurt dan het tanken van diesel, is de impact van het niet beschikbaar zijn van een vrij laadpunt ook groter. Dit maakt dat wachten op een vrij te komen lader een aanzienlijk financieel risico is voor logistieke bedrijven. Ter illustratie, bij een uurloon van een vrachtwagenchauffeur van €17¹⁴, bedragen de loonkosten voor de werkgever ongeveer €22 per uur¹⁵. Tien minuten wachten kost in dat geval €3,70 plus de kosten van het niet nuttig gebruiken van de vrachtwagen. Een laadsessie kost typisch €30 tot €280 (bij respectievelijk 30 minuten laden tegen €0,40/kWh bij 150 kW en 2 uur laden tegen €0,70/kWh bij 200 kW). Een wachttijd van 10 minuten verhoogt daarmee de kosten van de laadsessie met 1% tot 12%.

Momenteel is de bezettingsgraad nog laag als gevolg van het beperkte aantal elektrische trucks in verhouding tot de beschikbare laadinfrastructuur (zie paragraaf 4.7.4). Daardoor is de kans op een wachtrij nog klein. Het is echter te verwachten dat de bezettingsgraad op termijn zal toenemen en daarmee ook de kans op wachtrijen.

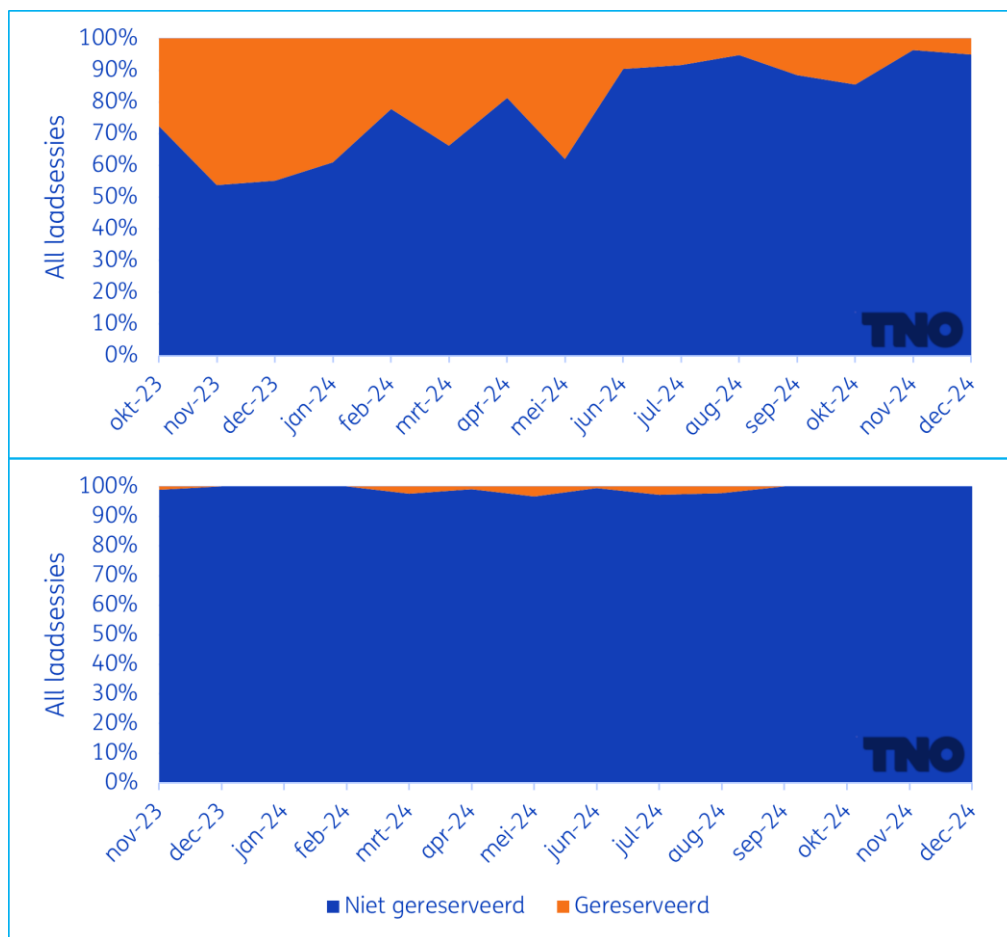
Een manier om dit risico voor logistieke partijen te beperken is het gebruik van een reserveringssysteem, bij voorkeur een dat interoperabel is met logistieke planningstools. Dit is een systeem dat wordt aangeboden door de laadpleinexploitanten waarin logistieke partijen laadplekken kunnen reserveren. Twee van de zes betrokken laadpleinen beschikten in 2024 over een reserveringssysteem en twee andere laadpleinen hebben systemen in ontwikkeling met verwachte oplevering in 2025. De bestaande reserveringssystemen zijn nog in een vroeg stadium van ontwikkeling. Zo is het bijvoorbeeld lastig om een ad-hoc reservering te maken. Beide laadpleinen zijn nauw betrokken geweest bij de ontwikkeling van het

¹⁴ Bron: [nationale vacaturebank](#)

¹⁵ Bron: [Payrollplaats](#)

reserveringssysteem. Omdat er momenteel geen universeel systeem (standaard) is om reserveringssystemen interoperabel te maken en de regels voor het reserveren nog niet duidelijk zijn, willen de hubs de controle behouden totdat de regels duidelijker zijn en ze een beter inzicht hebben in de gevolgen van het reserveringssysteem voor het functioneren van de laadpleinen. Momenteel is de onderlinge compatibiliteit tussen systemen nog zeer beperkt. Concreet betekent dit dat er enkel een reservering gemaakt kan worden via de app en laadpas van de exploitant van het laadplein.

Reserveringssystemen verkleinen risico's voor logistiek partijen, maar bij de huidige bezetting, vergroten ze de risico's voor de laadpleinexploitanten. Indien degene die heeft gereserveerd te laat komt of niet komt opdagen op het gereserveerde tijdstip, kan het laadpunt niet worden gebruikt voor ad-hoc laden. Bovendien is de bezettingsgraad van de laadpunten bij de meeste laadpleinen momenteel nog beperkt, waardoor er voor de meeste pleinen nog geen reserveringssysteem nodig is. Wanneer de bezettingsgraad verder zal toenemen en de kans op een vrij laadpunt kleiner wordt, zal de druk vanuit logistieke planners op de exploitanten om reserveringssystemen beschikbaar te stellen toenemen.



Figuur 4.52: Gebruiksgraad van de reserveringssystemen voor twee betrokken laadpleinen.

Het gebruik van de reserveringssystemen bij de betrokken laadpleinen is erg variabel (zie Figuur 4.52). Voor één laadplein met een reserveringssysteem geldt dat deze na de zomer minder is gebruikt. Dit kan te maken hebben met het feit dat de testperiode van

het reserveringssysteem voorbij is en dat er bij de laadpleinen om bovenstaande reden nog weinig behoefte aan is. Bij een ander laadplein is het reserveringssysteem amper gebruikt. Het kan ook interessant zijn om een laadplein deels reserveerbaar te maken en deels niet, eventueel met verschillende prijzen. Dit kan logistieke partijen ertoe bewegen om te kiezen voor meer zekerheid tegen extra kosten.

Aansluiting bij logistieke planningstools

Tot voor kort hoefde door planners van logistieke bedrijven amper rekening te worden gehouden met het tanken van trucks. Immers, bij het tanken van diesel kan in een korte tijd veel extra actieradius worden verkregen. Bovendien is er een groot aantal tankstations beschikbaar met voldoende tankpunten. Bij het gebruik van elektrische trucks dient nadrukkelijk rekening te worden gehouden met laadsessies. Hier moet tijd voor worden ingeruimd omdat het aanzienlijk langer duurt dan diesel tanken. Bovendien zal in veel gevallen vooraf moeten worden bepaald waar de laadsessie zal plaatsvinden vanwege de beperkte dekking van (semi)publieke laadpleinen. Hierbij dient ook afstemming plaats te vinden met de chauffeur. De CAO schrijft namelijk voor dat de chauffeur mag bepalen waar hij/zij de verplichte rust neemt. Mogelijk moet er ook extra afstand worden afgelegd omdat er geen laadplein direct langs de route ligt. Ook dit leidt tot extra kosten voor de logistieke dienstverlener.

Vanwege de beperkte markt en de relatief nieuwe technologie, zijn er nog maar beperkt planningstools beschikbaar die op een geautomatiseerde wijze laadsessies inplannen in de rit. Bovendien zijn deze planningstools nog niet in staat om automatisch reserveringen te maken bij laadpleinen die over reserveringssystemen beschikken. Naast dat er nog maar beperkt reserveringssystemen zijn, is het maken van een koppeling tussen beide typen systemen om meerdere redenen complex. Zo is er een zeer groot aanbod aan planningstools. Deze werken allemaal met andere (communicatie)protocollen. Daarnaast zullen er ook verschillende reserveringssystemen gaan ontstaan. Het aansluiten van deze verschillende planningtools op de verschillende reserveringssystemen zal veel tijd en aandacht vergen. Om de oplossing te versnellen is het raadzaam om te onderzoeken of er standaardprotocollen ontwikkeld kunnen worden die communicatie tussen reserveringssystemen van laadpleinen en planningstools mogelijk kunnen maken.

4.6.3 Inzicht in vrije laadplekken

Zoals voor elk laadplein al toegelicht in hoofdstuk 3, kan van bijna alle betrokken laadpleinen de beschikbaarheid van laadpalen worden nagegaan in apps van verschillende eMSP's en in sommige gevallen ook via navigatieapps.

Of laadpalen defect of bezet zijn, is bij bijna alle laadpleinen zichtbaar in de app en uiteraard ook op de laadpaal. Dit is voor publieke laadpunten ook verplicht volgens de AFIR (EU, 2023). Als er een reserveringssysteem beschikbaar is, kan de informatie ook daar worden ingezien. Het is in bijna alle gevallen niet mogelijk om te zien wanneer een bezette laadplek weer vrijkomt en hoeveel beschikbaar vermogen er is als er andere bezoekers zijn.

4.6.4 Helpdesk/klantenservice

Momenteel is het moeilijk om een definitieve conclusie te trekken over de invloed van een interne of externe helpdesk op de werking van het laadplein, aangezien de beschikbare informatie beperkt is en de directe impact moeilijk te achterhalen is. De helft van de laadpleinen beheert de helpdesk intern, terwijl de andere helft deze (gedeeltelijk) heeft uitbesteed. De beschikbare data is relatief beperkt om een duidelijke conclusie te trekken

over welk systeem het beste functioneert. Echter, alle hubs geven aan dat problemen in de meeste gevallen vrijwel direct kunnen worden opgelost.

4.6.5 Vindbaarheid van de laadpleinen

Vrachtwagenchauffeurs maken voor navigatie gebruik van systemen die door de voertuigfabrikanten in het voertuig zijn opgenomen of van navigatieapps op hun telefoons. Voor een goede vindbaarheid is het daarom belangrijk dat de laadpleinen hierin worden weergegeven en dat de locatie klopt. Hierbij is het ook belangrijk dat de aangegeven route naar het laadplein daadwerkelijk naar de ingang van het terrein leidt. De AFIR verplicht exploitanten van openbaar toegankelijke laadpunten om voor 14 april 2025 een applicatieprogramma-interface (API) op te zetten en te verstrekken. Deze moet gratis en onbeperkte toegang bieden tot gegevens als de operationele status, beschikbaarheid, ad-hoc prijs en of de geleverde elektriciteit voor 100% hernieuwbaar is.

Deze verplichte gegevens zijn nog niet van alle betrokken laadpleinen beschikbaar. Vanwege de AFIR is de verwachting dat dit op korte termijn wel het geval zal zijn. Bij sommige laadpleinen waren initieel ook problemen met de correcte weergave van de locatie.

In navigatiesystemen wordt de POI (Point of interest) data niet altijd goed getoond of is de POI incompleet. Er is momenteel geen (EU-)standaard voor hoe die POI-data eruit moet zien en daarom zijn er meerdere formats. Verschillende laadpleinen hebben contact gehad met navigatiesysteembedrijven om dit probleem te verhelpen. Als gevolg hiervan zijn ze onder tussentijdse goed vindbaar. Voor sommige laadpleinen wordt de locatie van de entree nog niet goed weergegeven in bepaalde navigatiesystemen. Lokale bewegwijzering en bebording kan chauffeurs helpen om in één keer goed naar de entree te rijden. Het plaatsen van bewegwijzeringsborden vanaf de openbare weg is niet makkelijk te regelen. Overheden zijn terughoudend omdat ze een wildgroei aan bewegwijzeringsborden willen voorkomen.

Uit enquêtes, afgenomen onder de chauffeurs die de laadpleinen hebben bezocht vanwege Experiment 2 (paragraaf 2.1.6.2), blijkt dat de laadpalen in bijna alle gevallen goed vindbaar zijn wanneer men op het laadplein is. Het verschilt per laadplein of de chauffeur een specifieke laadplek krijgt toegewezen of zelf een vrije laadplek mag kiezen. Het aanwijzen van een specifieke laadplek kan als voordeel hebben dat een chauffeur minder hoeft te zoeken en te beslissen. Dit kan onnodig rondrijden op het laadplein voorkomen.

Een probleem van navigatiesystemen op telefoons is dat ook personenauto's naar de vrachtwagenlaadpleinen worden gestuurd. Het zou daarom goed zijn als in dergelijke apps duidelijk zou kunnen worden gecommuniceerd wat de doelgroep is van een laadplein en welke categorie vrachtwagens er terecht kunnen.

4.6.6 Faciliteiten op laadplein

Laden duurt langer dan tanken waardoor chauffeurs van elektrische vrachtwagens langer op laadstations verblijven dan chauffeurs van dieselvrachtwagens op tankstations. Om dit verblijf te veraangename kan het wenselijk zijn om minimaal toiletten en mogelijk ook meer faciliteiten aan te bieden op de laadpleinen.

In de beschrijving van de laadpleinen in hoofdstuk 3 is opgenomen welke faciliteiten er zijn bij elk van de betrokken laadpleinen. Hieruit valt op te maken dat de meeste betrokken laadpleinen al een behoorlijke hoeveelheid faciliteiten hebben. Dit is grotendeels het gevolg van de functie die de locatie had voordat er laadinfrastructuur werd geïnstalleerd.

Zoals toegelicht in paragraaf 2.1.6.2 is bij het Experiment 2 ook bij de vrachtwagenchauffeurs nagegaan wat zij van de faciliteiten vonden. Hieruit blijkt dat alle laadpleinen beschikken over toiletten, maar dat deze in sommige gevallen niet makkelijk te vinden zijn. Ook geven ze aan dat ze niet per se meer faciliteiten willen, maar dat ze liever kwalitatief goede faciliteiten hebben. Momenteel verschilt de kwaliteit van de faciliteiten sterk tussen de betrokken laadpleinen. Gegeven dat wettelijk is opgenomen dat een chauffeur zelf mag kiezen waar de rustpauze wordt doorgebracht, kan het bieden van aantrekkelijke faciliteiten een positief effect hebben op het aantal bezoekers.

4.7 Businesscase

Hoofdboodschap: Een positieve businesscase van heavy duty laadpleinen is mogelijk indien er de juiste bezettingsgraad wordt bereikt in combinatie met een passende inkoopstrategie voor elektriciteit. Momenteel is de bezettingsgraad nog niet toereikend voor de betrokken laadpleinen. Hoe de bezetting zich in de toekomst zal ontwikkelen is onder andere afhankelijk van aantal laadpleinen, kosten van batterijen, dieselprijs, ruimte op depots en netcapaciteit. Het rendabel exploiteren van laadpleinen lijkt mogelijk onder juiste omstandigheden. Verder valt op dat het de kosten voor de netaansluiting bij kleinere laadpleinen een veel kleiner deel zijn van de totale kosten dan bij grotere laadpleinen. Vanaf een bepaalde vermogensgrens (1.750 kVA a 2.000 kVA) stijgen de netaansluitingskosten sterk wat de incrementele uitbreiding van laadpleinen bemoeilijkt. Dit wordt bij sommige netbeheerders nog versterkt doordat er dient te worden betaald voor de aansluiting vanaf het moment dat deze is toegezegd. Aangezien het jaren kan duren voordat de aansluiting ook werkelijk is gerealiseerd zijn de kosten aanzienlijk.

Tot slot is vastgesteld het op dat laadpleinexploitanten zeer verschillende laadprijstrategieën hanteren, waardoor de laadtarieven sterk verschillen.

4.7.1 Definiëring van de businesscase

Zoals eerder toegelicht in paragraaf 1.3 hebben de laadpleinexploitanten de mogelijkheid gekregen om op bepaalde thema's geen informatie te delen. De laadpleinexploitanten die gebruik hebben gemaakt van deze mogelijkheid hebben daarom maar beperkt informatie gedeeld over het thema 'businesscase'.

De kapitaalkosten (CAPEX) die laadpleinen maken omvatten o.a. investeringen in hardware zoals laadpalen, betaalinfrastructuur, stationaire batterijopslag en overige randapparatuur. Verder bestaat een deel van de investering ook uit benodigde aanpassingen aan de ondergrond om de komst van het laadstation mogelijk te maken, en de kosten voor bestrating en gebouwen. Daarnaast zijn er operationele kosten (OPEX), zoals personeelskosten, onderhoudskosten, de inkoop van elektriciteit, een deel van de netwerkkosten en verzekeringen. Tegenover de kosten staan de opbrengsten. Laadpleinexploitanten kunnen opbrengsten genereren uit de verkoop van elektriciteit, maar dat kan ook met andere diensten zoals een winkel, restaurant, wasserette of langdurig parkeren. Ook compleet andere activiteiten kunnen opbrengsten genereren zoals het handelen op de onbalansmarkt voor elektriciteit. Tot slot zijn er ook subsidies beschikbaar voor exploitanten van laadpleinen.

De laadpleinen die zijn betrokken bij het project Living Lab hebben niet allemaal dezelfde doelstelling ten aanzien van winstgevendheid. Zo is het semipublieke laadplein van BAT ingericht om de voertuigen van de gemeentelijke afvalophaaldienst te kunnen laden. Het laadplein is daarnaast opengesteld voor derden om het maatschappelijk nut te

maximaliseren, maar inkomsten uit laadsessies van derden zijn niet noodzakelijk voor de exploitatie van dit laadplein. Wel kunnen deze inkomsten leiden tot maatschappelijke baten, zoals een

lagere prijs van de afvaldienst. Aangezien de verstrekte elektriciteit wel leidt tot kosten en om concurrentievervalsing tegen te gaan worden er wel marktconforme prijzen gerekend voor bezoekers. De andere laadpleinen zijn wel van private partijen en vereisen daarmee wel opbrengsten van bezoekers. Deze opbrengsten kunnen op verschillende manieren worden gegenereerd. Voor sommige laadpleinen is de oplaadfunctie een toevoeging aan diensten die reeds worden geleverd met bestaande assets. Netto moet het exploiteren van de assets winstgevend zijn, maar dat betekent niet altijd dat de opbrengsten uit laadsessies hoger moeten zijn dan de kosten die gemaakt zijn worden om het opladen mogelijk te maken.

Zo geldt voor de meeste van de betrokken laadpleinen dat op dezelfde locatie ook andere inkomsten genererende diensten worden aangeboden, zoals op een truckparking, truckstop of een conventioneel tankstation. In deze gevallen kan het voor de exploitant al voldoende zijn als de opbrengsten uit alle diensten (laden, parkeren, restaurant, wasserette, verkoop vloeibare brandstoffen) opwegen tegen de som van alle kosten. Er kan namelijk ook synergie bestaan tussen de verschillende functies: een chauffeur bezoekt een bepaalde locatie bijvoorbeeld omdat hij moet opladen, maar besluit dan ook wat te eten in het restaurant of te overnachten op die locatie. Ondanks dat faciliteiten wel kunnen bijdragen aan extra omzet en klandizie hebben de laadpleinen wel aangegeven uitgebreide faciliteiten niet als noodzakelijk te zien voor een positieve business case.

4.7.2 Kosten en afschrijving

Kosten

Voor een succesvol laadplein moeten verschillende kosten worden gemaakt, zowel investeringskosten (CAPEX) als operationele kosten (OPEX). De belangrijkste investeringskosten zijn die ten behoeve van:

- éénmalige aansluitvergoeding voor aansluiting op het elektriciteitsnetwerk;
- de aanschaf en installatie van hardware zoals de laadpalen en eventuele stationaire batterijen;
- de aanschaf van software;
- het gereedmaken van de locatie zoals bestrating, gebouwen en eventuele vergunningen.

De aansluitvergoeding is afhankelijk van de capaciteit van de gewenste aansluiting en is ook enigszins afhankelijk van de netbeheerder die actief is in het gebied. Afhankelijk van de afspraken die gemaakt kunnen worden met leveranciers van hardware kunnen de kosten hier voor variëren tussen de laadpleinen. Zo leidt grootschalig inkopen tot een sterkere onderhandelingspositie en lagere kosten per eenheid. De kosten voor het gereedmaken van de locatie zijn sterk afhankelijk van de uitgangssituatie. Indien alle benodigde faciliteiten aanwezig zijn behalve de hardware ('brown field'), zijn de kosten aanzienlijk lager dan wanneer het een volledig leeg kavel betreft ('green field'). In dit laatste geval moet de kavel eerst worden ontworpen, moeten vergunningsprocedures worden doorlopen en moet het kavel volledig worden ingericht, inclusief bijvoorbeeld bestrating en verlichting. De betrokken laadpleinen geven aan dat een 'brown field' momenteel de voorkeur heeft omdat het de investeringen beperkt.

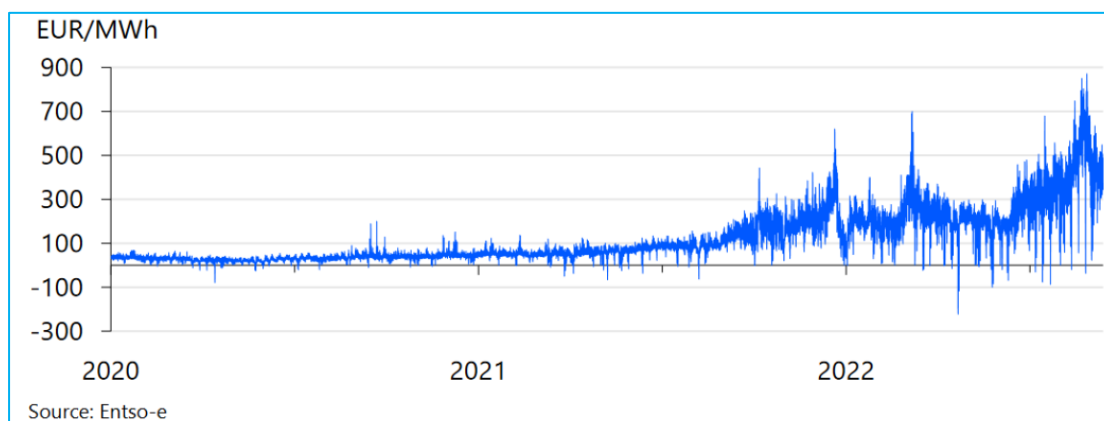
De laadpleinen die betrokken zijn bij het project Living Lab hebben alle geen problemen gehad om de investering te financieren. Sommige geven aan dat de rentelasten in de huidige markt beperkt invloed hebben op de businesscase.

De belangrijkste operationele kosten zijn:

- de inkoop van elektriciteit;
- de periodieke kosten voor de elektriciteitsnetwerkaansluiting, namelijk de periodieke aansluitvergoeding en verschillende transportvergoedingen;
- back-officekosten voor de financiële afhandeling van de laadsessies en alle administratieve verplichtingen;
- grondkosten (huur);
- verzekeringen;
- onderhoud / reparatie van de hardware.

De prijs op de elektriciteitsmarkt wordt bepaald door de vraag, de weersomstandigheden, de productie van (fossiele) opwekinstallaties, de beschikbaarheid van netwerkonderdelen, de kosten van brandstof en de kosten die verbonden zijn aan de uitstoot van CO₂ (zie ook Bijlage C). Dit maakt dat de prijs van elektriciteit erg volatiel is (zie Figuur 4.53). Deze verschilt tussen seizoenen en zelfs binnen een dag kan deze vele tientallen procenten variëren. De elektriciteitsprijs varieert ook veel sterker dan de prijzen van fossiele brandstoffen zoals diesel.

Laadpleinexploitanten kunnen elektriciteit kopen van een leverancier of zelf handelen op de elektriciteitsmarkt. De prijs waarvoor laadpleinexploitanten stroom inkopen verschilt sterk afhankelijk van de onderhandelingspositie. Denk hierbij aan het moment waarop het contract wordt afgesloten, de tijdsduur van het contract en de termijn waarvoor een afgesproken inkoopprijs is vastgelegd. De inkoopstrategie heeft veel invloed op het risico dat de laadpleinexploitant neemt en welk risico er bij de energieleverancier wordt gelaten.



Figuur 4.53: Historische ontwikkeling van de prijs op de elektriciteitsmarkt.

De operationele kosten voor de netaansluiting zijn afhankelijk van de aansluitcapaciteit en enigszins van de netbeheerder. De back-officekosten zijn afhankelijk van de uitgangssituatie. Zo heeft een tankstation dat wordt uitgebreid met een laadfaciliteit al een ingericht systeem dat slechts hoeft te worden uitgebreid. Een nieuw opgerichte organisatie moet dit helemaal opbouwen en heeft bovendien geen synergievoordeel met andere activiteiten. Periodieke kosten voor het gebruik mogen maken van de grond kunnen aanzienlijk verschillen afhankelijk van de vestigingslocatie. Kosten aan serviceproviders zoals verzekeraars en onderhoudsdiensten kunnen worden beïnvloed door de grootte van de contracten die worden afgesloten.

Om inzicht te krijgen in de businesscase van een laadplein is een voorbeeldberekening gemaakt waarmee bepaald kan worden welke bezettingsgraad nodig is voor een bepaald financieel rendement. Dit voorbeeld is niet direct gebaseerd op de betrokken laadpleinen, maar er is wel gebruik gemaakt van informatie die de laadpleinexploitanten in het project hebben verstrekt. Er is een gelijktijdigheidsfactor van 1 aangenomen. Dat wil zeggen dat de beschikbare netcapaciteit gelijk is aan het totale vermogen van de laadpalen. Daarmee is de benuttingsgraad van de netcapaciteit gelijk aan die van de laadpalen. Tabel 4.10 **Tabel 4.10:** Overzicht van de belangrijkste aannames van de businesscase voorbeeldberekening toont de belangrijkste aannames, inclusief kosten van individuele onderdelen. Deze waarden zijn gebaseerd op statische data die is verstrekt door de betrokken laadpleinen (zie ook 2.1.1) en uit de “TCO-tool Vracht 2024” zoals beschikbaar gesteld door de Topsector Logistiek¹⁶. Er is aangenomen dat er over een periode van 10 jaar 5% rendement wordt gemaakt. In het voorbeeld is geen rekening gehouden met kosten of inkomsten verbonden aan andere diensten dan laden. Alle kosten die worden genoemd, gelden voor 2024 en zijn exclusief BTW.

Tabel 4.10: Overzicht van de belangrijkste aannames van de businesscase voorbeeldberekening.

Terugverdiëntijd / afschrijvingstermijn [jaren]	10
Elektriciteitsprijs incl energiebelasting [€/kWh]	€ 0,215
Rentevoet	5%
Kosten laadpaal [€]	
- 50 kW (privaat)	22.000
- 350 kW (publiek)	80.000
- 600 kW (publiek)	135.000
Backoffice [€]	
- per paal per maand	15
- abo per maand	8
Software [€]	30.000
Huurprijs grond [€/m ² /jaar]	7,7
Installatiekosten per paal [€/laadpaal]	40.000
Locatie gereed maken [€/laadpaal]	15.000
Service & onderhoud laadpalen [€/jaar]	
- 50 kW	800
- 350 kW	1.500
- 600 kW	2.000

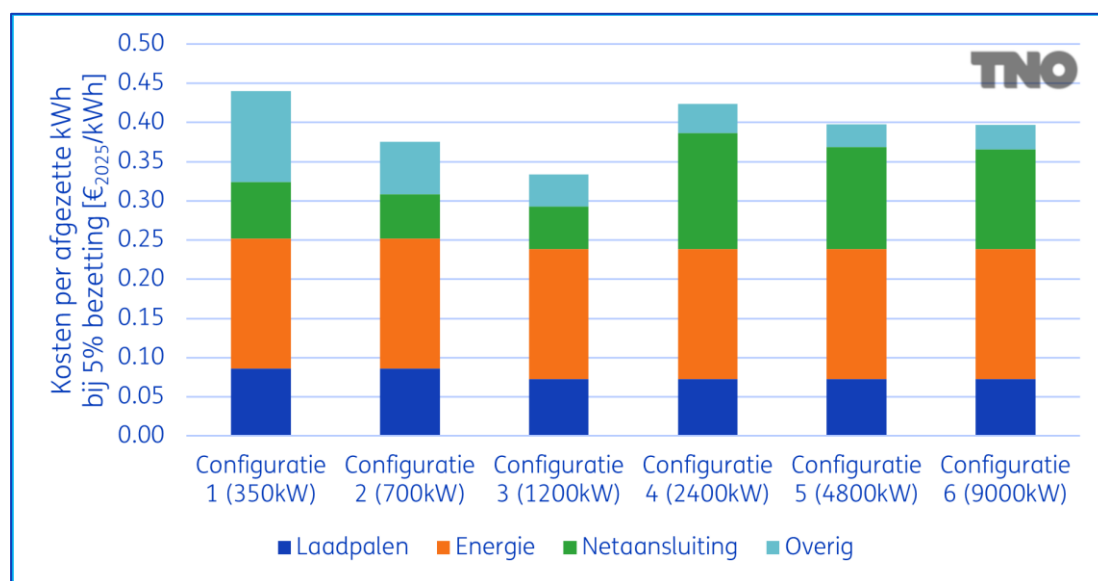
Kosten voor fictieve, geconstrueerde laadpleinconfiguraties

Met behulp van deze aannames zijn zes verschillende laadpleinconfiguraties gedefinieerd waarbij het geïnstalleerd vermogen varieert en het aantal laadpalen en grondoppervlakten variëren. De totale kosten (CAPEX en OPEX) voor de verschillende gedimensioneerde laadpleinen zijn weergegeven in Bijlage D.

In Figuur 4.54 zijn de kosten per verkochte kilowattuur voor de zes geconstrueerde laadpleinconfiguraties weergegeven. Er is een bezettingsgraad aangenomen van 5% (zowel op het geïnstalleerde vermogen van de laadpalen als van de gecontracteerde netcapaciteit). Hieruit kan worden geconcludeerd dat het grootste deel van de kosten het gevolg zijn van de inkoop van elektriciteit, namelijk 38% tot 50%. Verder is te zien dat de overige kosten (civiele werken, verzekering, backoffice en huur) hoger zijn bij kleinere laadpleinen. Dit komt doordat er relatief veel ruimte nodig is per laadpaal. De inrit en uitrit schalen namelijk maar beperkt met het aantal laadpalen. Ook de softwarekosten schalen maar beperkt met het

¹⁶ <https://topsectorlogistiek.nl/tco-vracht/>

aantal palen. De kosten voor de netaansluiting, dit betreft zowel CAPEX als OPEX, zijn juist aanzienlijk hoger bij grote laadpleinen. Bij kleine laadpleinen is dit ongeveer 15% van de totale kosten, bij grote laadpleinen wel 34%. Dit komt voornamelijk doordat de transportkosten per maand meer dan een factor zes hoger zijn boven 1.500 kW gecontracteerde netcapaciteit. Daarnaast zijn ook kosten voor het maximaal gecontracteerd vermogen per maand een factor twee tot drie hoger bij aansluitingen groter dan 1.750 kW tot 2.000 kW afhankelijk van de netbeheerder (Stedin, 2025) (Liander, 2025). Een laadplein dat vlak onder deze grens kan blijven, heeft daarom aanzienlijk lagere kosten per eenheid geïnstalleerd vermogen.



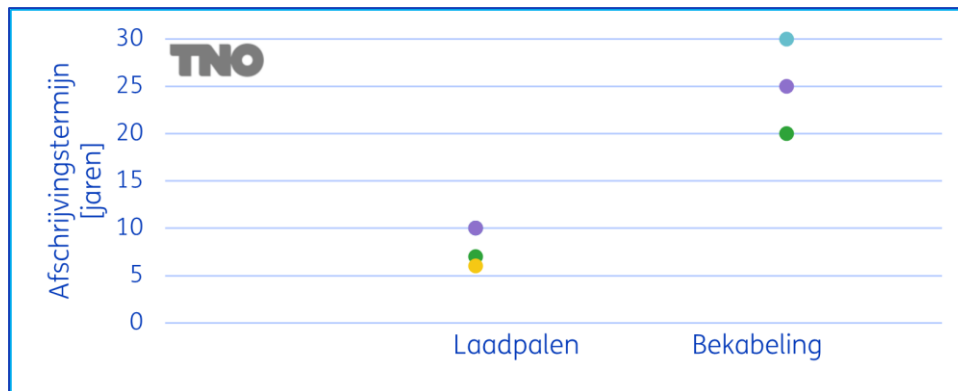
Figuur 4.54: Kosten per afgezette kWh bij 5% bezetting [$\text{€}_{2025}/\text{kWh}$] voor zes gemodelleerde configuraties zonder subsidies (zie Bijlage D).

De kosten voor de netaansluiting staan vast en zijn niet onderhandelbaar. Er kan dus ook geen concurrentievoordeel op worden behaald. Op de kosten van de laadpalen kan dat wel. Het afnemen van veel laadpalen geeft een sterkere onderhandelingspositie wat een kostenvoordeel kan opleveren per eenheid. De energiekosten zijn sterk afhankelijk van hoe de energie wordt ingekocht en kunnen veel meer verschillen tussen laadpleinen. Bovendien zijn de energiekosten de grootste kostenpost voor laadpleinexploitanten. Bij een bezettingsgraad van 5% geldt dat een korting van 5% op laadpalen (inclusief plaatsen) gelijk staat aan ongeveer 2% korting op de energiekosten. Bij 10% bezetting staat 5% korting op de palen gelijk aan 1% korting op de energiekosten. In werkelijkheid kunnen de betaalde elektriciteitsprijzen veel sterker verschillen. Hieruit kan worden geconcludeerd dat significant concurrentievoordeel bijna alleen maar kan worden behaald op de inkoop van energie.

Afschrijving

De investeringskosten worden afgeschreven over een bepaalde periode. Die periode wordt bepaald door de technische of economische levensduur van hetgeen waarin is geïnvesteerd. De technische levensduur is de periode dat een bedrijfsmiddel naar verwachting (veilig) zal functioneren. De economische levensduur is de periode dat een bedrijfsmiddel naar verwachting rendabel gebruikt zal kunnen worden, voordat er betere alternatieven beschikbaar komen die rendabeler kunnen worden ingezet dan het huidige bedrijfsmiddel. Welke van deze twee levensduren de kortste is, wordt over het algemeen gehanteerd als afschrijvingstermijn.

Voor laadpalen is de afschrijvingstermijn zes tot tien jaar. Die van stationaire batterijen is vergelijkbaar met die van laadpalen. De afschrijvingstermijn van kabels en bestrating is veel langer, typisch tussen 20 en 30 jaar (zie Figuur 4.55).



Figuur 4.55: Variatie in gehanteerde afschrijvingstermijnen van verschillende componenten tussen laadpleinen. De kleuren verwijzen naar drie verschillende hubs.

Naast de economische en technische levensduur kan de afschrijvingstermijn ook worden beperkt door de periode die beschikbaar is voor exploitatie. In het geval van laadpleinen is dat bijvoorbeeld de concessieduur. Zo is de concessieduur bij één van de betrokken laadpleinen slechts tien jaar. Dit betekent dat eigenlijk alle investeringen binnen die periode moeten worden terugverdiend. Een dergelijke korte termijn verhoogt het risico op een onrendabele situatie. Het is daarom wenselijk dat de concessietermijnen voldoende lang zijn. Gemeentes en andere overheden kunnen hier rekening mee houden bij aanbestedingstrajecten.

4.7.3 Inkomsten

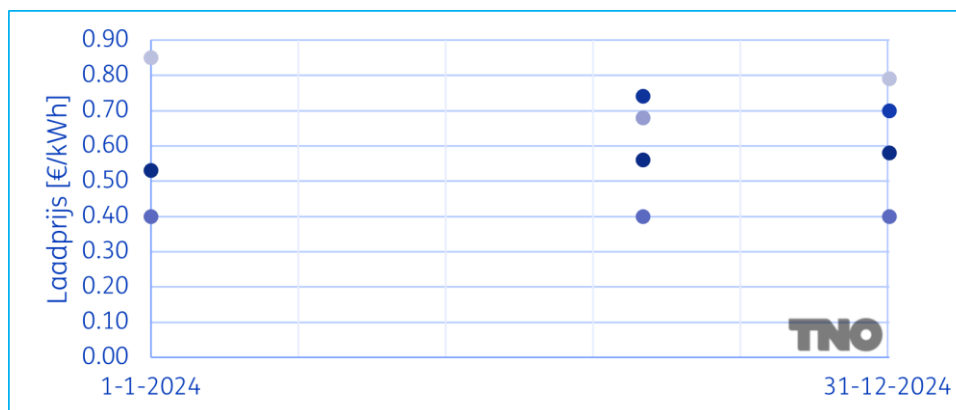
Inkomsten uit laadsessies

Laadpleinexploitanten genereren inkomsten uit betaalde laadsessies van derden. De inkomsten zijn een vermenigvuldiging van de verkochte energie en de verkoopprijs van de elektriciteit, ook wel de laadprijs.

De laadprijzen komen voort uit kosten plus marge. Hierbij wordt rekening gehouden met de verwachte afzet, opbrengsten uit andere faciliteiten, prijzen van concurrerende laadpleinen in de buurt en prijzen van concurrerende technologieën (zoals dieselvoertuigen). Momenteel verschillen de laadprijzen sterk tussen verschillende (semi)publieke laadpleinen. Gedurende de eerste jaar van het project lag de prijs bij de betrokken laadpleinen tussen ongeveer 0,40 €/kWh en 0,85 €/kWh (excl. BTW) afhankelijk van het laadplein (zie Figuur 4.56). Sommige hanteren een vaste prijs, bij andere varieert de prijs in de tijd. Bovendien hebben sommige laadpleinen prijsafspraken met bepaalde klanten. Deze waarden zijn niet beschikbaar voor dit project.

Een mogelijkheid is om de laadprijzen meer te laten meebewegen met de marktprijzen van elektriciteit (zie Bijlage C). Zo is het zelfs mogelijk om de prijs per dag of zelfs gedurende de dag te laten afhangen van de vastgestelde prijzen op de day-ahead markt. Wanneer de exploitant een dynamisch contract heeft kan ervoor worden gekozen om de laadprijs te laten meebewegen met de inkoopprijs. Hiermee verkleint de laadpleinexploitant het financieel risico. Immers, als de inkoopprijs stijgt, stijgt de verkoopprijs mee. De mate waarin de laadprijs meebeweegt met de inkoopprijs bepaalt dus hoeveel risico de exploitant wil nemen

en welk risico er wordt gelaten bij de gebruiker. Sommige van de betrokken laadpleinen overwegen ook om de laadprijs over de dag te variëren om het laden extra aantrekkelijk te maken op momenten van de dag dat er minder gebruik wordt gemaakt van het laadplein.



Figuur 4.56: Laadprijs bij verschillende laadpleinen op drie momenten in het jaar.

Subsidies

Er zijn verschillende subsidies waar laadpleinexploitanten aanspraak op kunnen maken. De belangrijkste is momenteel de Subsidieregeling Publieke Laadinfrastructuur zwaar vervoer (SPULA). Hierop kan aanspraak worden gemaakt door partijen die volledig publieke laadinfrastructuur ontwikkelen.

Andere eisen zijn:

- een netaansluiting van minimaal 600 kVA;
- minimaal 1.400 kW aan laadstations van 200 kW of meer waarvan minimaal twee laadstations met een vermogen van 350 kW of meer;
- een CCS- of MCS-connector voor alle laadpunten;
- voor alle laadpunten: funderingen die geschikt zijn voor voertuigen van ten minste 50 ton;
- voor alle laadpunten: doorrijhoogtes van minimaal 4,2 meter;
- voor alle laadpunten: fysieke ruimtes voor het laden van een trekker-oplegger combinatie van 16,5 meter;
- laadinfrastructuur die altijd met het internet is verbonden en waarbij de communicatie verloopt volgens het Open Charge Point Protocol versie 1.6 of hoger.

Zowel laadpalen als stationaire batterijen worden gesubsidieerd. Het subsidiebedrag bedraagt:

- € 19.000 voor een laadstation met een vermogen vanaf 200 kW tot 350 kW;
- € 43.000 voor een laadstation met een vermogen vanaf 350 kW;
- € 80 per kWh opslag voor een stationaire batterij.

Naast de SPULA, kunnen de laadpleinen als leveranciers van energie ook aanspraak maken op Hernieuwbare Brandstof Eenheden (HBE's). Brandstofleveranciers in Nederland moeten een minimaal aandeel energie leveren uit hernieuwbare bronnen. Zij zijn verplicht deze aandelen te registreren bij de Nederlandse Emissieautoriteit (NEa). De NEa verstrekt vervolgens Hernieuwbare Brandstof Eenheden (HBE's) voor de duurzame energie die de brandstofleveranciers hebben verkocht. Laadpleinen die enkel (duurzame) elektriciteit leveren mogen vrijwillig meedoen met dit systeem. Deze HBE's kunnen vervolgens worden verhandeld.

Alle betrokken laadpleinen geven aan dat ze op de hoogte zijn van het systeem en de waarde van HBE's. Vier laadpleinexploitanten ontvangen al HBE's, de andere twee geven aan het te onderzoeken.

Andere inkomsten

Zoals eerder genoemd kunnen laadpleinexploitanten ook inkomsten genereren uit de verkoop van andere producten en diensten. In de gevallen waar een bedrijf al renderende bedrijfsactiviteiten had op de laadpleinlocatie, zijn de reeds bestaande activiteiten nog steeds de belangrijkste inkomstenbron. Voor bedrijven die zijn opgezet voor de exploitatie van laadpleinen, spelen de andere diensten vaak juist een bijrol. Ze zijn bedoeld om een goed serviceniveau te bieden voor de gebruikers die vaak langere tijd op de laadlocatie verblijven.

Sterker nog, het installeren van laders kan de winstgevendheid van andere diensten in sommige gevallen negatief beïnvloeden. Zo geldt voor de truckparkings dat er parkeerplekken zijn opgegeven bij de realisatie van de laadplekken, omdat de laadplekken meer ruimte innemen dan reguliere parkeerplekken.

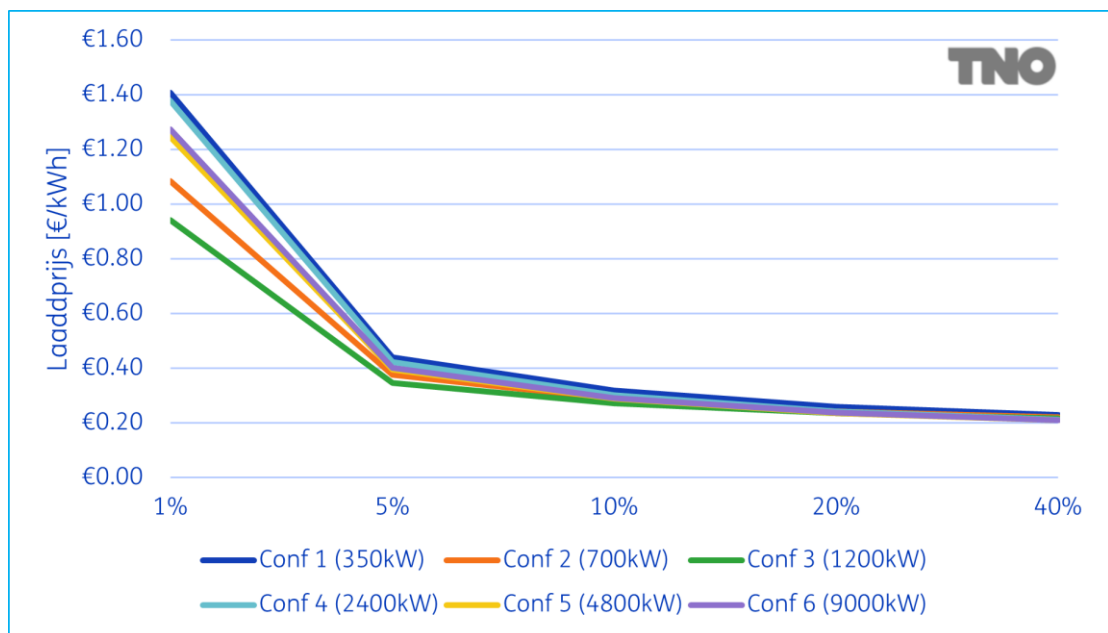
Een indicatief voorbeeld: Bij een laadplein met 8 laadplekken en een geïnstalleerd laadpaalvermogen van 4.800 kW is bij een bezettingsgraad van 5% een prijs van €0,40/kWh tot €0,43/kWh respectievelijk met en zonder subsidies nodig voor 5% rendement (zie Bijlage D). Dit betekent gemiddeld per uur een rendement van €0,59 tot €0,65. Gegeven dat de kosten van een truckparking voor een groot deel investeringskosten zijn, is het rendement bij een parkeertarief van €1,70 per uur en 5% rendement ongeveer €0,09 per uur. Dit betekent dat bij een 5% bezettingsgraad dat er ruim 7 keer zoveel rendement kan worden gemaakt op laadinfra dan op truckparkeren. Deze berekeningen zijn gebaseerd op de situatie dat mensen die komen laden niet ook nog een parkeertarief betalen, wat op dit moment bij alle laadpleinen het geval is.

4.7.4 Benodigde bezettingsgraad en laadprijs voor een positieve businesscase

Laadprijzen in relatie tot de bezettingsgraad

In Bijlage D is een voorbeeldberekening opgenomen om inzicht te krijgen in de bezettingsgraden en laadprijzen die nodig zijn om een positieve businesscase te realiseren. Uit die berekening kan worden geconcludeerd dat de benodigde laadprijs voor een positieve businesscase sterk afhangt van de bezettingsgraad. Gegeven de aangenomen gelijktijdigheidsfactor van 1, is dit zowel de bezetting van de netcapaciteit als van de laadpalen. Bij een bezettingsgraad van 5% (laadpalen zijn gemiddeld 1,2 uur per dag in gebruik op maximaal vermogen) is een laadprijs van ruim 0,40 €/kWh nodig voor een positieve businesscase (zie Figuur 4.57).

Nog lagere bezettingsgraden leiden tot een hele grote stijging van de benodigde laadprijs omdat de kosten (vooral CAPEX) moeten worden terugverdiend met een heel beperkte hoeveelheid verkochte energie. Indien de bezettingsgraad 20% zou bedragen (laadpalen zijn gemiddeld 4,8 uur per dag in gebruik), is een laadprijs ongeveer 0,24 €/kWh voldoende voor een positieve businesscase. Zonder de SPULA-subsidies en HBE's, zijn de benodigde laadprijzen enkele centen hoger.



Figuur 4.57: Benodigde laadprijs voor 5% rendement in relatie tot het geïnstalleerd vermogen en bezettingsgraad voor verschillende laadpleinconfiguraties inclusief subsidies.

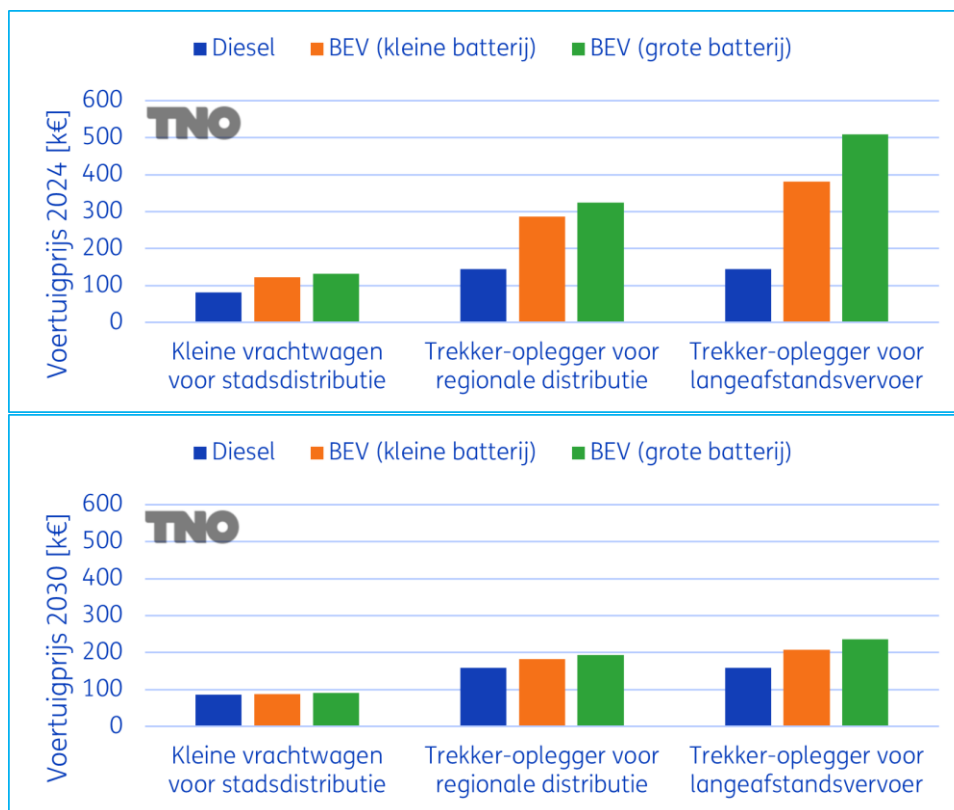
Zoals besproken in de vorige paragraaf, is de bezettingsgraad van de betrokken laadpleinen op basis van de beschikbare capaciteit van de laadpalen momenteel ruim onder 1%. De bezettingsgraad ten opzichte van de netcapaciteit bedraagt 1% tot 5%. Aangezien de kosten voor de netaansluiting 1,5 tot 2 keer zo hoog zijn als die van de laadpalen, is de bezettingsgraad ten opzichte van de netcapaciteit de belangrijkste van de twee. Bij 1% tot 5% bezettingsgraad laat het rekenvoorbeeld zien dat met de huidige subsidies een laadprijs tussen 0,40 €/kWh en 1,40 €/kWh nodig is voor een rendabele businesscase over een periode van 10 jaar.

De laadprijzen die volgen uit deze theoretische berekening zijn van dezelfde orde grootte als de werkelijke laadprijzen op de betrokken laadpleinen, maar liggen wel aan de bovenkant. Hieruit kan voorzichtig worden geconcludeerd dat het moeilijk is om binnen 10 jaar een positieve businesscase te hebben in de huidige markt. Echter, wanneer de bezettingsgraad zou kunnen worden verhoogd naar 5% tot 10%, kunnen de huidige laadprijzen wel voldoende zijn voor een positieve businessclass over een periode van 10 jaar. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 verschillen de betrokken laadpleinen sterk van elkaar waardoor deze conclusies niet voor iedereen van toepassing zijn.

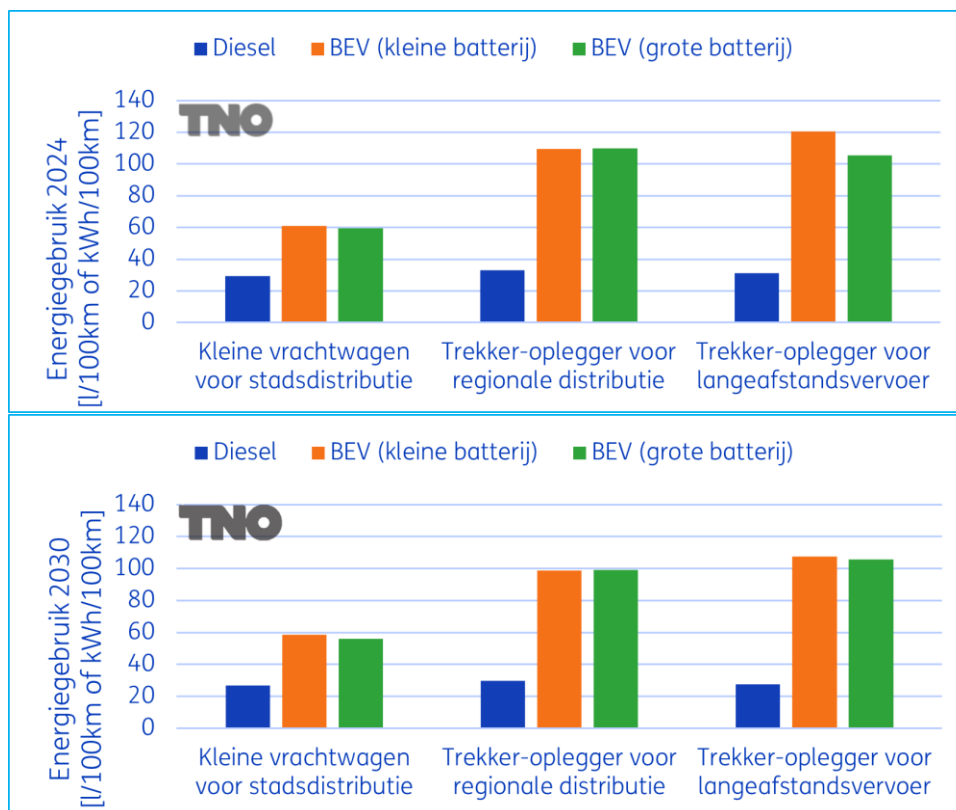
Impact op TCO in vergelijking met diesellovertuigen

Diesellovertuigen zijn momenteel goedkoper in aanschaf dan batterij-elektrische trucks, maar de energiekosten van dieseltrucks zijn per kilometer typisch hoger. In deze paragraaf schatten we in bij welke laadprijs, en de daaruit resulterende minimale bezetting van de laadpleinen, de TCO van elektrische trucks concurrerend blijft met die van diesellovertuigen.

De aangenomen prijzen en energiegebruik van voertuigen zijn gebaseerd op een recente studie van TNO (TNO, 2022) en zijn weergegeven in Figuur 4.58 en Figuur 4.59. Doordat batterijen goedkoper worden, worden elektrische trucks goedkoper. Vanwege strengere Europese emissienormen voor luchtverontreinigende stoffen worden dieselvrachtwagens juist duurder (TNO, 2022).



Figuur 4.58: Aangenomen voertuigprijzen voor verschillende aandrijftechnologieën voor de jaren 2024 (boven) en 2030 (onder). Voor stadsdistributie levert een kleine batterij 150 km actieradius en een grote batterij 200 km. Voor regionale distributie is dit respectievelijk 300 km en 400 km en voor langeafstandsvervoer 500 km en 800 km.



Figuur 4.59: Aangenomen energieverbruik per kilometer voor verschillende aandrijftechnologieën voor de jaren 2024 (boven) en 2030 (onder). Voor stadsdistributie levert een kleine batterij 150 km actieradius en een grote batterij 200 km. Voor regionale distributie is dit respectievelijk 200 km en 300 km voor langeafstandsvervoer 500 km en 800 km.

Onder de aanname dat de restwaarde van de voertuigen 30% bedraagt na vijf jaar, kan worden bepaald wat de maximale laadprijs is bij semi(publieke) laadpleinen om dezelfde TCO te bereiken voor elektrische trucks als voor dieseltrucks. Deze resultaten zijn weergegeven in Tabel 4.11, voor de situaties met en zonder bestaande subsidies. Uit deze maximale laadprijs kan worden berekend welke bezettingsgraad voor (semi)publieke laadpleinen nodig is om tegen die prijs te kunnen leveren.

Uit deze analyse kan worden geconcludeerd dat voor toepassingen die een grote batterij vereisen, bijvoorbeeld regionale distributie of long-haul, de maximale laadprijs 0,34 tot 0,45 €/kWh zou mogen bedragen. Voor voertuigen met kleine batterijen, die typisch worden ingezet voor stadsdistributie waar het energie-efficiëntievoordeel voor elektrische voertuigen extra groot is, onder andere vanwege regeneratief remmen en het lagere rendement van dieselvoertuigen ten opzichte van andere toepassingen, zou de laadprijs veel hoger mogen zijn, namelijk 0,83 €/kWh. Deze voertuigen kunnen eventueel ook geladen worden op eigen depot en zijn daardoor minder afhankelijk van (semi)publieke laadinfrastructuur. Bij deze berekeningen is rekening gehouden met de beschikbare aanschafsubsidies en vrachtwagenheffingen (VWH). Indien deze niet beschikbaar zouden zijn zou de maximale laadprijs ongeveer de helft zijn.

Tabel 4.11: Benodigde laadprijs en bezettingsgraad voor gelijke TCO van elektrische en diesellovertuigen.

		Type truck	Kleine trucks (stadsdistributie) Range: 150-200 km	Trekker-oplegger (regionale distributie) Range: 300-400 km	Trekker-oplegger (long-haul) Range: 500-800 km
		Afstand per werkdag [km]	100 - 200	200 - 300	300 - 600
Indicatie van de benodigde minimale laadprijs en bezetting	2025 (excl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,26 - 0,42	0,00 - 0,18	0,00 - 0,12
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	5% - 20%	>40%	>40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	5% - 20%	>40%	>40%
	2025 (incl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,83	0,35 - 0,45	0,10 - 0,34
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~5%	5% - 10%	20% - >40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~2% - 3%	5% - 10%	20% - >40%
	2030 (excl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,57	0,27 - 0,32	0,20 - 0,27
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~1%	5% - 10%	20% - 40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~2%	5% - 10%	20% - 40%
	2030 (incl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,95	0,54	0,42
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~5%	~5%	~5% - 8%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~1% - 3%	~4% - 5%	~4% - 6%

Richting 2030 worden voertuigbatterijen goedkoper waardoor ook bij hogere energiekosten eenzelfde TCO kan worden bereikt als van diesellovertuigen. In het rekenvoorbeeld leidt dit tot maximale laadprijzen van 0,42 tot 0,54 €/kWh voor voertuigen met relatief grote batterijen en zelfs 0,95 €/kWh voor stadsdistributievoertuigen.

Vergelijking met laden op het eigen depot

Naast de afweging tussen een diesellovertuig of een batterij-elektrisch voertuig, kunnen ondernemers ook kiezen tussen een elektrisch voertuig met een grotere of kleinere batterij. Een voertuig met een grotere batterij is duurder in aanschaf, maar geeft meer flexibiliteit en de noodzaak om onderweg te laden neemt af. Hierdoor kan er meer worden geladen op het eigen depot¹⁷. Voor voertuigen die onderweg overnachten geldt dit maar in beperkte mate.

De voorbeeldberekening in Bijlage D laat zien dat er op het depot geladen kan worden voor ongeveer 0,29 €/kWh met SPRILA subsidie¹⁸ en 0,30 €/kWh zonder deze subsidie uitgaande van:

¹⁷ Elektrische voertuigen mogen een hoger gewicht hebben dan diesellovertuigen. Desondanks zal een grote batterij op korte termijn leiden tot een afname van het maximale ladinggewicht. Door verbetering van batterijtechnologie zal dit op langere termijn niet meer het geval zijn (TNO, 2022).

¹⁸ Subsidieregeling Private Laadinfrastructuur bij bedrijven, zie: [Subsidieregelingen laadinfrastructuur: SPRILA en SPULA | RVO.nl](#)

- een inkoopprijs van elektriciteit van € 0,215 per kWh, gelijk aan de berekening eerder in deze paragraaf (zie ook Tabel 4.10);
- een bezettingsgraad van de laadpunten van 30% op het eigen depot, gelijk aan acht uur laden in de nacht op 50 kW;
- een gelijktijdigheidsfactor van 1.

De extra kosten per kWh voor het rijden met een grotere batterij in 2024 bedragen respectievelijk 0,36 €/kWh en 0,37 €/kWh met en zonder SPRILA subsidie uitgaande van:

- batterijkosten van 232 €/kWh;
- een afschrijving van de batterij over 3000 cycli;
- laadkosten van 0,29 €/kWh tot 0,30 €/kWh zoals hierboven berekend.

Een laadprijs van 0,37 €/kWh bij (semi)publieke laadpleinen komt in het rekenvoorbeeld overeen met een bezettingsgraad van 7% tot 9%. Een dergelijke bezettingsgraad is dus nodig om op prijs te kunnen concurreren met het laden op eigen depot. Hierbij moet het laden wel gebeuren in de verplichte rusttijd van de chauffeur. Dergelijke bezettingsgraden worden momenteel nog niet gehaald, maar worden op termijn wel haalbaar geacht.

Tabel 4.12: Indicatieve berekening van de benodigde bezettingsgraad op verschillende configuraties van semipublieke laadpleinen om op kosten te kunnen concurreren met depotladen in 2024.

		Opgesteld vermogen bij (semi)publiek laadplein				
		350	700	1200	2400	9000
Excl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Benodigde bezettingsgraad excl. subsidies	9%	7%	5%	8%	7%
Incl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
	Benodigde bezettingsgraad incl. subsidies	8%	6%	4%	7%	7%

Tabel 4.13: Indicatieve berekening van de benodigde bezettingsgraad op verschillende configuraties van (semi)publieke laadpleinen om op kosten te kunnen concurreren met depotladen in 2040/2050

		Opgesteld vermogen bij (semi)publiek laadplein				
		350	700	1200	2400	9000
Excl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
	Benodigde bezettingsgraad excl. subsidies	16%	11%	6%	12%	10%
Incl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Benodigde bezettingsgraad incl. subsidies	13%	7%	2%	10%	10%

Op langere termijn rond 2040 - 2050 zullen batterijkosten mogelijk dalen tot 70 €/kWh en zal het maximum aantal cycli dat een batterij kan doorlopen naar verwachting oplopen tot 5000 cycli. Hierdoor zullen de laadkosten dalen tot respectievelijk 0,30 €/kWh en 0,31 €/kWh met en zonder SPRILA subsidie. De laadprijs mag op (semi)publieke laadpleinen dus niet

hogere zijn dan deze waarden om op prijs te kunnen concurreren met laden op het eigen depot. Deze 0,30 €/kWh tot 0,31 €/kWh komt in het rekenvoorbeeld overeen met een bezettingsgraad van 10% tot 16% ofwel 2,5 uur tot 3 uur en 50 minuten effectief gebruik van de laadpunten en netcapaciteit. Ook deze hogere bezettingsgraden kunnen naar verwachting worden gehaald in de toekomst.

In werkelijkheid is het niet voor alle logistieke toepassingen mogelijk om te laden op eigen depot. Echter, voor veel toepassingen zoals stadsdistributie en regionale distributie, keren voertuigen aan het einde van de werkdag veelal terug op het eigen depot en kan er voldoende batterijcapaciteit in de voertuigen worden toegevoegd om de dag door te komen zonder onderweg te moeten laden. Wanneer het financieel aantrekkelijk is om onderweg bij te laden, kan dit wel worden gedaan, bijvoorbeeld tijdens verplichte rustpauzes in combinatie met lage laadprijzen. Voor toepassingen waarbij voertuigen in de nacht niet terugkeren op het eigen depot, is laden bij (semi)publieke laadpunten wel noodzakelijk. De groep voertuigen die (gedeeltelijk) laden bij (semi)publieke laadpunten nodig heeft, kan onder de juiste omstandigheden laden op hoge vermogens (≥ 250 kW per laadpunt) tegen competitieve laadprijzen. Hiervoor is het wel van belang dat de bezetting voldoende is. Langere tijd overcapaciteit kan leiden tot hogere laadprijzen waardoor dit type vervoer (afhankelijk van publiek laden) duurder wordt.

5 Adviezen per stakeholder

Dit hoofdstuk vertaalt de belangrijkste resultaten uit de vorige hoofdstukken naar concrete adviezen per type stakeholder. Het doel is om hierdoor de resultaten effectiever toe te kunnen passen. Deze adviezen volgen uit de conclusies die eerder in dit rapport zijn getrokken en uit gesprekken met de laadexploitanten zoals toegelicht in paragraaf 2.1.4 en 2.1.5.

5.1 (Toekomstige) laadpleinexploitanten

De inrichting van het laadplein is sterk afhankelijk van de reden waarvoor het laadplein wordt bezocht. Kort laden om voldoende acculading te realiseren om de bestemming te bereiken, vereist een andere invulling dan een locatie waar voertuigen overnachten, zoals een truckparking of een semipubliek laadplein waar 's nachts de eigen vloot wordt opgeladen.

Een deel van de hieronder opgenomen adviezen geldt voor alle typen laadpleinen, maar een ander deel geldt enkel voor één of twee typen laadpleinen. Bij adviezen van deze laatste categorie zal expliciet worden vermeld voor welke typen laadpleinen ze gelden.

Ruimtelijke inrichting

- Het is raadzaam om vanaf de openbare doorgaande weg informatie te verschaffen over aanrijdroute en de beschikbaarheid van laadplekken. Hiervoor moeten laadpleinexploitanten in overleg met de verantwoordelijke overheid.
- Geef duidelijk de route aan vanaf de ingang van het laadplein naar de laadplek(ken).
- Bij voorkeur wordt bij de ingang van het laadplein informatie verstrekt over de locatie en het beschikbare vermogen van de verschillende laadpunten en voor welke typen (grootte) vrachtwagens het geschikt is. Dit geldt vooral wanneer er laders met verschillende vermogensniveaus of specifieke laadplekken voor bijzonder gebruik aanwezig zijn. Hierdoor kunnen vrachtwagens direct de juiste laadplek kiezen.
- Een informatiebord vóór de laadplek, met informatie over de zijde van het parkeervak waar de laadpaal zich bevindt en het (maximale) vermogen van de lader, kan onnodig in- en uitrijden voorkomen.
- Mits er genoeg ruimte is, zorg voor voldoende wachtplekken om opstoppen of gevaarlijke situaties te voorkomen.
- Scheid laadplekken van andere brandstoftankplekken om onnodig wachten te voorkomen.
- Zorg voor een aantal basisvoorzieningen voor chauffeurs. Denk hierbij minimaal aan een schoon toilet en toegang tot water om te wassen en te drinken, bijvoorbeeld via een drinkwatervoorziening of een automaat.
- Voorkom dat laadplekken worden bezet door personen- en bestelauto's op momenten dat zware wegvoertuigen willen laden, bijvoorbeeld door middel van fysieke barrières of expliciete bebording. Geef duidelijk aan op de eigen applicaties, bij eMSP's en navigatiesystemen dat het een laadplein voor zware voertuigen betreft.
- Doorrijdplekken hebben de voorkeur boven inparkeren vanwege de verkeersveiligheid, het verkleinen van de kans op schade en vermindering van tijdsverlies.
- Om de kans op schade te verkleinen, is het belangrijk om goed na te denken over de positionering van de laadpalen bij het parkeervak. Plaats de laadpaal bij voorkeur buiten

het bereik van manoeuvrerende voertuigen. Als dit niet mogelijk is, is het aan te bevelen om fysieke en goed zichtbare barrières te plaatsen ter bescherming van de laadpalen. Bij (achteruit) inparkeren dienen deze barrières duidelijk zichtbaar te zijn in de spiegels. Houd daarnaast rekening met het feit dat de achterzijde van de vrachtwagen bij het weggrijden kan uitslaan, wat een extra risico op aanrijdingen met de laadpaal met zich meebrengt.

- Houd rekening met de verhouding waarin de laadpoort van voertuigen zich links of recht van het voertuig bevindt en plaats voldoende laders aan de meest voorkomende laadpoortzijde. Als dit niet mogelijk is, zorg dan voor voldoende lengte van de kabels die de andere zijde van het voertuig kunnen bereiken, inclusief een goed kabelmanagement-systeem.
- Zorg voor voldoende ruime laadplekken om de voertuigtypen te kunnen faciliteren die gebruik zullen maken van het laadplein. Denk aan de draaicirkel in combinatie met type of categorie vrachtwagen. Voor trekker-opleggers is een parkeervak van minimaal 3,5 m bij 20 m wenselijk.

Techniek

- Het advies is om bij een nieuw te bouwen laadplein minimaal twee laadpalen te plaatsen, elk met een vermogen van ten minste 400 kW in verband met de nieuwe generatie vrachtwagens en voorzien van twee laadpunten (connectoren) per lader (vier in totaal). Op deze manier kunnen tegelijkertijd twee vrachtwagens met de laadpoort aan de rechterzijde en twee vrachtwagens met de laadpoort aan de linkerzijde laden. Dit zorgt voor operationele redundantie en garandeert dat minimaal twee vrachtwagens gelijktijdig kunnen laden.
- Houd zicht op hoe de werkelijke prestaties van laadpalen zich verhouden tot de theoretische toegezegde specificaties.
- Wanneer een divers wagenpark wordt verwacht met voertuigen die verschillende vermogens vragen, kies dan voor een systeem waarmee vermogen dynamisch kan worden gedeeld en aangepast per CCS-aansluiting in een laadpaal of tussen laadpalen. Momenteel wordt deze functionaliteit geleverd door gedistribueerde systemen zoals satellietssystemen.
- Zorg ervoor dat er een software-monitoringsysteem (CPMS) wordt gebruikt dat directe toegang biedt tot de data van de laadpunten, zodat er te allen tijde volledig inzicht is in de actuele situatie. Daarnaast is het belangrijk dat de software regelmatig wordt bijgewerkt om optimaal te profiteren van de nieuwste ontwikkelingen en verbeteringen in de protocollen.
- Voor communicatie tussen de laadpaal en het CPMS wordt voornamelijk OCPP gebruikt. Voor OCPP wordt aangeraden om minimaal versie 2.0.1 te gebruiken. Deze versie kan meer data uitwisselen tussen de laadpaal, het voertuig en het CPMS. Ook is deze versie voorzien van extra beveiligingsfuncties, ondersteuning voor slim laden en biedt het de mogelijkheid om berichten weer te geven.
- Voor communicatie met betalingssystemen/roaming wordt in Nederland meestal OCPI gebruikt. Het wordt aanbevolen om laadpalen te kiezen die zijn uitgerust met minimaal OCPI versie 2.2.1, omdat deze versie onder andere reserveringsmogelijkheden biedt. Daarnaast is het raadzaam de implementatie van OCPI 3.0 te overwegen.
- Zorg voor goede cyberveiligheid door te voldoen aan de eisen in ENCS cyberveiligheidsnormen en ook door goede beveiliging van backofficesystemen.
- Optimaliseer de laadsessies bij gedeeld laden (meerdere voertuigen die laden op dezelfde power unit), aangezien de maximale laadsnelheid tot wel tientallen procenten onder het theoretische maximum van elk van de voertuigen kan liggen. Zorg voor goede monitoring van individuele laadsessies, regel actieve communicatie met de laadpaal-leveranciers en eventuele softwareleveranciers (bijv. bij EMS) met regelmatige updates

van alle systemen. Zorg voor een goede verdeling van het laadvermogen via passende instellingen in de lader en communiceer hier actief over met de klanten. Trucks van de nieuwste generatie kunnen hun maximale laadprestaties mogelijk niet bereiken op sommige laadpalen door effecten van gedeeld laden, wat hun laadtijd kan verlengen.

- Monitor storingen actief per type storing en hoe snel dit opgelost wordt. Richt hiervoor een goede servicelijn in van callcenter tot monteur op locatie.
- Overleg met de fabrikant / service- en onderhoudspartner of onderdelen op voorraad hebben wenselijk is.

Energie

- Laadpleinen lijken energieverliezen te hebben van 5-15% tussen de netaansluiting en de energie die door de laders wordt geleverd. Deze verliezen zijn niet hetzelfde bij alle laadpleinen. Het is daarom raadzaam om energiestromen verder te optimaliseren en zo energieverliezen te beperken.
- Bij het overwegen van slim laden dient te worden gecontroleerd of de laadpalen en bezoekende voertuigen zijn uitgerust met slim laden-functionaliteiten. Dit betekent dat het voertuig door het laadstation kan worden “wakker gemaakt”, waardoor het niet nodig is om een constante laadsessie op laagvermogen open te houden. Dit kan namelijk een negatief effect hebben op de power factor en zorgen voor energieverliezen. Daarnaast is het raadzaam om systemen te overwegen die een dynamische aanpassing van het laadvermogen mogelijk maken op basis van de geplande vertrektijden en prioriteiten. Het implementeren van een uitgestelde laadstrategie, waarbij de start van de laadsessies wordt gespreid, kan helpen de energievraag te spreiden en zo een grote piek te voorkomen wanneer meerdere voertuigen tegelijkertijd worden aangekoppeld om te laden.
- Slim laden kan bij bepaalde laadpleintypen (semipublieke laadpleinen en op termijn wellicht ook laadpleinen waar overnacht wordt) helpen om vermogenspieken te verlagen en zo kosten te beperken. Ook helpt het klanten om op goedkopere momenten te laden, afhankelijk van de prijsstrategie.
- Zonnepanelen bij laadpleinen helpen momenteel nog beperkt om het net te ontlasten en de kosten te drukken. Bij een groot zonnepark i.c.m. een batterij heeft het vaak wel meerwaarde. Het opwekprofiel sluit goed aan bij het waargenomen vraagprofiel van de laadpleinen in 2024. Wanneer er op termijn ook meer in de avond en nacht geladen gaat worden, is een koppeling met windenergie de enige oplossing voor effectieve koppeling aan lokale opwek. Windenergie kan sowieso een zeer goede bijdrage leveren en PV is door de seizoenen heen complementair daarop.
- Zet batterijsystemen in wanneer dit noodzakelijk is om vermogenspieken overdag af te vlakken, waardoor laders met een hoger vermogen gebruikt kunnen worden zonder de capaciteit van de netaansluiting te verhogen.
- Bestaande alternatieve energiecontracten dragen bij aan een effectiever gebruik van netcapaciteit. Hoe meer dergelijke contracten worden toegepast, hoe groter de kans dat laadpleinen en andere stroomgebruikers een uitbreiding van bestaande netcapaciteit of een nieuwe aansluiting kunnen krijgen.
- Gebaseerd op data van middenspanningstations van meerdere Living Lab locaties lijkt er ruimte te zijn voor alternatieve transportovereenkomsten. Onderzoek de mogelijkheid van dergelijke alternatieve transportovereenkomsten. Afhankelijk van het bestaande en verwachte laadprofiel van het laadplein kan een alternatief transportrecht uitkomst bieden voor meer vermogen op gezette momenten of minder kosten.
- Onderzoek of cable pooling met de burens mogelijk en wenselijk is.
- Zorg dat de supra-harmonische verstoringen binnen de normen van de IEC 61000-2-2 blijven. Zorg voor een Power Factor van minimaal 0,85 om zo energieverliezen te minimaliseren. Hiervoor zullen deze supra-harmonische verstoringen en de Power Factor

(periodiek) gemeten moeten worden. Doe waar mogelijk aanvullende analyses om te onderzoeken waar blindvermogen optreedt.

- Als er dan supra-harmonische verstoringen optreden of de Power Factor te laag is, moeten maatregelen genomen worden:
 - Mitigerende maatregelen voor het verminderen van supra-harmonische verstoringen omvatten onder andere het installeren van additioneel filters die supra-harmonische verstoringen dempen (zgn. line reactors of mains chokes) of het installeren van hoogwaardige laadinfrastructuur met intrinsiek lage supra-harmonische uitstoot;
 - Mitigerende maatregelen voor het verbeteren van de Power Factor omvatten de toepassing van apparatuur die actief capaciteef of inductief blindvermogen levert waarmee het reactief vermogen wordt tegengewerkt en de Power Factor wordt verbeterd, of het installeren van hoogwaardige laadinfrastructuur met een intrinsiek hogere Power Factor.
- Onderzoek of bepaalde incidenten op het laadplein veroorzaakt kunnen worden door een mindere Power Quality.

Logistiek

- Verzamel data over het gebruik van het laadplein, zoals de bezettingsgraad en duur van de laadsessies, om de inrichting van het laadplein, bijvoorbeeld het aantal laadpunten, te kunnen bijsturen wanneer nodig.
- Heb intensief contact met je klanten om vraag en aanbod op elkaar aan te laten blijven sluiten.
- Overweeg het gebruik van een reserveringssysteem voor laadplekken en (indien van toepassing) ook voor de benodigde hoeveelheid energie en vermogen.
- Maak de beschikbaarheid van vrije laadplekken goed duidelijk in navigatieapps en naar eMSP's.
- Geef, conform de eisen in de AFIR, de ad-hoc laadprijzen duidelijk weer. Bij voorkeur gebeurt dit via de eigen app, met de eMSP's en fysiek bij de laadpaal en zo mogelijk ook op de doorgaande weg naar het laadplein.
- Zorg dat de locatie van (de ingang van) het laadplein juist wordt weergegeven in navigatieapps.
- Zorg ervoor dat het in ieder geval online duidelijk is via website en apps voor welke categorieën vrachtwagens het laadplein toegankelijk is en wat eventueel geldende limiteringen zijn zoals hoogte en openingstijden.
- Zorg ervoor dat laadpleinen online en via diverse apps goed vindbaar zijn, en blijf dit actief monitoren en bijwerken om zichtbaarheid en nauwkeurigheid te waarborgen. Controleer daarnaast regelmatig of de ingevoerde gegevens correct en up-to-date zijn.

Businesscase

- Besteed veel aandacht aan het inkopen / opwekken van elektriciteit omdat deze kosten een zeer groot aandeel zijn van de totale exploitatiekosten. Verken hierbij de diverse contractvormen en mogelijkheden.
- Voorkom overdimensionering van hardware en de netaansluiting omdat het terugverdienen van te zwaar gedimensioneerde installaties hogere prijzen vereist waardoor de concurrentiepositie onder druk komt te staan. Probeer deze modulair vorm te geven zodat ze kunnen meegroeien met de vraag naar laadsessies. Een gelijktijdigheidsfactor van 100% tussen de paalcapaciteit en de netaansluiting lijkt op de korte termijn niet noodzakelijk voor bijna alle uren in het jaar.
- Houd bij het bouwen van een laadplein rekening met eventuele uitbreiding in de nabije toekomst, bijvoorbeeld door bij het kiezen van de positie van de laders ook de basis te leggen voor de toekomstige laders. Overweeg ook of het voordeliger is om de kabel voor

toekomstige laders al in initiatiefase van het laadplein te leggen. Anders kan worden overwogen om alvast een toegangskanaal voor de kabel te creëren.

- Probeer voor het gebruik van de grond lange concessietermijnen te bedingen (minimaal 10 jaar) om assets over een langere tijd te kunnen afschrijven.
- Probeer afspraken te maken met klanten zodat zij structureel blijven terugkeren.
- Overweeg dynamische prijzen om laden buiten piekmomenten aantrekkelijker te maken en zo de elektriciteitsvraag beter te verdelen over de dag.
- Besteed aandacht aan actieve sales voor nieuwe klanten en relatiemanagement voor de bestaande klanten.
- Onderzoek de beschikbaarheid van HBE's en subsidies zoals de SPULA en CEF-AFIF¹⁹. Dit draagt bij aan een verbeterde business case om te kunnen concurreren met zowel diesel-trucks als depot laden.
- Blijft op de hoogte van de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van bijvoorbeeld elektrische vrachtwagens, relevante hardware, wet- en regelgeving om zo hierop in te kunnen blijven spelen.

5.2 Lokale overheden

- Zorg voor een gestandaardiseerde procedure voor aanvragen van een vergunning voor (nieuwe) laadpleinen, inclusief een onderbouwde doorrekening van extra verkeersbewegingen. In het omgevingsplan is vooral de milieucategorie relevant. Echter, hierover bestaat op dit moment nog veel onduidelijkheid bij de omgevingsdiensten.
- Geef een voldoende lange concessietermijn voor het gebruik van gemeentegronden om de investeringen terug te kunnen verdienen. Dit is ieder geval langer dan 10 jaar.
- Stel bij concessies voor laadpleinen voor trucks minimale eisen waarbij minimaal rekening wordt gehouden met voldoende vermogen, grootte van de laadplek, doorrijplekken en draaicirkels (de aanbevelingen in dit rapport kunnen hierin gevolgd worden).
- Ga in gesprek met exploitanten van (semi)publieke laadpleinen om te inventariseren of er overcapaciteit is van laadinfra of netcapaciteit (samen met netbeheerders) en probeer samen te komen tot oplossingen die leiden tot effectiever gebruik bijvoorbeeld door de capaciteit (tijdelijk) beschikbaar te stellen aan anderen. Dit kan worden gerealiseerd door het delen van netaansluitingen of het ontwikkelen van toegangsmodellen voor derden om onderbenutte laadinfrastructuur efficiënter te gebruiken.
- Voer regie op de groei van het aantal laadpleinen om te waarborgen dat er geen langdurige overcapaciteit ontstaat met hoge laadprijzen en / of onrendabele laadpleinen tot gevolg. Hiermee kan ook slechte geografische spreiding van laadpleinen in de regio worden voorkomen. Stem af met andere overheden over hoeveel laadpunten met welk vermogen waar en wanneer worden gerealiseerd. Dit vergroot de kans op een goede spreiding van laadpunten.
- Trek samen op met de NBd (Nationale Bewegwijzeringsdienst) in het bewegwijzeren van laadpleinen.

5.3 Netbeheerders

- Blijf werken aan proactieve en gestructureerde communicatie over netcapaciteit en lopende aanvragen voor netaansluitingen op DSO- en TSO-niveau zodat voor laadplein-exploitanten duidelijk is wanneer er extra netcapaciteit beschikbaar komt.
- Onderzoek samen met laadpleinexploitanten of andere contractvormen mogelijk zijn die beter aansluiten bij gebruikers zoals laadpleinen. In tegenstelling tot de meeste andere

¹⁹ CEF Transport - Alternative Fuels Infrastructure Facility (AFIF) is een doorlopende financieringsfaciliteit die infrastructuur voor alternatieve brandstoffen ondersteunt.

grootverbruikers hebben laadpleinen namelijk een zeer beperkt aantal vermogenspieken per dag. Een voorbeeld is het aanbieden van contracten waarin een aantal momenten overschrijding van een basisvermogen is toegestaan, bijvoorbeeld op momenten dat er (lokaal) overcapaciteit is.

- Onderzoek de mogelijkheid van andere vormen van beprijzen van netcapaciteit. In tegenstelling tot veel andere grootverbruikers is het voor laadpleinen wenselijk om de capaciteit van de netaansluiting incrementeel op te schalen. De huidige kostenstructuur maakt dit lastig door sterk niet-lineaire kostenstijging bij hogere contractvermogens.
- Onderzoek hoe laadpleinen kunnen bijdragen aan het verminderen van netcongestie, bijvoorbeeld door laadpleinen extra vermogen te geven wanneer er lokaal veel invoeding is. Onderzoek daarnaast ook hoe laadpleinen hiertoe gestimuleerd kunnen worden.
- Onderzoek hoe meerdere energieproductiebronnen achter dezelfde meter toe kunnen worden gestaan aangezien dat momenteel in de elektriciteitswet niet is toegestaan.
- Voorzie gebruikers van informatie over wat voor impact overbelasting van het net kan hebben op hun diensten.

5.4 Logistieke bedrijven

- Houdt bij het plannen / uitvoeren van laadsessies rekening met 15% minder beschikbaar vermogen dan het aangegeven maximaal vermogen van de te gebruiken lader.
- Wanneer regelmatig gebruik wordt gemaakt van hetzelfde laadplein, is contact opnemen met de laadpleinexploitant interessant om potentiële prijsafspraken te maken.
- Hoewel nu nog niet van toepassing, houdt rekening met 8 tot 15 minuten wachttijd.
- Als wachten geen optie is, maak dan gebruik van het reserveringssysteem indien beschikbaar.
- Geef feedback over het reserveringssysteem aan de laadpleinen, gezien dit nog een nieuwe ontwikkeling is.
- Vermijd piektijden. Dit is vaak rond 12:00 en 17:00.
- Onderzoek voor het plannen van een laadsessie of het laadplein geschikt is voor het type voertuig. Dit advies geldt voornamelijk voor trekker-opleggers en voertuigen met een hoge opbouw (zoals bouwmaterieel).
- Controleer de openingstijden van het laadplein aangezien niet alle laadpleinen 24/7 toegankelijk zijn.
- Houd rekening met de positionering van de laadpoort op de vrachtwagen bij het parkeren bij een lader, zodat onnodige bewegingen worden voorkomen.
- Download eventueel de app van het vrachtwagenmerk (OEM), welke in sommige gevallen informatie kan verschaffen over het verloop van de laadsessie.

5.5 Toeleveranciers

Laadpaalfabrikanten

- Geef laadpleinexploitanten toegang tot data van de laadsessies zoals laadcurves en data die relateren aan eventuele laadbependingen (zoals temperatuur van de kabel), die ze ieder moment moeten kunnen inzien tot en met een jaar geleden.
- Onderzoek waarom voertuigen hun theoretisch mogelijke maximale laadvermogen niet halen en waarom dit effect groter is wanneer meerdere voertuigen simultaan zijn aangesloten. Pas hierop verbeteringen toe.
- Let goed op de interactie tussen verschillende systemen (EMS, laadpaal en voertuig) en hoe vermogensbependingen tijdens laadsessies worden beheerd. Zorg ervoor dat de systemen goed samenwerken, dat de prioriteiten tussen de systemen duidelijk zijn en dat instellingen in alle systemen transparant en consistent zijn. Wijzigingen in één systeem

moeten correct worden weergegeven in andere systemen. Bijvoorbeeld: de maximale energie-instelling die in de laadpaal wordt ingesteld, moet zichtbaar en bruikbaar zijn in het hoofd-EMS, en wijzigingen in het maximale vermogen binnen het EMS-systeem moeten correct worden aangepast in de laadpaal.

- Zorg dat er bij een storing of incorrecte handeling een foutmelding op het scherm van de laadpaal wordt weergegeven om ervoor te zorgen dat de juiste stappen worden ondernomen om de situatie te verhelpen.
- Toon op de laadpaal het daadwerkelijk beschikbare vermogen, zodat bijvoorbeeld voor de gebruiker duidelijk is wanneer een laadpaal is afgeschaald in vermogen.
- Toon op de laadpaal welk vermogen op moment van laden geleverd wordt en geef een geschatte eindtijd van de laadsessie.
- Informeer de laadpleinen welke vermogensverdeel mogelijkheden er zijn en draag er zorg voor dat bij het laadplein de gewenste configuratie correct wordt geïmplementeerd.
- Werk aan de mogelijkheid dat laadpalen qua vermogen en tijden gereserveerd kunnen worden.
- Bied kabels aan die zo min mogelijk de laadsessie beïnvloeden doordat deze te warm worden.
- Zorg ervoor bij het starten van een laadsessie op de andere connector van dezelfde laadpaal dat de lopende laadsessie niet onderbroken wordt. In sommige gevallen duurde het meer dan 15 minuten voordat het eerder aangesloten voertuig zijn volledige laadvermogen weer beschikbaar kreeg. Dit heeft veel impact op de ervaring van de laadsessie.
- Blijf de interoperabiliteit tussen voertuigen en laadpalen testen om deze zo goed mogelijk met elkaar te laten communiceren én om als aanbieders van laadinfrastructuur en voertuigen bij elkaar aangehaakt te blijven op gebied van innovaties zoals slim laden.

Softwareontwikkelaars

- Ontwikkel (in samenwerking met bestaande laadpleinen) EMS'en die geschikt zijn voor laadpleinen inclusief specifieke functionaliteiten zoals (aansluiting op) reserverings-systemen.
- Ontwikkel reserveringssystemen die goed aansluiten bij andere logistieke planningstools om de drempel voor het maken van reserveringen te beperken.
- Zorg ervoor dat in de beheerssoftware (EMS) van het laadplein duidelijk zichtbaar is wanneer een laadpaal onder een vermogensbeperking opereert, zodat gebruikers en beheerders direct inzicht hebben in de beschikbare laadcapaciteit en hier rekening mee kunnen houden.
- Zorg voor eenvoudige data-extractie uit de software, aangezien deelname aan projecten, waarbij monitoring een belangrijke rol speelt, helpt bij het verkrijgen van middelen voor financiering. De geëxporteerde data moet minimaal (maar niet uitsluitend) bevatten: start- en stoptijd van de laadsessie, voertuig-SoC bij begin en einde, geladen energie, gemiddeld en maximaal laadvermogen, voertuig-ID (MAC), TAG-ID en een tijdgebaseerde curve van de laadsessie met vermogen, SoC en energie.

Vrachtautofabrikanten

- Truck-OEM's zouden de mogelijkheid kunnen creëren dat het door het voertuig gevraagde laadvermogen wordt getoond op het bestuurdersdisplay, zodat de bestuurder het gevraagde en werkelijk geleverde laadvermogen kan vergelijken.
- Creëer bij het voertuigontwerp voldoende luchtkoeling rond de laadpoorten om vermogensverlies te voorkomen door oververhitting van de connectorpinnen.
- Zorg ervoor dat vrachtwagens volledig compatibel zijn met slimme laadsystemen die automatisch kunnen starten en laden op basis van prioriteit, vertrektijd en dynamische load balancing.

- De diagnostiek bij laadstoringen moet verbeterd worden, zodat bestuurders duidelijke feedback ontvangen over of het probleem wordt veroorzaakt door het voertuig, de lader of het elektriciteitsnet.
- De positie van de laadconnectoren op vrachtwagens moet gestandaardiseerd worden om de toegankelijkheid bij verschillende laadstations te maximaliseren.
- Vrachtwagens moeten getest worden met verschillende laders om een optimale laadervaring en energieoverdracht te garanderen. Werk samen met laadpaalfabrikanten om eventuele problemen te verhelpen die tot minder efficiënte / effectieve laadsessies kunnen leiden.
- Geef aan bestuurders en eigenaren van elektrische vrachtauto's mee dat de laadsnelheid tot 15% kan afwijken van de specificaties en dat gedeeld laden hier een rol in kan spelen.

6 Vervolg LLHDL

Het project LLHDL is verlengd en zal data verzamelen tot eind 2026. Dit biedt de mogelijkheid om bepaalde onderzoeksvragen verder uit te diepen of nieuwe onderwerpen te onderzoeken. De ontwikkelingen in de markt gaan hard. Door de verlenging kunnen deze ontwikkelingen, zoals upgrades van trucks en hardware en de effecten ervan op de exploitatie van laadpleinen, ook via data worden gemonitord.

De scope voor de werkzaamheden binnen het project in 2026 is in ontwikkeling, maar omvat in grote lijnen de volgende elementen:

Experiment 3: In de winter 2025/26 gaat er wederom een fysieke testweek plaatsvinden. Met behulp van onder andere nieuwe generatie trucks zullen wederom stresstesten met de laadpleinen worden uitgevoerd op basis van de 45 minuten rij- en rusttijdenwetgeving. Hierdoor kunnen we de resultaten vergelijken met het zomerseizoen én kijken wat het effect is van een aantal upgrades op de laadpleinen. Ruimtelijke inrichting zal hierbij niet opnieuw onderzocht worden. Waar wel meer aandacht op gevestigd zal worden zijn reserverings-systemen, energieverliezen, applicaties van OEM's, overnight charging, gebruiksvriendelijkheid en ad hoc betalingen.

Experiment 4 (optioneel): Het testen van de cybersecurity door het hacken van laadpleinen.

Een ander onderwerp, waar eveneens meer aandacht aan besteed zal worden, is energie. Dit blijkt één van de belangrijkste onderwerpen binnen het project. Niet alleen omdat het een aanzienlijk deel van de OPEX-kosten bepaalt, maar ook vanwege netcongestie. Hoe zou een laadplein kunnen bijdragen aan het verminderen van netcongestie? Welke flexibele contractvormen zouden aansluiten bij de laadpleinen? Aan welke knoppen zou er gedraaid kunnen worden met betrekking tot energieprijzen? Daarbij zijn er ook nog veel vragen te beantwoorden over de data met betrekking tot netbelasting die voor de meter gemeten zijn. Waar dit nu op middenspanningsniveau is gemeten zou het ook waardevol zijn om op hoogspanningsniveau data te verzamelen.

Aan garantie, service en onderhoud wordt in 2026 ook meer aandacht aangegeven. De downtime van de gemonitorde laadinfrastructuur is gemiddeld relatief hoog. Er zijn per laadplein ook meerdere servicelijnen aangehaakt. Hoe werkt dit en is het efficiënt of is een andere inrichting wenselijk? Wat is er nodig om een lagere downtime te realiseren?

Tot slot is het project ook betrokken bij innovaties, internationale ontwikkelingen, onderzoek naar prijstransparantie en relevante test events in het lab van ElaadNL. Lessen uit deze betrokkenheid zullen worden vertaald naar antwoorden op de kennisvragen die leidend zijn voor het project Living Lab Heavy Duty Laadpleinen.

Referenties

- ACM (2024). *Besluit niet gebruikte transportrechten (GOTORK)*
- Berenschot (2021). *Impact of cyber security risks on the Dutch national charge point infrastructure.*
- BRO (2023). *Handreiking Clean Energy Hubs: Planologische routes en keuzes voor tank- en laadinfrastructuur voor beroepsgoederenvervoer*
- CE Delft (2022). *Laden voor logistiek bij beperkte netcapaciteit.*
- CHARIN (2022). *CharIN Whitepaper Megawatt Charging System (MCS)*
- ElaadNL (2025). *Outlook Logistiek Update 2025.*
- EU (2006). *VERORDENING (EG) nr. 561/2006 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 15 maart 2006 tot harmonisatie van bepaalde voorschriften van sociale aard voor het wegvervoer, tot wijziging van Verordeningen (EEG) nr. 3821/85 en (EG) nr. 2135/98 van de Raad.*
- EU (2023). *VERORDENING (EU) 2023/1804 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 13 september 2023 betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen en tot intrekking van Richtlijn 2014/94/EU.*
- Liander (2025). *Tarieven voor aansluitin en transport elektriciteit.*
- Marie-Lilliu, S.e. (1998). *Transportation and CO₂ Emissions: Flexing the Link A Path for the World Bank.*
- NAL (2024). *Actieplan prijstransparantie.*
- NAL (2024).(b) *Corridorladen voor trucks: Scenariostudie voor een locatiestrategie.*
- Netbeheer Nederland (2025). (Online). <https://www.netbeheernederland.nl/artikelen/nieuws/update-capaciteitskaart-inzicht-geplande-netuitbreidingen-en-situatie-op-het>
- NKL (2022). *Basisset DC-laadinfrastructuur.*
- PBL & TNO (2024). *KLIMAATNEUTRAAL WEGVERKEER in 2050: Een verkenning van beelden en paden daar naartoe.*
- Schaden et al. (2021). *Smart Charging of Electric Vehicles Considering SOC-Dependent Maximum Charging Powers.*
- Stedin (2025). *Elektriciteit Tarieven 2025 Aansluiting en transport voor grootverbruikers.*
- The ICCT (2021). *Battery electric tractor-trailers in the European Union: A vehicle technology analysis.*
- TNO (2022). *TNO 2022 R11862. Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe.*
- TNO (2023). *TNO 2023 R10213. The potential of e-fuels for heavy duty road transport in the Netherlands*
- TNO (2024).(a) *TNO 2024 P11746. TNO Kennisinbreng Mobiliteit voor Klimaat en Energieverkenning (KEV) 2024.*
- TNO (2024).(b) *Een nationaal doel voor energiebesparing en streefwaarden voor sectoren. TNO Publiek TNO 2024 R10997.*

TNO (2025). Assessment of sustainable charging operations of Mekante Diek's construction equipment. TNO Public 2024 R12111.

RWS (2023). *Kennisplan: Living Lab Heavy Duty Laadpleinen*.

RWS (2023b).(b) *Monitoringsplan Living Lab Heavy Duty Laadpleinen*

<https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/@271289/kennisplan-living-lab-heavy-duty/>

VNG (2024). *Activiteiten en milieuzonering Handreiking*.

Ondertekening

TNO Mobility & Built Environment Den Haag, 9 juli 2025



Jan Hoegge
Research Manager



Maarten Verbeek
Auteur

Bijlage A

Overzicht van kennisvragen

Zoals vermeld in paragraaf 1.2 worden in dit project verschillende kennisvragen beantwoord. De kennisvragen zijn gesplitst in drie kennisarrangementen. Een kennisarrangement is een verzameling van kennisvragen binnen een duidelijk afgebakende scope om bij te dragen aan de beantwoording van de hoofdvraag en doelstellingen van het Living Lab. De scope maakt onderscheid tussen drie typen locaties: Semipubliek laadplein op een bedrijventerrein, publiek laadplein op een bedrijventerrein en laadplein op een truckparking. De kennisvragen zijn opgenomen in het Kennisplan (RWS, 2023) en voor de volledigheid hieronder ook opgenomen.

Meerdere algemene vragen zijn van toepassing op alle locatietypen binnen het kennisarrangement. Vragen, waarvoor de antwoorden naar verwachting locatiespecifiek zijn, omvatten:

Vraag	Thema	Voorbeelden van KPI's / Monitorings-behoefte
Wat is voor semipublieke laadpleinen voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein een passende laadoplossing in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor een passende laadoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing?	Techniek / logistiek	• N.v.t. (hoofdvraag) • Mix van typen laadpalen (50kW, 150kW, 350kW, 1MW etc.) • Aantal trucks dat laadt bij het station
Wat is er nodig op gebied van planningstools, state of charge fleetmanagement en reserve-ringssystemen om laadinfrastructuur voor semipublieke laadlocaties op een bedrijventerrein goed aan te laten sluiten bij de ontwikkeling van de haalbare logistieke operaties met batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025? Welke functie vervult de laadsessie in het gebruiksprofiel van het voertuig? Net te weinig energie	Logistiek	• Spreiding wachtduur • Aanwezigheid van planningstools laadstation (optioneel) • Gebruiksvriendelijkheid van planningstools laadstation (kwalitatief) • Bezettingsgraad laadpunten • Geladen hoeveelheid energie per sessie • Prijsverschil laden onderweg en laden op depot (indien beschikbaar) • Range en accucapaciteit van voertuig

om terug te komen op depot / standplaats of standaard onderdeel van dagelijkse operatie?		Gereden kilometers per voertuig per dag
Welke voorzieningen dragen bij aan het voorkomen dat een laadstation voor batterij elektrische heavy duty voertuigen op een semipublieke locatie op een bedrijventerrein zorgt voor / bijdraagt aan overbelasting van het elektriciteitsnetwerk in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor een passende energieoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing? Wat zijn de seizoensinvloeden op het functioneren van het laadplein en daarbij op de (over)belasting van het elektriciteitsnetwerk, en wat zijn oplossingen om dit te adresseren?	Energie	- Aanwezigheid van stationaire opslagcapaciteit - Verhouding netcapaciteit en maximale vermogensvraag (over de dag en over de seizoenen) - Maximale laadsnelheid voertuig - Maximale vermogen lader - Belastingprofiel van het net waar het laadplein op is aangesloten (over de dag en over de seizoenen) - Functioneren van smart oplossingen voor load management zoals prijsvariatie gerelateerd aan netcongestie. - Toepassing van vehicle to grid (V2G) (optioneel) - Toepassing van DC-DC netwerken
Wat is de meest geschikte ruimtelijke inrichting van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een semipublieke locatie op een bedrijventerrein in 2025 en 2030? Wat zijn de minimale eisen die gesteld moeten worden aan de ruimtelijke inrichting van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor de ruimtelijke inrichting van het laadstation? Was dit een passende inrichting in de huidige situatie en is dit op langere termijn ook een passende inrichting?	Ruimtelijke aspecten	- Aantal vierkante meter - Aanrijmogelijkheden - Locatie laadpunt t.o.v. voertuig (incl. lengte kabel) - Implicaties voor andere weggebruikers en omgeving
Wat moet een locatie-eigenaar minimaal ingericht hebben of waar moet minimaal aan voldaan zijn, bij het toegankelijk maken van een semipublieke laadlocatie?	Techniek / Ruimtelijke aspecten / Business-case	- Transparantie prijzen - Metten en afrekenen van energiegebruik - Plichten energieleverancier

		• Bezettingsgraad met / zonder openstellen voor derden • Juridische bevoegdheid verkoop aan derden
Wat is de impact van een incident (bijv. ongeluk of systeemstoring) op de bredere laadbehoefte van een vloot elektrische trucks? Kan de vertraging worden ingehaald?	Logistiek	• Flexibiliteit in inzet van voertuigen (kwalitatief)
Wat is een passende rolverdeling tussen de verschillende stakeholders bij de realisatie van een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen?	Algemeen	• Planning
Wat is de businesscase van een semipubliek laadplein voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein in 2025 en richting 2030?	Business case	• CAPEX • OPEX • Kosten per kWh in afhankelijkheid van bezettingsgraad
Wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van laden op semipublieke laadfaciliteiten? Hoe maak je gedeeld laden mogelijk in de praktijk? Hoe garandeer je toegankelijkheid voor derden op verschillende termijnen?	Logistiek	• De gekozen governance structuur (incl. overwegingen) • Aantal en % succesvolle deellaad-sessies • Aantal unieke gebruikers • Aanwezigheid van passende regelgeving
Wat zijn de kansen voor het optimaliseren van logistieke laadvraag en energiehuishouding op industrie- en bedrijventerreinen?	Energie	• Geïnstalleerd vermogen PV en wind op of binnen 1 km van terrein • Overlap energievraagprofiel vrachtwagens en andere processen op terrein (bv. fabriek die 's nachts dicht is)

Kennisarrangement publiek laadplein op een bedrijventerrein

Een publiek laadplein op een industrieterrein is gericht op volledige publieke toegankelijkheid. Deze optie kan worden gerealiseerd op een bestaand tankstation of het kan een geheel nieuwe locatie zijn. Meerdere algemene vragen zijn van toepassing op de alle locatietypen binnen het kennisarrangement. Vragen, waarvoor de antwoorden naar verwachting specifiek zijn publieke laadpleinen op een bedrijventerrein, omvatten:

Vraag	Thema	Voorbeelden van KPI's / Monitoringsbehoefte
Wat is voor een publiek toegankelijke locatie op een bedrijventerrein een passende	Techniek / logistiek	• N.v.t. (hoofdvraag) • Mix van typen laadpalen (50kW, 150kW, 350kW, 1MW etc.)

laadoplossing voor een laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor een passende laadoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing?		• Aantal trucks dat laadt bij het station
Wat is er nodig op gebied van planningstools, state of charge fleet-management en reserveringssystemen om laadinfrastructuur voor een publiek toegankelijke locatie op een bedrijventerrein goed aan te laten sluiten bij de ontwikkeling van de haalbare logistieke operaties met batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025? Welke functie vervult de laadsessie in het gebruiksprofiel van het voertuig? Net te weinig energie om terug te komen op depot / standplaats of standaard onderdeel van dagelijkse operatie?	Logistiek	• Spreiding wachtduur • Aanwezigheid van planningstools laadstation • Gebruiksvriendelijkheid van planningstools laadstation (kwalitatief) • Bezettingsgraad laadpunten • Geladen hoeveelheid energie per sessie • Prijsverschil laden onderweg en laden op depot (indien beschikbaar) • Range en accucapaciteit van voertuig • Gereden kilometers per voertuig per dag
Welke voorzieningen dragen bij aan het voorkomen dat een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein zorgt voor / bijdraagt aan overbelasting van het elektriciteitsnetwerk in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor een passende energieoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing? Wat zijn de seizoensinvloeden op het functioneren van het laadplein en daarbij op de overbelasting van het elektriciteitsnetwerk, en wat zijn oplossingen om dit te adresseren?	Energie	• Aanwezigheid van stationaire opslagcapaciteit • Verhouding netcapaciteit en maximale vermogensvraag (over de dag en over de seizoenen) • Maximale laadsnelheid voertuig • Maximale leversnelheid lader • Belastingprofiel van het net waar het laadplein op is aangesloten (over de dag en over de seizoenen) • Functioneren van smart oplossingen voor load management

Wat is de schaalbaarheid van de gekozen oplossing?		
Wat is de meest geschikte ruimtelijke inrichting van een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein in 2025 en 2030? Wat zijn de minimale eisen die gesteld moeten worden aan de ruimtelijke inrichting van een laadstation voor batterij elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiele keuze voor de ruimtelijke inrichting van het laadstation? Was dit een passende inrichting in de huidige situatie en is dit op langere termijn ook een passende inrichting?	Ruimtelijke aspecten	• Aantal vierkante meter • Aanrijmogelijkheden • Locatie laadpunt t.o.v. voertuig (incl. lengte kabel) • Implicaties voor andere weggebruikers en omgeving
Wat moet een locatie-eigenaar minimaal ingericht hebben of waar moet minimaal aan voldaan zijn, bij het toegankelijk maken van een semipublieke laadlocatie?	Techniek / Ruimtelijke aspecten / Business-case	• Transparantie prijzen • Meten en afrekenen van energiegebruik • Plichten energieleverancier • Bezettingsgraad met / zonder openstellen voor derden
Wat is de impact van een incident (bijv. ongeluk of systeemstoring) op de bredere laadbehoefte van een vloot elektrische trucks? Kan de vertraging worden ingehaald?	Logistiek	• Flexibiliteit in inzet van voertuigen (kwalitatief)
Wat is een passende rolverdeling tussen de verschillende stakeholders bij de realisatie van een publiek toegankelijk laadstation voor batterij elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein?	Algemeen	• Planning
Wat is de businesscase van een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een bedrijventerrein in 2025 en richting 2030?	Business case	• CAPEX • OPEX • Kosten per kWh in afhankelijkheid van bezettingsgraad
Wat zijn de kansen voor het optimaliseren van logistieke	Energie	• Geïnstalleerd vermogen PV en wind op of binnen 1 km van terrein

laadvraag en energiehuishouding op industrie- en bedrijventerreinen? Wat is de schaalbaarheid van deze oplossing?		• Overlap energievraagprofiel vrachtwagens en andere processen op terrein (bv. fabriek die 's nachts dicht is)
--	--	--

Kennisarrangement truckparkings

Het kennisarrangement truckparkings focust zich op locaties waar er niet direct goederen worden uitgewisseld. Truckparkings moeten nog nader worden gedefinieerd, waardoor het onduidelijk is hoeveel truckparkings er zijn. Belangrijke vragen zijn hoe truckparkings gebruikt gaan worden en hoelang voertuigen hier stil staan. Daarnaast is de ingroei van parkeren met laden ten opzichte van parkeren zonder laden relevant. De combinatie van overdag snelladen en 's nachts normaal laden kan op meerdere vlakken een voordeel bieden. Ook is gedeeld gebruik hier volledig publiek, waardoor robuuste software nodig is. De definitie van een truckparking is dat er ten minste een aantal additionele diensten is en dat er ook een vergoeding gevraagd kan worden voor (nachtelijk) verblijf.

Vraag	Thema	Voorbeelden van KPI's / Monitoringsbehoefte
Wat is een geschikte laadoplossing voor een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een truckparking in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiële keuze voor een passende laadoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing?	Techniek	• N.v.t. (hoofdvraag) • Vermogens van de laders op het station
Wat is er nodig (bijvoorbeeld op gebied van planningstools, state-of-charge fleet-management en reserveringssystemen) om laadinfrastructuur op een truckparking goed aan te laten sluiten bij de ontwikkeling van de haalbare logistieke operaties met batterij-elektrische heavy duty voertuigen in 2025 en 2030? Welke functie vervult de laadsessie in het gebruiksprofiel van het voertuig? Achtervang bij net te weinig energie om terug te komen op depot / standplaats	Logistiek	• Spreiding wachtduur • Aanwezigheid van planningstools laadstation (inclusief communicatie laadvraag en energieaanbod) • Gebruiksvriendelijkheid van planningstools laadstation (kwalitatief) • Bezettingsgraad laadpunten • Geladen hoeveelheid energie per sessie • Prijsverschil laden onderweg en laden op depot (indien beschikbaar) • Range en accucapaciteit van voertuig • Gereden kilometers en laadpatroon per voertuig per dag

of standaard onderdeel van dagelijkse operatie?		
Welke voorzieningen dragen bij aan het voorkomen dat een laadsysteem voor batterij elektrische heavy duty voertuigen op een truckparking zorgt voor / bijdraagt aan overbelasting van het elektriciteitsnetwerk in 2025 en 2030? Wat zijn de overwegingen en initiële keuze voor een passende energieoplossing? Was dit een passende oplossing in de huidige situatie en is dit op de langere termijn ook een passende oplossing?	Energie	• Aanwezigheid van stationaire opslagcapaciteit • Verhouding netcapaciteit en maximale vermogensvraag • Maximale laadsnelheid voertuig • Maximale leversnelheid lader • Functioneren van smart oplossingen voor load management (inclusief communicatietool laadvraag en energieaanbod)
Wat is de praktische toegankelijkheid van een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een truckparking? Wat zijn de overwegingen en initiële keuze voor de ruimtelijke inrichting van het laadstation? Was dit een passende inrichting in de huidige situatie en is dit op langere termijn ook een passende inrichting?	Techniek / Ruimtelijke aspecten	• Noodzaak om weg over te steken bij in- en / of uitrijden • Hoogte onder dak • Aantal graden keren • Aantal uren open per dag • Geschiktheid voor minder validen? • Aantal vierkante meters
Wat zijn de kansen en beperkingen m.b.t. integratie in het energienet van grootschalige publiek toegankelijke laadstations voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen op een truckparking?	Energie	• Benodigde investeringskosten aan elektriciteitsnetwerk • Benodigde investeringen aan stationaire opslagcapaciteit • Benodigde investeringen aan energimanagementsoftware • Aandeel geladen lokaal opgewekte duurzame elektriciteit
Wat zijn geschikte truckparkings voor een publiek toegankelijk laadstation voor batterij-elektrische heavy duty voertuigen?	Businesscase	• Afwijking van route per laadsessie (tijd en km) • Kosten voor realiseren van aansluiten op middenspanningsnet (proxy voor lengte en obstakels)
Wat is de businesscase van een publiek toegankelijk laadstation voor batterij elektrische heavy duty voertuigen op een	Businesscase	• Bezettingsgraad • Kosten m.b.t. realiseren laadplein • Operationele / periodieke kosten (incl. belastingen)

truckparking in 2025 en richting 2030?		• Prijs per kWh • Concessieduur (optioneel bij publieke grond) • Aantal voertuigpassages op wegen binnen X km • Laadprijzen voor leden en niet-leden
Gebruiksvriendelijkheid van laadstation Wat zijn aanvullende faciliteiten die het gebruik van een laadstation op een truckparking aantrekkelijk maken?	Businesscase	• Aangeboden diensten bij laadstation • Transparantie prijzen • Veiligheid chauffeur en lading

Bijlage B

Statische data

Zoals toegelicht in paragraaf 2.1.1 hebben de laadpleinexploitanten informatie aangeleverd over verschillende statische kenmerken van de laadpleinen. De parameters die zijn aangeleverd zijn hieronder weergegeven voor elk van de vijf behandelde thema's: techniek, ruimtelijke inrichting, energie, logistiek en businesscase.

Techniek

- Laderspecificaties zoals merk/type, maximaal piek en continuvermogen, harmonische vervorming, laad- en communicatieprotocol, user interface, RFID systeem, type koelsysteem, kabellengte, stekkertype, netwerkverbindingsmogelijkheden, IT-beveiliging;
 - Oplaadkabelspecificaties in beeld;
 - Voertuigdetectiesysteemspecificaties;
- Specificaties van de energiemanagementsoftware zoals producent, communicatieprotocollen, beschikbare signalen, beschikbaarheid van slimme laadopties;
 - Toegepaste protocollen;
 - Communicatieprotocol tussen lader en voertuig, bijv. Open Charge Point Protocol (OCPP);
 - Communicatieprotocol t.b.v. automatische roaming tussen verschillende EV-laadnetwerken, bijv. Open Charge Point Interface (OCPI);
 - Toegepaste industrienormen (ISO-normen);
 - Beschikbare cybeveiligheidscertificaten;
 - Reserveringsstelselspecificaties zoals producent, beschikbare functies, methode voor dataverzameling, te reserveren diensten;
- Beschikbare handavingsmechanismen;
- Specificaties van eventuele voertuigen in eigen wagenpark;
- Beschikbare faciliteiten anders dan voor het opladen van voertuigbatterijen.

Ruimtelijke inrichting

- Klimaatbestendigheid;
- Omgevingskenmerken;
- Bebordingspecificaties;
- Geografische kaarten met bovenaanzicht van het laadplein met inzicht in aanrijdroutes en parkeerlocaties;
- De bijbehorende wachtplaatslocaties op of vlak buiten het laadplein.

Energie

- Specificaties van de netaansluiting zoals beschikbare/ gecontracteerde energie en vermogen, inkoopprijs van elektriciteit;
- Kenmerken van het energieopslagsysteem zoals producent, kosten, opslagcapaciteit, piekvermogen, aanwezigheid van brandonderdrukkingssystemen en specificaties van verwarmings- en koelsysteem;
- Kenmerken van systemen voor eigen lokale duurzame elektriciteitsopwekking, zoals producent, piekvermogen per PV-paneel of windmolen, aantal panelen of windmolens en totaal piekvermogen.

Logistiek

- Beschikbaarheid van reserveringsystemen.

Businesscase

- Inzicht in CAPEX: apparatuur/infrastructuur, installatie, civiele werken, ontwerp, vergunningen, projectmanagement, energieaansluiting, vereiste investeringen in software, onvoorziene uitgaven.

Bijlage C

Beschrijving energiemarkten

De actuele prijs van elektriciteit is onder andere afhankelijk van de vraag, de weersomstandigheden (en daarmee het aanbod van duurzame energie), de kosten van brandstof en de CO₂-prijs. Als gevolg varieert de elektriciteitsprijs van uur tot uur.

Er zijn verschillende markten waarop elektriciteit kan worden verhandeld met verschillende tijdhorizonnen. Zo is er een langetermijnmarkt waarop elektriciteit wordt verhandeld tussen vier jaar en één maand voor levering.

Daarnaast kan er op de day-aheadmarkt in een pan-Europese veiling word gehandeld in elektriciteit voor de vierentwintig uur van de volgende dag. Elke dag wordt op het middaguur de elektriciteitsprijs bepaald voor elk uur voor elk van de deelnemende landen. Deze vastgestelde prijs wordt vervolgens betaald of ontvangen door alle marktdeelnemers die succesvol waren op de veiling. Omdat de day-ahead-markt kort voor de levering wordt georganiseerd en één clearingprijs heeft, weerspiegelt deze het best de waarde van elektriciteit tijdens verschillende uren. De clearingprijs van de day-ahead-markt wordt daarom vaak "de elektriciteitsprijs" genoemd.

Tot slot is er de intradaymarkt waarop continu elektriciteit minimaal vijf minuten vooruit kan worden verhandeld voor periodes langer dan een kwartier en korter dan een dag.

Bijlage D

Achtergrondinformatie theoretische businesscaseberekening

Bij aanvang van het project heeft TNO een indicatieve berekening gedaan ten aanzien van de bezettingsgraad die nodig is voor een positieve businesscase. Dit is waardevol om te kunnen bepalen hoe de gebruiksgraad die deelnemers van het Living Lab verwachten voor hun laadplein zich verhoudt tot de benodigde gebruiksgraad op langere termijn. Dit geeft inzicht in de mate waarin de bevindingen in het Living Lab representatief zijn voor de situatie op lagere termijn. Deze berekeningen zijn hieronder geüpdatet naar 2025. Deze berekening is niet gebaseerd op één of meer van de betrokken laadpleinen in het project. Voor inputwaarden is wel gebruik gemaakt van informatie van de laadpleinexploitanten. De uitkomsten die hier worden gepresenteerd zijn bedoeld om inzicht te krijgen in ordegrootten en hebben daarom een indicatief karakter.

Aanpak

1. Bepalen belangrijkste aannames;
2. Definitie van één private laadlocatie(t.b.v. van inzicht in de kosten van depotladen) en zes verschillende configuraties voor publieke HD laadpleinen en per configuratie bepalen van:
 - a. de energieafzet bij verschillende bezettingsgraden;
 - b. de totale kosten bij verschillende bezettingsgraden;
 - c. de benodigde laadprijs voor het realiseren van een positieve businesscase bij verschillende bezettingsgraden;
3. Bepalen van de benodigde bezettingsgraad om elektriciteit te kunnen aanbieden tegen een prijs die leidt tot dezelfde TCO voor een elektrische truck als van een dieselvrachtwagen;
4. Bepalen van de benodigde bezettingsgraad om elektriciteit te kunnen aanbieden tegen een prijs die leidt tot dezelfde TCO als die van een elektrische vrachtwagen met een grotere batterij die enkel laadt op het depot.

Er is aangenomen dat de laders bij het private laadplein een vermogen hebben van 50kW. Bij publieke laadpleinen zijn laadpaalvermogens aangenomen van 350 kW of 600 kW. Deze aanname is gedaan omdat de kosten van deze laders beschikbaar zijn in het “TCO model” van de Topsector Logistiek²⁰. Dit betekent dat een laadplein met meer vermogen bestaat uit meerdere laadpunten van 350 kW of 600 kW.

²⁰ <https://topsectorlogistiek.nl/tco-vracht/>

D.1 Aannames en uitgangspunten

De belangrijkste aannames zijn weergegeven in de tabel hieronder. Al deze kosten zijn exclusief BTW. De kosten zijn bepaald op basis van statische data verstrekt door de betrokken laadpleinexploitanten en data uit de “TCO-tool Vracht 2024” zoals beschikbaar gesteld door de Topsector Logistiek. In dit voorbeeld is aangenomen dat de kosten voor het gereed maken van de locatie en de installatie van de palen schalen met het aantal laadpalen. Verder zijn de kosten voor de netwerkaansluiting gebaseerd op de tarieven van Stedin van 2025 (Stedin, 2025). De aansluitcapaciteit is gelijk aan de capaciteit van de laadpalen. De gelijktijdigheidsfactor is daarmee gelijk aan 1 ofwel 100%.

Tabel D.1: belangrijkste aannames

Terugverdientijd / afschrijvingstermijn [jaren]	10
Elektriciteitsprijs incl. energiebelasting [€/kWh]	€ 0,215
Rentevoet	5%
Kosten laadpaal [€]	
- 50 kW (privaat)	22.000
- 350 kW (publiek)	80.000
- 600 kW (publiek)	135.000
Backoffice	
- per paal per maand	15
- abo per maand	8
Software [€]	30.000
Huurprijs grond [€/m ² /jaar]	7,7
Installatiekosten per paar [€/laadpaal]	40.000
Locatie gereed maken [€/laadpaal]	15.000

Aansluitcapaciteit	Aansluitvergoeding in € excl. BTW per aansluiting ¹	Tarief meermalen in € excl. BTW per meter ²
> 3 x 80A t/m 3 x 125A	7.100,05	110,00
> 3 x 125A t/m 175 kVA	8.750,00	115,00
> 175 kVA t/m 630 kVA MS met LS-meting	34.002,10	205,00
> 630 kVA t/m 1.000 kVA MS met LS-meting	36.000,00	210,00
> 1.000 kVA t/m 1.750 kVA MS met MS-meting	58.000,00	403,50
> 1.750 kVA t/m 5.000 kVA	330.000,00	519,95
> 5.000 kVA t/m 10.000 kVA	445.000,00	585,10
> 10.000 kVA	aansluittarief o.b.v. voorcalculatorische projectkosten	

¹ Exclusief de kosten voor een vereiste meetinrichting

² Als er een verbinding tussen knip en beveliging van meer dan 25 meter nodig is

Figuur D.1: Eenmalige aansluitvergoeding (Stedin, 2025)

Aansluitcapaciteit	Aansluitcategorie ³	In € excl. BTW per jaar	In € excl. BTW per maand
	LS ⁵	74,4400	6,2033
> 3 x 80A t/m 175 kVA	Trafo MS/LS	164,3000	13,6917
> 175 kVA t/m 1.750 kVA	MS-distributie	1.455,5000	121,2917
> 1.750 kVA t/m 5.000 kVA	Trafo HS+TS/MS	3.642,0000	303,5000 ⁴
> 5.000 kVA t/m 10.000 kVA	Trafo HS+TS/MS	16.950,0000	1.412,5000 ⁴
> 10.000 kVA	TS	Maatwerk	Maatwerk

³ Geldt voor aansluitingen aangelegd na 1 januari 2007. Aansluitingen die daarvoor zijn aangelegd, zijn ingedeeld op basis van aangesloten netvlak. De aansluitcategorieën zijn weergegeven in volgorde van oplopend netvlak. Voor aansluitingen, gerealiseerd voor 1-1-2022 in de provincie Zeeland, geldt de indeling van de tariefcategorie voor de periodieke aansluitvergoeding zoals die destijds bij de toenmalige netbeheerder Enduris gold

⁴ Daarnaast geldt voor aansluitingen 3MVA t/m 10MVA een periodieke aansluitvergoeding voor meerlengte groter dan 25 meter van € 13,000 per meter per jaar

⁵ Geldt alleen voor aansluitingen aangelegd vóór 1 januari 2007: grootverbruik aansluitingen die op LS-net zijn aangesloten

Figuur D.2: Periodieke aansluitvergoeding (Stedin, 2025)

Transportcategorie	Grens gecontracteerd transport- vermogen ⁶	Transportdiensten					
		Vastrecht	Variabele tarieven ¹¹				
			Transport in € per maand	kW contract in € per maand per kW	kW max in € per maand per kW ⁷	Dubbel tarief normaal in € per kWh ⁹	Dubbel tarief laag in € per kWh ¹⁰
LS	t/m 50 kW	1,50	1,5500	-	0,0750	0,0460	0,0170
Trafo MS/LS	51 t/m 150 kW	36,75	3,9350	3,1000	0,0198	0,0198	0,0170
MS	151 t/m 1.500 kW	36,75	2,0250	3,1000	0,0198	0,0198	0,0170
Trafo HS+TS/MS reserve	> 1.500 kW	230,00	1,8958	1,8346 ⁸	-	-	0,0170
Trafo HS+TS/MS	> 1.500 kW	230,00	3,7917	5,3000	-	-	0,0170
TS reserve	> 1.500 kW	230,00	1,5642	1,4365 ⁸	-	-	0,0170
TS	> 1.500 kW	230,00	3,1283	4,1500	-	-	0,0170

⁶ Geldt voor aansluitingen aangelegd na 1 januari 2007. Daarnaast geldt dat de transportcategorie (netvlakniveau) niet hoger kan zijn dan de aansluitcategorie (zie tabel 2)

⁷ De hoogste, in elke verbruiksmaand afzonderlijk opgetreden, belasting uitgedrukt in kilowatt (kW), en bepaald als gemiddelde belasting van een periode van 15 minuten tenzij anders met Stedin is overeengekomen

⁸ Wordt per week berekend

⁹ Geldt van maandag t/m vrijdag van 7.00 uur tot 23.00 uur

¹⁰ Geldt voor alle overige uren en op feestdagen, te weten: Nieuwjaarsdag, 2^e Paasdag, Koningsdag, Hemelvaartsdag, 2^e Pinksterdag, 1^e en 2^e Kerstdag

Figuur D.3: Transportvergoeding (Stedin, 2025)

D.2 Benodigde laadprijs voor het realiseren van een positieve businesscase

Energieafzet bij verschillende bezettingsgraden

De elektriciteitsafzet voor laadpleinen van verschillende grootte voor verschillende benuttingsgraden (op basis van aandeel geleverde energie in de totale capaciteit) is weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel D.2: Energieafzet bij verschillende bezettingsgraden

Afgezette aantal MWh/jaar		Opgesteld vermogen [kW]						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Vermogen per paal [kW]		50	350	350	600	600	600	600
# palen		10	1	2	2	4	8	15
Bezettings- graad	1%	44	31	61	105	210	420	788
	5%	219	153	307	526	1051	2102	3942
	10%	438	307	613	1051	2102	4205	7884
	20%	876	613	1226	2102	4205	8410	15768
	40%	1752	1226	2453	4205	8410	16819	31536

Totale kosten bij verschillende bezettingsgraden

Dit alles leidt tot een overzicht van de kosten per jaar (excl. BTW) van laadpleinen van verschillende groottes. Deze zijn weergegeven in de tabel hieronder. Eventuele (huur) kosten van faciliteiten zoals binnenruimte zijn hierin niet meegenomen.

Tabel D.3: CAPEX en OPEX die onafhankelijk zijn van de energieafzet: kosten per jaar

		Privaat	Publiek					
Totaal opgesteld vermogen		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Vermogen per laadpaal [kW]		50	350	350	600	600	600	600
# palen		10	1	2	2	4	8	15
CAPEX	Inkoopprijs palen	220000	80000	160000	270000	540000	1080000	2025000
	Installatie laadpalen	400000	40000	80000	80000	160000	320000	600000
	Locatie gereed maken	150000	15000	30000	30000	60000	120000	225000
	Aanschaf software	30000	30000	30000	30000	30000	30000	30000
	Eenmalige aansluitvergoeding*	39127	39127	41250	68088	342999	342999	459628
OPEX	Periodieke aansluitvergoeding*	1456	1456	1456	1456	3642	3642	16950
	Transportvergoeding*	23599	7804	15583	26696	152686	305326	572446
	Grondkosten (huur)	0	15400	15400	15400	30800	46200	92400
	Verzekering	8000	1500	3000	4000	8000	12000	30000
	Back-officekosten	1000	280	460	460	820	1540	2800
	Onderhoud / reparatie /service	8000	1500	3000	4000	8000	16000	30000

* obv tarieven Stedin 2025

Een deel van de transportvergoeding die de netbeheerder in rekening brengt is afhankelijk van de hoeveelheid gebruikte energie. Deze kosten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel D.4: Netaansluitingskosten die wél afhankelijk zijn van de energieafzet voor verschillende bezettingsgraden per jaar

		Opgesteld vermogen						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Netaansluitingskosten per kWh	bez.=1%	€ 1.798	€ 1.259	€ 2.517	€ 4.315	€ 4.468	€ 8.935	€ 16.754
	bez.=5%	€ 8.990	€ 6.293	€ 12.586	€ 21.576	€ 22.338	€ 44.676	€ 83.768
	bez.=10%	€ 17.980	€ 12.586	€ 25.172	€ 43.152	€ 44.676	€ 89.352	€ 167.535
	bez.=20%	€ 35.960	€ 25.172	€ 50.344	€ 86.304	€ 89.352	€ 178.704	€ 335.070
	bez.=40%	€ 71.920	€ 50.344	€ 100.687	€ 172.607	€ 178.704	€ 357.408	€ 670.140

De energiekosten (hoeveelheid afgezette energie x inkoopprijs van energie) is weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel D.5: Energiekosten voor verschillende bezettingsgraden per jaar

		Opgesteld vermogen						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Energiekosten	bez.=1%	€ 9.433	€ 6.603	€ 13.206	€ 22.640	€ 45.279	€ 90.559	€ 169.798
	bez.=5%	€ 47.166	€ 33.016	€ 66.032	€ 113.198	€ 226.397	€ 452.794	€ 848.989
	bez.=10%	€ 94.332	€ 66.032	€ 132.065	€ 226.397	€ 452.794	€ 905.588	€ 1.697.977
	bez.=20%	€ 188.664	€ 132.065	€ 264.130	€ 452.794	€ 905.588	€ 1.811.176	€ 3.395.954
	bez.=40%	€ 377.328	€ 264.130	€ 528.260	€ 905.588	€ 1.811.176	€ 3.622.351	€ 6.791.908

De optelsom van alle kosten uit tabel Tabel D.3, Tabel D.4 en Tabel D.5 over een periode van 10 jaar zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel D.6: Netto contante waarde van de totale kosten over een periode van 10 jaar

		Opgesteld vermogen						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Totale kosten (nettocontant)	bez.=1%	€ 125.058	€ 48.057	€ 76.303	€ 108.784	€ 309.196	€ 563.187	€ 1.052.970
	bez.=5%	€ 159.748	€ 72.340	€ 124.868	€ 192.040	€ 462.849	€ 870.494	€ 1.629.169
	bez.=10%	€ 203.110	€ 102.694	€ 185.575	€ 296.109	€ 654.916	€ 1.254.627	€ 2.349.419
	bez.=20%	€ 289.834	€ 163.401	€ 306.989	€ 504.247	€ 1.039.049	€ 2.022.893	€ 3.789.918
	bez.=40%	€ 463.283	€ 284.815	€ 549.817	€ 920.524	€ 1.807.315	€ 3.559.425	€ 6.670.916

Private laadpleinen kunnen gebruik maken van de SPRILA-subsidie en publieke laadpleinexploitanten van de SPULA. Deze zijn verrekend in de tabel hieronder.

Tabel D.7: Netto contante waarde van de totale kosten over een periode van 10 jaar na verrekening van SPRILA- en SPULA-subsidies

		Opgesteld vermogen						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Totale kosten (SPRILA en SPULA)	Subsidie	128420	49000	98000	98000	196000	392000	490000
	bez.=1%	€ 112.216	€ 43.157	€ 66.503	€ 98.984	€ 289.596	€ 523.987	€ 1.003.970
	bez.=5%	€ 146.906	€ 67.440	€ 115.068	€ 182.240	€ 443.249	€ 831.294	€ 1.580.169
	bez.=10%	€ 190.268	€ 97.794	€ 175.775	€ 286.309	€ 635.316	€ 1.215.427	€ 2.300.419
	bez.=20%	€ 276.992	€ 158.501	€ 297.189	€ 494.447	€ 1.019.449	€ 1.983.693	€ 3.740.918
	bez.=40%	€ 450.441	€ 279.915	€ 540.017	€ 910.724	€ 1.787.715	€ 3.520.225	€ 6.621.916

Benodigde laadprijs voor het realiseren van een positieve businesscase bij verschillende bezettingsgraden

Op basis van deze kosten kan voor elke bezettingsgraad worden bepaald wat de benodigde laadprijs is om kostendekkend te kunnen opereren.

Dit kan worden berekend door de totale kosten te delen door de elektriciteitsafzet. De resultaten zijn weergegeven in de tabel hieronder.

Tabel D.8: Minimaal benodigde laadprijs voor positieve business case

Minimaal benodigde laadprijs voor positieve business case		Opgesteld vermogen						
		500	350	700	1200	2400	4800	9000
Situatie excl. subsidies	bez.=1%	€ 2,86	€ 548,60	€ 871,03	€ 1.241,83	€ 3.529,64	€ 6.429,08	€ 12.020,20
	bez.=5%	€ 0,73	€ 0,50	€ 0,43	€ 0,38	€ 0,46	€ 0,43	€ 0,43
	bez.=10%	€ 0,46	€ 0,35	€ 0,32	€ 0,30	€ 0,33	€ 0,31	€ 0,31
	bez.=20%	€ 0,33	€ 0,28	€ 0,26	€ 0,25	€ 0,26	€ 0,25	€ 0,25
	bez.=40%	€ 0,26	€ 0,24	€ 0,24	€ 0,23	€ 0,23	€ 0,22	€ 0,22
Situatie incl. subsidies	bez.=1%	€ 2,56	€ 1,41	€ 1,08	€ 0,94	€ 1,38	€ 1,25	€ 1,27
	bez.=5%	€ 0,67	€ 0,44	€ 0,38	€ 0,35	€ 0,42	€ 0,40	€ 0,40
	bez.=10%	€ 0,43	€ 0,32	€ 0,29	€ 0,27	€ 0,30	€ 0,29	€ 0,29
	bez.=20%	€ 0,32	€ 0,26	€ 0,24	€ 0,24	€ 0,24	€ 0,24	€ 0,24
	bez.=40%	€ 0,26	€ 0,23	€ 0,22	€ 0,22	€ 0,21	€ 0,21	€ 0,21

D.3 Vergelijking met dieselvoertuigen

Hier wordt de maximale prijs berekend waartegen elektriciteit verkocht mag worden wil de TCO van elektrische trucks concurrerend blijven met die van dieseltrucks. Die vergelijking is gemaakt voor verschillende typen voertuigen met hun typische specificaties (o.a. batterij-grootte / actieradius) en inzet.

Dit is feitelijk de gemiddelde prijs waarmee de TCO competitief blijft. Als trucks deels op depot en deels bij (semi)publieke laadpleinen laden, mag de prijs bij die laadpleinen dus wat hoger zijn, als de prijs bij depotladen lager is dan de uitkomst van deze berekening

De belangrijkste aannames zijn als volgt:

- De dieselprijs (excl. BTW) is momenteel 1,32 €/l en is verondersteld gelijk te blijven voor toekomstige jaren;
- Batterijen voor HD-voertuigen kosten nu ongeveer 230 €/kWh en deze prijs zal afnemen tot 70 €/kWh richting 2040 / 2050;
- Het energiegebruik van nieuwe dieseltrucks zal in toekomstige jaren iets meer afnemen dan dat van batterij-elektrische;
- CO₂-kosten a.g.v. ETS2 zijn niet meegenomen;
- Aparte berekeningen excl. en incl. AANZET-subsidie en vrachtwagenheffing (VWH) voor het jaar 2025 en 2030.

In de tabel hieronder is weergegeven welke laadprijs maximaal kan worden gevraagd aan laadpleingebruikers om dezelfde TCO te bereiken als die van dieselvrachtwagens. Daarnaast is ook de minimale bezetting weergegeven die nodig is om de berekende laadprijs te kunnen realiseren. Als er rekening wordt gehouden met subsidies, kan dezelfde laadprijs worden bereikt bij een iets lagere bezettingsgraad.

Tabel D.9: Benodigde laadprijs en bezettingsgraad voor gelijke TCO van elektrische en dieselvoertuigen.

			Kleine trucks (stadsdistributie)	Trekker-oplegger (regionale distributie)	Trekker-oplegger (long-haul)
		Type truck	Range: 150-200 km	Range: 300-400 km	Range: 500-800 km
		Afstand per werkdag [km]	100 - 200	200 - 300	300 - 600
Indicatie van de benodigde minimale laadprijs en bezetting	2025 (excl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,26 – 0,42	0,00 – 0,18	0,00 – 0,12
		Minimale bezettingsgraad (ex laadpleinsubsidies)	5% - 20%	>40%	>40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	5% - 20%	>40%	>40%
	2025 (incl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,83	0,35 – 0,45	0,10 – 0,34
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~5%	5% - 10%	20% - >40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~2% - 3%	5% - 10%	20% - >40%
	2030 (excl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,57	0,27 - 0,32	0,20 - 0,27
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~1%	5% - 10%	20% - 40%
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~2%	5% - 10%	20% - 40%
	2030 (incl. AANZET en VWH)	Benodigde laadprijs [€/kWh]	0,95	0,54	0,42
		Minimale bezettingsgraad (excl. laadpleinsubsidies)	~5%	~5%	~5% - 8\$
		Minimale bezettingsgraad (incl. laadpleinsubsidies)	~1% - 3%	~4% - 5%	~4% - 6%

D.4 Vergelijking met laden op eigen depot

In deze bijlage wordt toegelicht bij welke maximale laadprijs de TCO van elektrische trucks die extra laden bij een publiek laadplein gelijk is aan de TCO in het geval er enkel wordt geladen op het eigen depot, inclusief de (mogelijk) grotere batterij die het voertuig nodig heeft om voldoende actieradius te hebben om niet publiek te hoeven laden. Vervolgens is ook bepaald welke bezettingsgraad nodig is om die laadprijs te halen bij een positieve business case.

Aannames:

- De bezettingsgraad op het depot zal ongeveer 30% zijn: 8 uur laden in de nacht;
- Batterijen kosten nu ongeveer 230 €/kWh. Dit zal afnemen tot 70 €/kWh rond 2040/50;
- Batterijen gaan ongeveer 3000 cycli mee. Dit zal toenemen tot 5000 rond 2040/50.

Een kWh 'extra' energie kunnen laden op depot kost de prijs van het laden op het eigen depot plus de afschrijving van de extra batterijcapaciteit. Bij 30% bezetting is de prijs van laden op het eigen depot bepaald op € 0,30 per kWh. Inclusief de SPRILA-subsidie is dat enkele centen lager. De batterij wordt afgeschreven over het aantal cycli. Dit leidt tot € 0,07 per kWh in 2030 en € 0,01 per kWh in 2040/2050. Dit betekent dat de laadprijs op publieke laadpleinen niet hoger mag zijn dan € 0,37 per kWh in 2030 en € 0,30 per kWh in 2040/2050. De bezettingsgraad die nodig is om deze laadprijs is te halen uit Tabel D.8 en weergegeven in de tabellen hieronder. In 2030 zou een bezetting van 4% tot 8% nodig zijn afhankelijk van de laadpleinconfiguratie omdat er subsidies beschikbaar zijn. Aannemende dat de SPRILA niet beschikbaar is in 2040/2050, zou de bezettingsgraad minimaal 6% tot 16% moeten bedragen.

Tabel D.10: Maximale laadprijs die in 2030 gevraagd kan worden bij (semi)publieke laadpleinen om te kunnen concurreren met laden op het eigen depot.

		Opgesteld vermogen				
		350	700	1200	2400	9000
Excl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
	Benodigde bezettingsgraad excl. subsidies	9%	7%	5%	8%	7%
Incl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36
	Benodigde bezettingsgraad incl. subsidies	8%	6%	4%	7%	7%

Tabel D.11: Maximale laadprijs die in 2040 / 2050 gevraagd kan worden bij (semi)publieke laadpleinen om te kunnen concurreren met laden op het eigen depot.

		Opgesteld vermogen				
		350	700	1200	2400	9000
Excl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,30
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31
	Benodigde bezettingsgraad excl. subsidies	16%	11%	6%	12%	10%
Incl. subsidies	Kosten laden op eigen depot	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29	€ 0,29
	Kosten voor rijden met grotere batterij (afschrijving batterij + energiekosten) [€/kWh]	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	Benodigde bezettingsgraad incl. subsidies	13%	7%	2%	10%	10%

Bijlage E

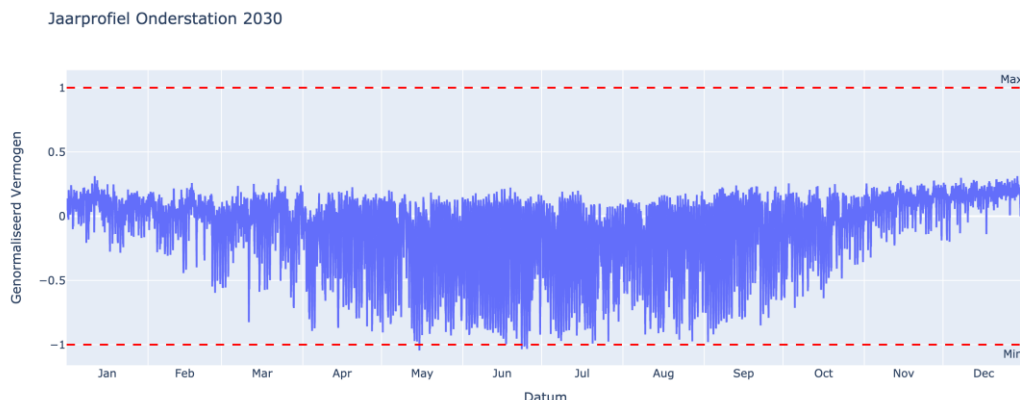
Analyse van belastingprofielen

Deze bijlage gaat dieper in op de analyse van de belasting van het elektriciteitsnetwerk, zoals beschreven in paragraaf 2.1.6.1. In paragraaf 4.5.6 zijn de algemene bevindingen van Experiment 1 opgenomen. Hier is per laadplein het vermogensprofiel van het laadplein en het belastingsprofiel van het bovenliggende onderstation in kaart gebracht en bekeken hoe beide profielen zich tot elkaar verhouden: In welke mate is er gelijktijdigheid in piekvraag of -aanbod of zijn de profielen complementair?

De onderstaande figuren tonen twee willekeurig gekozen jaarprofielen van de vijf geanalyseerde onderstations voor het jaar 2030. In deze jaarprofielen is te zien dat er verschil zit in de belasting per onderstation. Bij het ene onderstation is duidelijk dat er congestie optreedt bij afname (grote vraag aan stroom, blauwe lijn ligt aan de bovenzijde van de grafiek), bij het andere station treedt de congestie eerder op bij invoeding (overschot aan stroom, blauwe lijn aan onderzijde van de grafiek). Ook is er verschil te zien in hoe dicht de belasting in de buurt van de limieten zit. Het voorbeeld in Figuur E.1 illustreert dat de prognose voor 2030 is dat het station voor afname tegen de limiet aanloopt. In Figuur E.2 zien we echter dat voor het station in 2030 wordt verwacht dat er qua invoeding congestie zal optreden. Hier zijn nieuwe grootverbruikaansluitingen niet in meegenomen. Wel kleinverbruikaansluitingen en groei binnen de bestaande aansluitingen.



Figuur E.1: Voorbeeld van een jaarprofiel voor een onderstation met veel afname, genormaliseerd voor de capaciteit van het onderstation (voorspelling voor 2030 op basis van in 2024 gemeten data).



Figuur E.2: Voorbeeld van een jaarprofiel voor onderstation met veel invoeding, genormaliseerd voor de capaciteit van het onderstation (voorspelling voor 2030 op basis van in 2024 gemeten data).

Ook zijn er echter stations die nog niet tegen hun limieten aanlopen. Bij de vijf geanalyseerde stations lopen er twee stations tegen de afnamelimiet aan en één station tegen de opweklimiet. Deze profielen zijn verderop in de bijlage weergegeven.

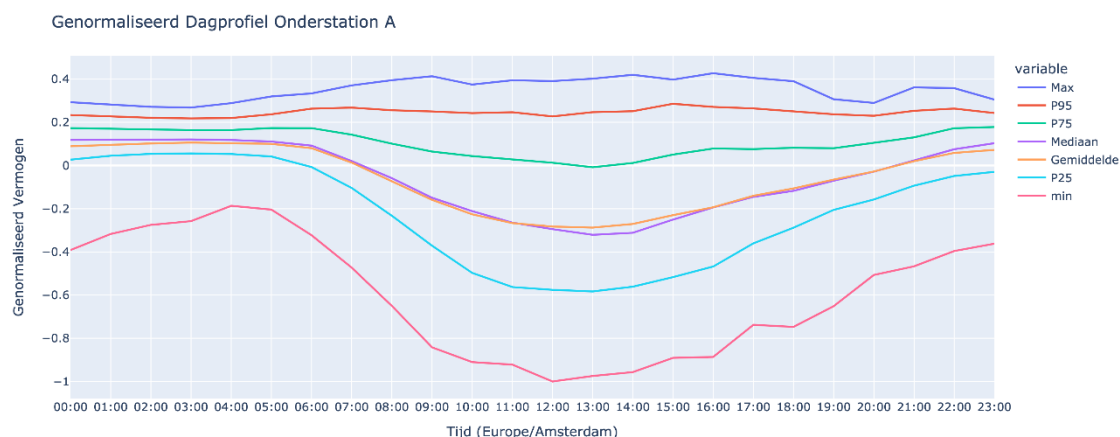
Om precies te weten hoe de laadprofielen van de laadpleinen zich verhouden tot de belastingprofielen op de onderstations moet er naar de profielen op dagniveau gekeken worden. Deze geven inzicht in hoe de belasting op het onderstation is gedurende de dag. Naast het gemiddelde profiel geven we ook de minimale en maximale belasting weer en het 25^e, 75^e en 95^e percentiel. Dat wil zeggen aantal procent van de tijd dat de belasting onder de betreffende waarde is gebleven.

We vergelijken per onderstation het profiel met de opgedane inzichten van de energievraag op het laadplein. Dit laatste omvat zowel het gebruik van de netaansluiting als het laadgedrag op basis van laadsessies. Soms zijn er naast de laadpalen op een laadplein nog andere afnemers of opwekkers betrokken waardoor de belasting van de netaansluiting niet altijd een eerlijk beeld geeft van het laadgedrag. Dan wordt er additioneel gekeken naar de laadsessies om te bepalen wanneer en hoeveel er geladen wordt.

E.1 Onderstation en laadplein A

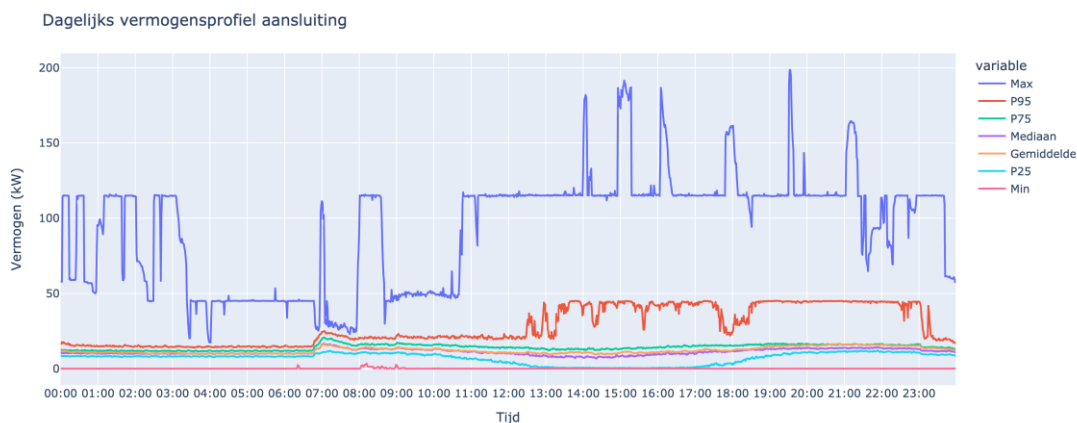
In Figuur E.3 zien we een aggregatie op dagniveau van belastingsprofiel van onderstation A voor het jaar 2024. Daar is overdag vooral veel invoeding, met weinig belasting in de avond en nacht.

In dit geval is er dus weinig reden om een tijdsblokgebonden contract af te sluiten, omdat de situatie bij dit station zich er niet voor leent. Er is nog voldoende ruimte voor afname op dit onderstation en er is gedurende de dag niet significant meer afname op het onderstation door alle aangesloten dan in de avond en of nacht. Er zou gepleit kunnen worden dat er overdag netto invoeding is en er daardoor ruimte ontstaat voor extra afname van elektriciteit, maar de invoeding van zonopwek is weersafhankelijk waardoor deze (gemiddeld beschikbare) capaciteit niet gegarandeerd is. De maximale lijn is derhalve de situatie waarop gedimensioneerd moet worden.



Figuur E.3: Genormaliseerd dagprofiel voor onderstation A (-1/1 = min./max. waargenomen belasting)

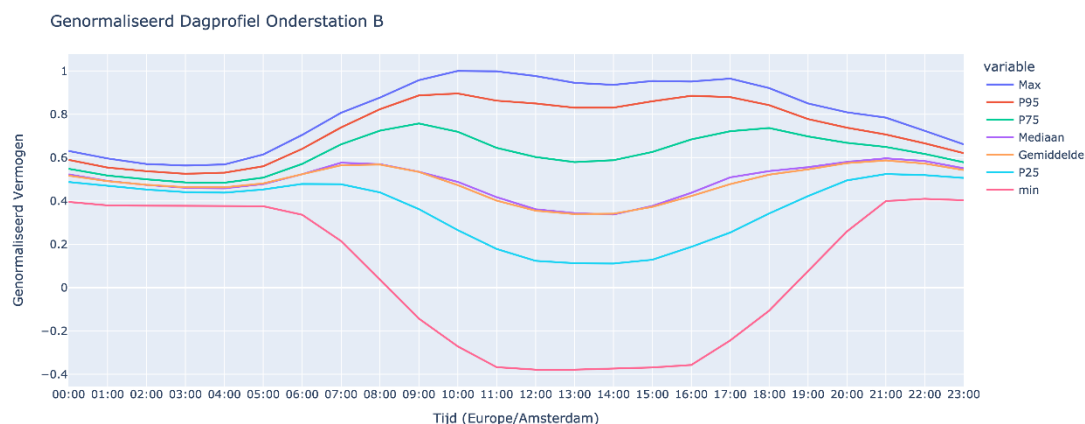
Als we daarnaast kijken naar het profiel van het laadplein (Figuur E.4) zien we dat er vooral in de middag en avond activiteit is op het laadplein. Echter, dit zijn voornamelijk korte sessies. Er blijven hier maar weinig voertuigen overnachten, waardoor er amper in de nacht geladen wordt. Wat ook opvalt is een groot verschil tussen de maximale waarde en het 95e percentiel (hoogste waarde waar het geleverde vermogen op een aangegeven tijdstip van de dag 95% van de tijd onder valt). Dit komt omdat er normaliter weinig laadsessies zijn, dus de kans dat alle palen bezet zijn klein is. De veel hogere maximum waarden komen doordat er testen zijn uitgevoerd waarbij het hele plein juist wel bezet was. Dit is echter wel een scenario dat mogelijk vaker voor zal komen als er meer geladen wordt.



Figuur E.4: Dagprofiel van de netaansluiting van het laadplein A

E.2 Onderstation en laadplein B

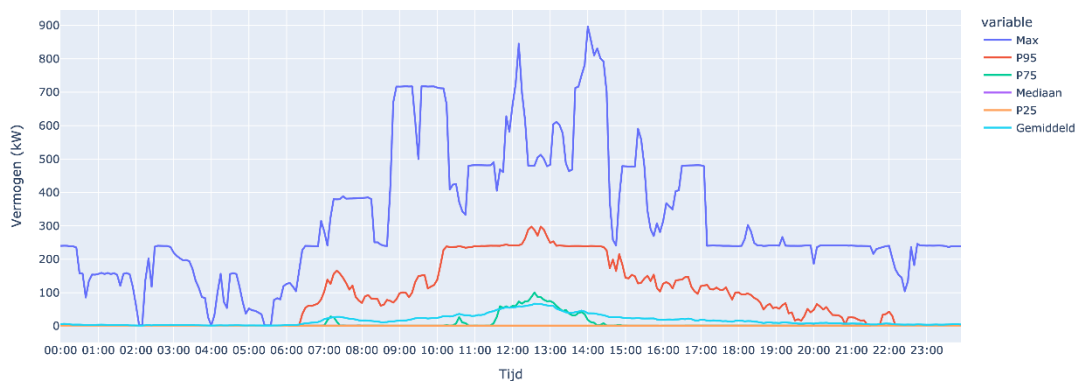
In Figuur E.5 zien we het dagprofiel van onderstation B. Daar is overdag veel afname met nog veel ruimte in de nacht en avond. In dit geval zou een tijdsblokgebonden contract voor de avond en nacht goed passen, omdat er in die perioden meer ruimte is op het onderstation. Als we naar de mediaan kijken zien we een duidelijke ochtend- en avondpiek. Zo is de avondpiek in 2024 zo'n 15% hoger dan de nachtelijke belasting.



Figuur E.5: Genormaliseerd dagprofiel voor onderstation B (-1/1 = min./max. waargenomen belasting)

Als we echter naar het profiel van het laadplein kijken in Figuur E.6, dan zien we dat er voornamelijk overdag activiteit is op het laadplein. Een tijdsblokgebonden contract voor de avonden is momenteel voor dit specifieke laadplein alleen interessant als ze de laadvraag naar de nacht weten te verplaatsen.

Wat eventueel wel mogelijk is, is dat er in de middaguren extra vermogen wordt vrijgegeven voor het laadplein. Dus een alternatief transportrecht waarbij er op afroep, in de zomer wanneer er veel invoeding is door PV, door het laadplein meer vermogen afgenomen kan worden. Op het onderstation is in de middag namelijk wel een duidelijke dip te zien in het vermogen.



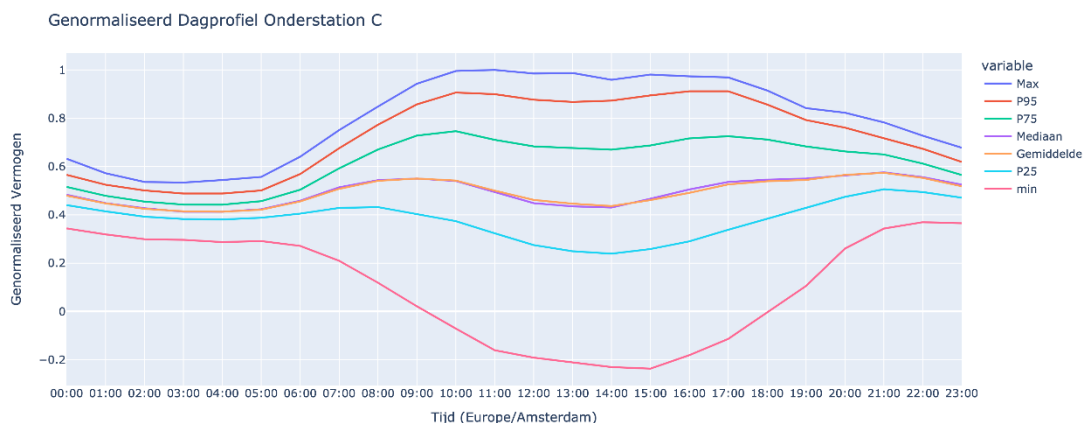
Figuur E.6: Dagprofiel van de netaansluiting van het laadplein B

Als er gekeken wordt naar de potentie van het uitstellen van de laadsessies is deze ook beperkt. De meeste sessies zijn korter dan een uur, dus is er weinig ruimte om de laadvraag te verplaatsen naar de nacht.

E.3 Onderstation en laadplein C

In onderstaande grafiek in Figuur E.7 zien we een dagprofiel van het onderstation bij laadplein C voor het jaar 2024. Hier is een vergelijkbaar profiel te zien als bij onderstation B. Wederom is er vooral overdag veel afname en weinig tot geen afname in de nacht. Daarbij is er ook invoeding te zien in de middag.

Dit station zou zich dus ook goed lenen voor tijdsblokgebonden contracten wanneer er weinig belasting is in de avond en nacht, omdat er dan ongebruikte ruimte is op het onderstation. We zien namelijk een verschil van ongeveer 50% qua belasting in de nacht en overdag.



Figuur E.7: Genormaliseerd dagprofiel voor het onderstation bij laadplein C (-1/1 = min./max. waargenomen belasting)

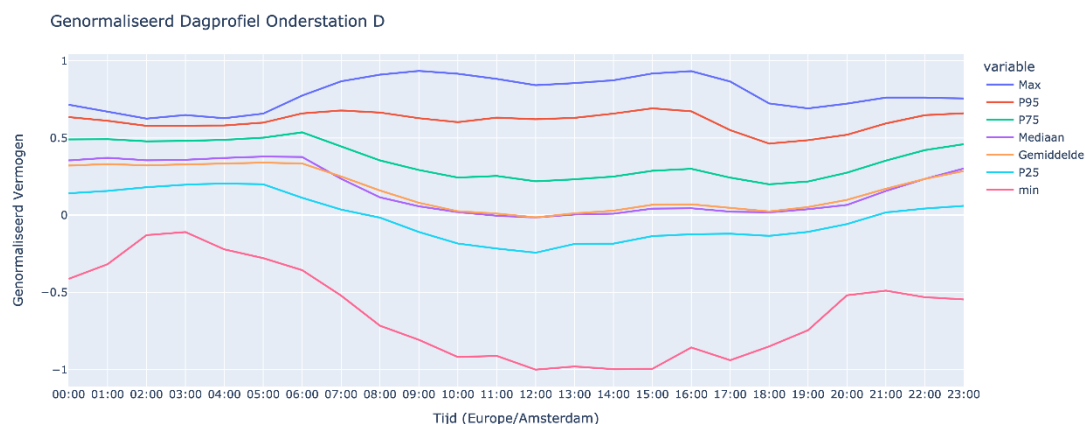
Als we kijken naar hoe er geladen wordt op het laadplein bij dit onderstation, zien we voornamelijk dat er in de middag en avond geladen wordt (Figuur E.8). Als deze voertuigen overnachten op het laadplein, zouden deze zich typisch lenen voor slim laden. Hierbij kan deze energievraag naar de nacht verschoven worden.



Figuur E.85: Dagprofiel van de netaansluiting van laadplein C

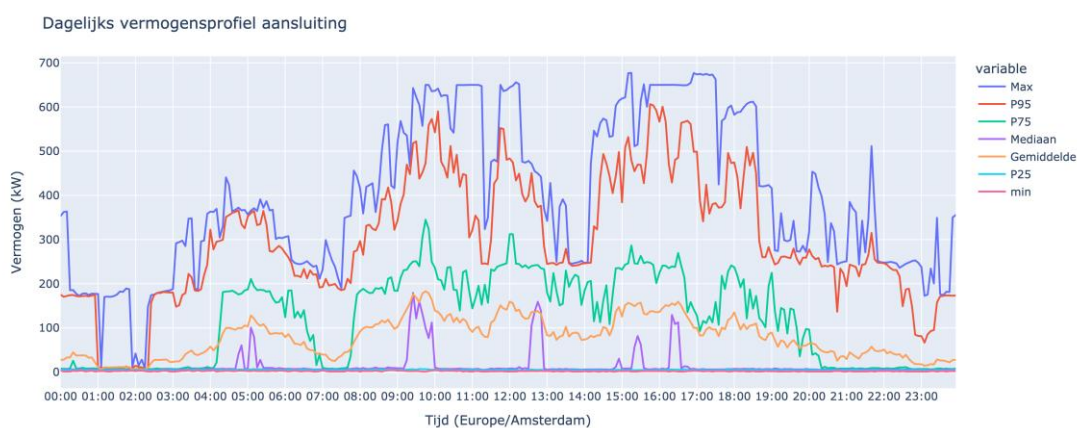
E.4 Onderstation en laadplein D

Het resultaat voor het voorlaatste station, waarvan het belastingprofiel bekeken is, is weer gegeven in Figuur E.9. Hier is te zien dat het belastingprofiel gedurende de dag redelijk gelijk is. Niet extreem veel afname gedurende de dag. Er is zelfs vooral veel invoeding waardoor er gemiddeld gezien overdag minder belasting is dan in de avond en nacht.



Figuur E.96: Genormaliseerd dagprofiel voor het onderstation bij laadplein D (-1/1 = min./max. waargenomen belasting)

Figuur E.10 geeft het laadprofiel weer van laadplein D. Hier is zichtbaar dat er vooral overdag geladen wordt op het laadplein, wat complementair is op het gemiddelde belastingsprofiel van het onderstation. Extra vermogen beschikbaar stellen overdag, omdat er dan veel invoeding is, is echter geen optie, aangezien er overdag ook momenten zijn dat het station qua levering bijna tegen de limiet aanzit (zie blauwe maximale lijn).



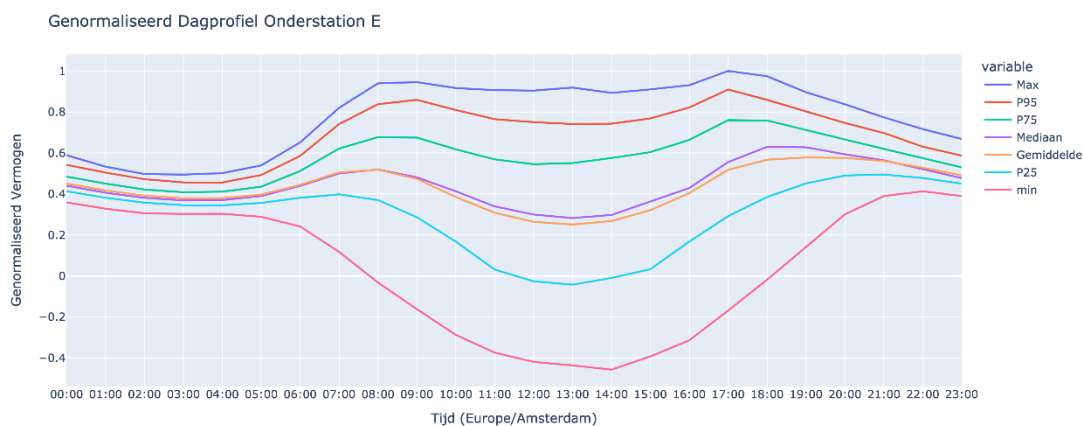
Figuur E.107: Dagprofiel van de netaansluiting van het laadplein D

Tot slot is er additioneel nog laadsessiedata geanalyseerd. Als er gekeken wordt naar de duur van de sessies zien we dat bijna alle laadsessies korter duren dan 3 uur. Dus naast dat er nu nog weinig laadsessies in de nacht plaatsvinden, is er weinig ruimte om de sessies te verplaatsen.

E.5 Onderstation en laadplein E

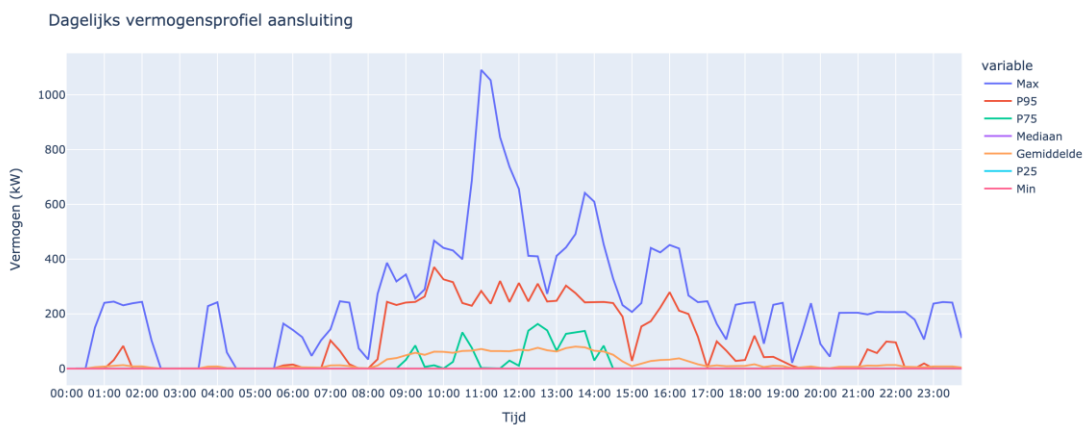
Voor het laatste onderstation, zijn de resultaten te zien in Figuur E.11. Dit profiel lijkt erg op het profiel van onderstation D. Overdag komen ze in beide gevallen regelmatig tegen hun limiet aan. In het minimale geval is er netto invoeding in het station, wel iets minder dan bij station D.

Wat wel verschilt met het onderstation bij laadplein D, is dat er een groot verschil is tussen de nacht en dag. Het gaat hier om een delta in de gemiddelde belasting die oploopt tot wel 50%. Dit houdt in dat er op dit onderstation relatief veel ruimte is in de nacht ten opzichte van de belasting overdag.



Figuur E.118: Genormaliseerd dagprofiel voor onderstation E (-1/1 = min/max waargenomen belasting)

In Figuur E.12 is het laadprofiel van laadplein E te zien. Hier is wederom voornamelijk overdag activiteit op het laadplein en weinig tot geen activiteit in de nacht. In deze specifieke situatie valt het vermogensprofiel van het laadplein dus meer samen met het belastingsprofiel op het onderstation. Hierdoor is er weinig nut voor een tijdsblokgebonden contract in de nacht aangezien er geen activiteit is in de nacht op het laadplein. De mediaan is hier 0, gelijk aan de P25 en Min lijn.



Figuur E.129: Dagprofiel van de netaansluiting van het laadplein E

Bijlage F

Procedure voor meten aan spanningskwaliteit

F.1 Beschrijving van de PQube3 Travel

De PQube3 Travel meet hoogfrequent zowel stroom als spanning, waardoor verschillende elektrische parameters kunnen worden berekend en gemonitord. Voorbeelden zijn vermogen, powerfactor en harmonische verstoringen, inclusief supra-harmonische verstoring.

Het apparaat kan stroomverstoringen meten tot 2 kHz. Dit biedt inzicht in de stroomkwaliteit van het net en of er mogelijk verstoringen op het net zijn die kunnen leiden tot problemen in elektrische systemen.

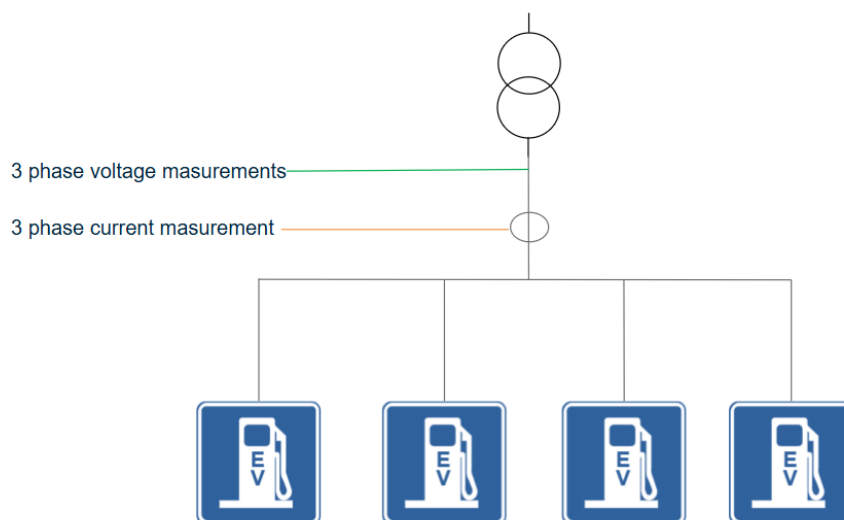
Voor spanningsmetingen kan de PQube3 verstoringen detecteren tot 150 kHz. Dit maakt de analyse van supra-harmonische verstoringen op spanningsniveaus mogelijk. Dit biedt inzicht in de spanningskwaliteit van het net.

F.2 Spanning- en stroommetingen

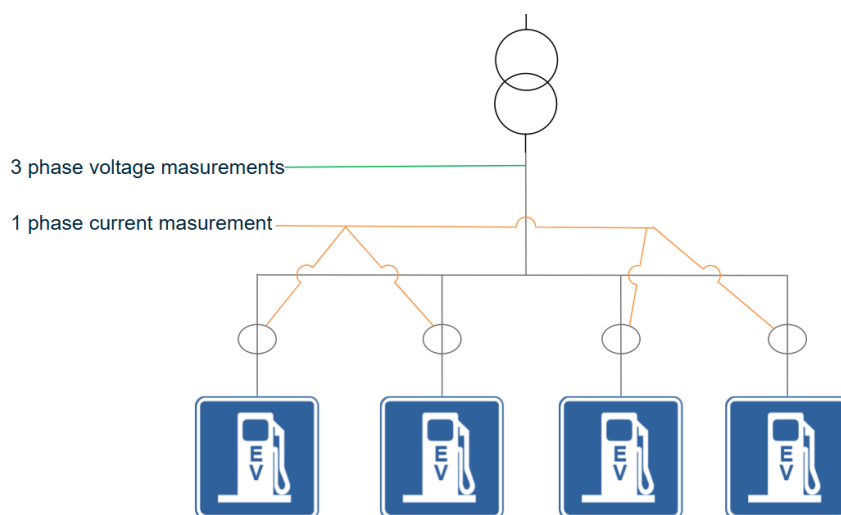
De metingen zijn uitgevoerd op vier verschillende laadpleinen met behulp van een PQube Travel, waarbij alle metingen zijn verricht aan de laagspanningszijde van het middenspanningsstation van het laadplein. Hier zijn alleen de laadpleinen aangesloten. Bij twee van de laadpleinen werd de totale stroom over de drie verschillende fasen gemeten. Deze testopstelling is weergegeven in Figuur F1.

Het elektriciteitsnet werkt met 3 fasen (L1 is fase 1, L2 is fase 2 en L3 is fase 3), dus met 3 kabels die elektriciteit verzorgen. Dit om de stroom te verdelen en efficiënter te transporteren. Bij de andere twee laadpleinen werd de stroom op fase L1 van alle aangesloten laadstations gemeten. Deze testopstelling is weergegeven in Figuur F2. Om het totale vermogen per laadstation te schatten, werden de gemeten stroom- en vermogenswaarden met drie vermenigvuldigd. Deze aanpak is voldoende omdat laadstations over het algemeen goed in balans zijn over de drie fasen.

Dit verschil in meetopstelling is ontstaan door structurele verschillen in de opbouw van de transformatorstations, waardoor het niet praktisch was om overal op dezelfde manier te meten. Daarnaast zijn bij alle laadpleinen spanningsmetingen uitgevoerd voor L1, L2, L3, Nul (N) en Aarde (PE).



Figuur F.1: De 3-fase meetopstelling



Figuur F.2: De 1-fase meetopstelling

F.3 Datacollectie

Aan het einde van elke dag verzamelt de PQube3 alle meetgegevens en slaat deze op in CSV-bestanden met minuutgemiddelde waarden. Eén bestand bevat informatie over stroom, spanning, vermogen, Power Factor en energie, waarbij elke rij de minuutgemiddelde waarden weergeeft. Een ander bestand slaat gedetailleerde verstoringgegevens op, gecategoriseerd per frequentiebereik, waardoor een diepgaande analyse van harmonische en supra-harmonische verstoringen mogelijk is.