

Bidirectioneel laden

Welke kant gaat het op?

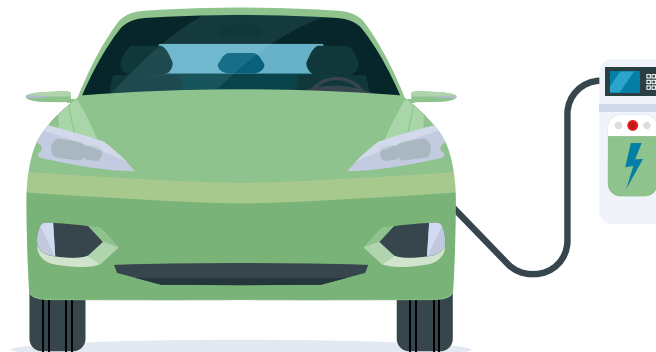


Onderzoeksrapport

Bidirectioneel laden

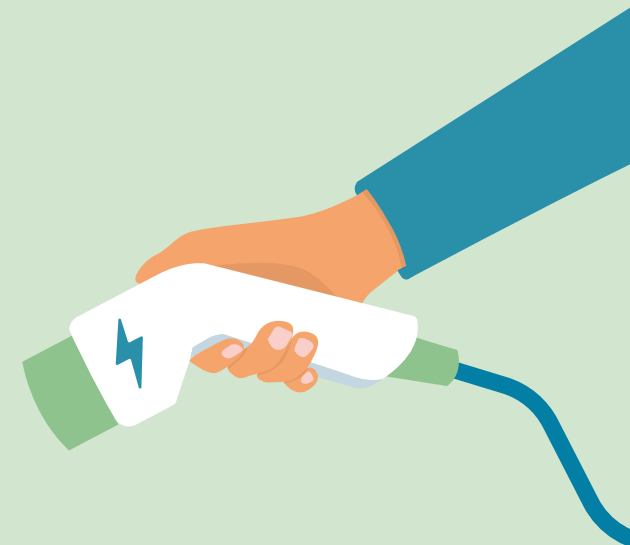
Team Marktontwikkeling
ElaadNL

Augustus 2025



Inhoudsopgave

	Samenvatting	4
1.	Inleiding	5
2.	Ontwikkelingen in de markt	6
3.	Laadprofielen	9
4.	Potentie en spreiding	13
5.	Punten van aandacht	15
6.	Conclusie	17
	Referentielijst	18
	Bijlage 1: Overzicht modelaannames laadprofielen	19
	Bijlage 2: Gemiddelde weekprofielen	20



Samenvatting

In dit rapport kijken we naar de stand van zaken rondom bidirectioneel laden en de potentie ervan om het elektriciteitsnet te ondersteunen. Op korte termijn lijken ontbrekende standaarden en protocollen en harmonisatie in Europese regelgeving en netcodes grootschalige adoptie tegen te houden, maar verwacht wordt dat dit richting 2030 opgelost is. Hiermee zal interoperabiliteit tussen voertuig, lader en backoffice geen probleem meer zijn en kunnen autofabrikanten in de hele EU hetzelfde product aanbieden. Bij Vehicle-to-home is gestandaardiseerde communicatie tussen voertuig en andere energienet-intensieve apparaten achter de meter zoals warmtepompen en zonnepanelen erg belangrijk. In zo'n ecosysteem, is de potentie van bidirectioneel laden voor voertuigen zeer groot.

Om deze potentie te kunnen kwantificeren, kijken we naar personenauto's en bestelauto's die op eigen terrein van huishoudens worden geladen en ontladen. Deze use-case heeft de meeste potentie om zich op grote schaal en relatief korte termijn te ontwikkelen, mede vanwege de aflopende salderingsregeling vanaf 2027. Naar verwachting gaat dit om 19% van de laadvraag voor personenauto's en 9% van de bestelauto's. Dit combineren we met 100% elektrificatie volgens het middenscenario uit de ElaadNL Outlooks [Personenauto's](#) en [Logistiek](#), en 100% adoptie van V2G in 2050. Hiermee zijn alleen al de thuislaadpunten goed voor 4,5 GigaWatt flexibel vermogen dat aan het elektriciteitsnet geleverd kan worden, vergelijkbaar met het vermogen van enkele gascentrales.

Op het [bidirectioneel laden dashboard](#) bieden we meer inzicht in V2G laadprofielen en met behulp van een interactieve kaart maken we de impact tot op CBS-buurtniveau inzichtelijk.



1. Inleiding

ElaadNL publiceert periodiek onderzoeken, waarin steeds een onderwerp op het gebied van elektrisch vervoer wordt uitgelicht. Dit rapport is een aanvulling op eerdere en toekomstige Outlooks. Het geeft inzicht in de huidige stand van zaken rondom bidirectioneel laden, schetst toekomstige ontwikkelingen én het toont het potentieel door middel van een aantal uitgewerkte use-cases. Dit biedt inzicht voor netbeheerders, (regionale) overheden en andere stakeholders. Daarbij reikt het verbeterpunten aan om de energietransitie in goede banen te leiden.

In dit rapport gaan we dieper in op bidirectioneel laden. Bidirectioneel laden betekent dat het elektrische voertuig niet alleen kan opladen, maar ook kan ontladen. Dit is op zichzelf niet nieuw, deze functie van de batterij wordt gebruikt bij de aandrijving van het voertuig, maar bij bidirectioneel laden wordt de energie beschikbaar gesteld voor iets anders dan het voertuig zelf. Hier zijn zeer veel varianten van, met elk hun eigen naam. De belangrijkste opties zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Omschrijving	Naam	Afkorting
Het voertuig als mobiel stopcontact	Vehicle-to-Load	V2L
Elektriciteit leveren aan een woning	Vehicle-to-Home	V2H
Elektriciteit terugleveren aan het net	Vehicle-to-Grid	V2G
Een voertuig laden met elektriciteit uit een ander voertuig	Vehicle- to-Vehicle	V2V
Algemene term voor alle mogelijkheden van bidirectioneel laden	Vehicle-to-everything	V2X

Omdat er zoveel verschillende opties zijn, gebruiken we in dit rapport de overkoepelende term 'bidirectioneel laden', tenzij het over een specifieke variant gaat.

We richten ons in dit rapport op personenauto's en bestelauto's (voertuigcategorie N1). De techniek is hiervoor beschikbaar en deze voertuigen staan op basis van hun inzet voldoende stil om gebruik te kunnen maken van bidirectioneel laden. Fabrikanten van elektrische trucks hebben nog geen (openbare) plannen om de komende jaren V2X te introduceren en zijn buiten beschouwing gelaten.

In dit rapport kijken we naar de huidige stand van zaken en de te verwachten ontwikkelingen in de markt. Dit deel is tot stand gekomen door literatuuronderzoek en gerichte interviews met belanghebbende partijen. Daarna richten we ons op de cijfers; dit doen we door dieper in te gaan op een aantal scenario's rondom thuisladen. Deze scenario's zijn gekozen door te kijken naar technische, economische, politieke en sociale drijfveren die naar voren zijn gekomen in de interviews en het literatuuronderzoek. Op basis van deze scenario's zijn laadprofielen uitgewerkt. De laadprofielen combineren we vervolgens met prognoses van thuislaadpunten voor personenauto's en bestelauto's om te kwantificeren wat de potentie is van bidirectioneel laden voor het ontlasten van het energiesysteem.

2. Ontwikkelingen in de markt

Dit hoofdstuk zet de huidige stand van zaken rondom bidirectioneel laden uiteen. Hoe ziet het er technisch uit, welk soort partijen zijn actief, hoe wordt het in de markt gezet en wat zijn de uitdagingen? Daarnaast kijken we vooruit: wat zijn de verwachtingen van de fabrikanten, hoe snel gaat de uitrol en welke ontwikkelingen zijn er op het gebied van regelgeving en beleid?

2.1 AC versus DC

Om bidirectioneel te kunnen laden moet zowel het voertuig als laadpunt hiervoor geschikt zijn. Dit betekent dat er een omvormer nodig is die van wisselspanning (AC) van het net, gelijkspanning (DC) voor in de batterij kan maken én andersom. Er zijn hierbij twee mogelijkheden: de omvormer in het voertuig doet dit (AC terugleveren), of de omvormer in de laadpaal doet dit (DC terugleveren). Voor een voertuigfabrikant is DC terugleveren het meest eenvoudig: er hoeft geen complexe bidirectionele on-board charger ontwikkeld te worden en de verantwoordelijkheid voor spanningskwaliteit ligt bij de laadpaal. Nadeel is echter dat een DC-laadpaal op dit moment significant duurder is. AC terugleveren is qua aanschaf een stuk goedkoper voor de consument. Een voertuig dat AC kan terugleveren, kan technisch gezien ook DC terugleveren, het is de keuze van de fabrikant of dit softwarematig wordt toegestaan. De keuze voor AC of DC verschilt per fabrikant. Duitse fabrikanten lijken vooral in te zetten op DC, Renault werkt op dit moment enkel met AC, weer anderen laten het van de situatie per land afhangen welke optie(s) ze vrijgeven (o.a. Volvo, Kia, Hyundai). Voor de netbeheerder maakt AC of DC niet uit, als de teruggeleverde stroom maar voldoet aan spanningskwaliteitseisen.

2.2 Protocollen en afspraken

De grootste uitdagingen van bidirectioneel laden zitten in gestandaardiseerde communicatie tussen lader en voertuig en in gestandaardiseerde eisen aan de kwaliteit van de teruggeleverde stroom. Op dit moment borgt het protocol ISO 15118-20 de communicatie tussen laadpunt en voertuig. Begin 2026 wordt er een toevoeging voor dit protocol gepubliceerd. Hierin wordt geregeld dat automatisch de juiste instellingen volgens de lokale netcode worden toegepast. In die netcode staan eisen van de (regionale) netbeheerder aan stroomproducenten (zoals een V2G voertuig) die per netbeheerder nét iets anders kunnen zijn. De [technische richtlijn](#) van ElaadNL geeft een volledig overzicht van alle technische eisen waaraan een bidirectioneel laadpunt moet voldoen.

Als een voertuig stroom terug gaat leveren aan het net (V2G), moet deze stroom aan eisen voldoen om te zorgen dat het net stabiel blijft. Deze eisen zijn vastgelegd in de *Requirements for generators* (RfG) 2.0, waarin teruglevering van stroom voor elke netbeheerder in de EU wordt geharmoniseerd, in plaats van dat er per netbeheerder en per land/ regio een certificaat nodig is. Het is op het moment van schrijven onzeker wanneer dit document wordt gepubliceerd, de hoop in de sector is begin 2026. Na publicatie duurt het drie jaar en daarmee tot minstens begin 2029 voordat dit volledig in werking treedt. Naast de RfG 2.0 is ook de *Network Code for Demand Connections* (NC DC) van belang, hierin ligt onder andere vast waar de laadpaal en waar het voertuig voor verantwoordelijk is, wat uiteraard essentieel is voor operabiliteit. De tijdlijn hiervan is ongeveer gelijk aan de RfG 2.0.

Naast de communicatie tussen voertuig en lader, is ook de communicatie tussen lader en backoffice belangrijk, zodat de lader juist aangestuurd kan worden. Om bidirectioneel te kunnen laden is hiervoor OCPP 2.1 nodig, deze versie bestaat sinds begin 2025, maar wordt (nog) niet breed geadopteerd.

Tot slot moet een voertuig dat energie terug gaat leveren aan het net, gecertificeerd worden. De afspraken over wie dit doet, tegenover welke norm er gecertificeerd wordt en hoe dit gebeurt, moeten ook nog gemaakt worden.

2.3 Beleid

Alle laadpunten die na 1 januari 2027 geplaatst worden, zowel privaat als publiek, moeten volgens de Europese *Alternative Fuel Infrastructure Regulation* (AFIR) voorzien zijn van ISO 15118-20 software, en daarmee dus V2G ondersteunen. Er zijn ambitieuze gemeentes in Nederland die hier op voorsorteren door dit nu al op te nemen in aanbestedingseisen. Hierdoor is in theorie snelle(re) opschaling mogelijk wanneer er voldoende voertuigen beschikbaar komen.

2.4 Uitrol

Bovengenoemde protocollen en richtlijnen zijn essentieel voor grootschalige uitrol van bidirectioneel laden omdat ze zorgen voor interoperabiliteit. Er zijn fabrikanten die hier niet op willen wachten en nu al bidirectionele auto's in de markt zetten. Zij doen dit door, in het geval van AC terugleveren, hun auto samen met een laadpunt te certificeren voor een bepaald land, wat betekent dat het voertuig alleen met dat specifieke laadpunt in dat land stroom kan terugleveren. Autofabrikanten die hierin voorop lopen zijn Renault, Kia en Hyundai, zij leveren dit al in Nederland en hebben concrete plannen voor verdere uitrol. Een grote groep autofabrikanten lijkt technisch klaar te zijn (Volvo, Polestar, Volkswagen, e.a.), maar geeft op dit moment nog geen concrete datum waarop het commercieel beschikbaar is. Mogelijk hangt dit samen met de onzekerheden rondom protocollen en certificering. Het is aannemelijk dat grootschalige uitrol verwacht kan worden als RfG en de NC DC definitief zijn, op zijn vroegst in 2029. Op dat moment hebben fabrikanten de zekerheid dat hun ontwikkelingen aansluiten bij de standaard en de verschillende netcodes, en er geen wijzigingen meer komen.

2.5 V2G in de markt

Partijen die al met V2G bezig zijn (zowel nationaal als internationaal), of dit op korte termijn willen gaan doen, doen dit in de meeste gevallen om met stroom te handelen. Dit betekent dat het voertuig en het laadpunt aangestuurd worden op basis van de elektriciteitsprijs. Als de prijs van elektriciteit hoog is, zal het voertuig terugleveren, wanneer de prijs laag of zelfs negatief is, laadt het voertuig weer. Deze 'energiehandel' vindt plaats op de zogenaamde handelsmarkten. Deze handelsmarkten zijn er om te allen tijde vraag en aanbod van elektriciteit perfect op elkaar af te stemmen. Het net zelf kan immers geen energie opslaan. Hoe groter het verschil tussen vraag en aanbod, hoe meer geld er te verdienen is. De consument kan op verschillende manieren meeprofiten van winst uit deze handel. Zonder financieel voordeel zal de consument geen reden hebben om zijn voertuig zoveel mogelijk 'aan de stekker te hangen'. Er zijn partijen die de winst rechtstreeks bij de consument uit laten komen, al dan niet na aftrek van een bepaalde marge of door gratis laden aan te bieden als het voertuig een minimaal aantal uren per dag aan het thuislaadpunt gekoppeld is. Een andere mogelijkheid is om alles in één pakket aan te bieden als leaseconstructie: voertuig, laadpunt én elektriciteit (terug)leveren voor een vast bedrag per maand.

Aangezien laadpunt en auto nu nog samen gecertificeerd worden voor een bepaalde locatie, zijn bovenstaande opties nu nog gericht op mensen die laden op eigen oprit. Een uitzondering hierop is het initiatief van We Drive Solar, Renault en MyWheels in Utrecht, waar bidirectionele laadpunten gekoppeld zijn aan elektrische deelauto's die (ont)laden bij publieke laadpalen binnen één concessiegebied van één laadpaalexploitant. Door de huidige stand van de protocollen moeten partijen samenwerken om het aan te kunnen bieden. Dit betekent dat het enkel wordt aangeboden als compleet pakket: koop je een bidirectioneel voertuig, zit je vast aan het laadpunt en de energieleverancier waarmee de autofabrikant samenwerkt. Voor de lange termijn is deze ketenintegratie niet gewenst, maar op dit moment de enige manier om het aan te kunnen bieden. Dit wordt mede opgelost met volledige interoperabiliteit.

Niet alleen voor personenauto's is bidirectioneel laden interessant, uit ElaadNL-onderzoek is gebleken dat er ook grote interesse is bij overheden en commerciële partijen met een bestelautovloot om met hiermee aan de slag te gaan. Op dit moment is dit door gebrek aan geschikte voertuigen niet mogelijk. Met name partijen waarbij (een deel van) de vloot op een centrale plek geparkeerd staat (in het overgrote deel 's avonds, 's nachts en in het weekend), hebben mogelijkheden en kansen om bidirectioneel laden te kunnen inzetten voor piekreductie en/of handel met elektriciteit. Voorbeelden hiervan zijn supermarkten, overheden of installateurs.

2.6

Vehicle-to-home

Vehicle-to-home heeft veel potentie in Nederland, zeker in combinatie met de in 2027 aflopende salderingsregeling voor zonnepanelen. De op handen zijnde wijzigingen in de nettarieven gaan hier ook aan bijdragen. Het voertuig kan overdag geladen worden met zonnestroom en tijdens de avondpiek stroom leveren aan het huis. Ook hier zijn de protocollen een uitdaging. Er is behoefte aan gestandaardiseerde protocollen voor een Home Energy Management Systeem (HEMS) dat de afstemming tussen diverse apparaten zoals omvormers van zonnepanelen, thuisbatterijen, warmtepompen en bidirectionele auto's verzorgt. Zolang deze nog niet beschikbaar zijn kunnen apparaten slechts aan elkaar worden geknoopt met maatwerk energiemanagementsystemen. Dit werkt, maar is zeer complex, niet interoperabel en lastig schaalbaar.



3. Laadprofielen

Om de impact van bidirectioneel laden op het elektriciteitsnet te kunnen kwantificeren, zijn verschillende use-cases uitgewerkt tot laadprofielen. Op basis van de ontwikkelingen in de markt is ervoor gekozen om thuisladen te kiezen als basis voor deze use-cases. Deze zijn vervolgens uitgewerkt tot volwaardige laadprofielen die de impact van V2G weergeven.

3.1 Onderbouwing

Hoewel bidirectioneel laden in theorie grote potentie heeft om het elektriciteitsnet te ondersteunen, laat grootschalige uitrol nog op zich wachten. Tot de netcodes definitief geharmoniseerd zijn verwachten we dat marktpartijen zich met name richten op thuislaadpunten. Aangezien laadpunt en voertuig nu samen gecertificeerd moeten worden, is dit de meest voor de hand liggende locatie, aangezien er bij een thuislaadpunt over het algemeen maar één specifieke auto geladen wordt. Daarnaast blijkt uit het [Nationaal Laadonderzoek](#) dat de adoptie van elektrische voertuigen onder huiseigenaren met eigen oprit hoger dan gemiddeld is: 52% van de respondenten laadt thuis met een privélaadpunt. De in 2027 aflopende salderingsregeling voor zonne-energie en mogelijke 'terugleverboetes' voor zonnestroom zullen ook bijdragen aan de adoptie van bidirectioneel laden in de thuislaadsituatie; bezitters van een huis met zonnepanelen zullen eigen stroom zoveel mogelijk zelf willen gebruiken. Tijdelijk opslaan in een batterij (van een voertuig) is daar een ideale oplossing voor. Er is nu al een beweging richting thuisbatterijen bij deze huishoudens, op korte termijn hebben bidirectionele voertuigen in deze situatie de meeste kans op succes. In combinatie met de eerder genoemde proposities die nu in de markt gezet wordt, biedt bidirectioneel thuisladen op korte termijn perspectief.

3.2 Use-cases

Voor het uitwerken van de use-cases rondom thuisladen moet er rekening worden gehouden met een groot aantal variabelen. De gemaakte keuzes worden hierna toegelicht. In alle gevallen gaan we ervan uit dat huishoudens zonnepanelen hebben. Om het gedrag van bidirectioneel laden bij huishoudens in te schatten, kijken we eerst naar het energiecontract van het huishouden. Het type energiecontract bepaalt voor een groot deel het laadgedrag, we gaan ervan uit dat de Nederlander zo goedkoop mogelijk wil laden. Daarbij verdelen we de energiecontracten in drie typen. Als eerste hebben we huishoudens met een vast energiecontract en een 'enkeltarief' geanalyseerd, waarmee we bedoelen dat deze altijd dezelfde prijs per kWh betalen. Het tweede scenario gaat uit van huishoudens met een contract dat een verschillend tarief heeft in de dag en tijdens de nacht ('dubbeltarief'). Tot slot kijken we naar huishoudens met een volledig dynamisch energiecontract ('dynamisch tarief'). Op dit moment heeft slechts 4% van de huishoudens volgens de ACM zo'n dynamisch contract, maar de verwachting is dat dit flink zal toenemen, omdat je hiermee als bezitter van een elektrisch voertuig flink kunt besparen op energiekosten. Onder EV-rijders heeft in 2024 al 23% een dynamisch contract volgens het Nationaal Laadonderzoek. Daarnaast blijkt uit onze interviews en onderzoek dat alle partijen die bidirectioneel laden (gaan) aanbieden, dit doen in combinatie met een dynamisch energiecontract.

Voor deze use-cases is de eerste aanname dat men probeert de kosten zoveel mogelijk te drukken, door te laden wanneer de stroom het goedkoopst is. Vervolgens gaan we uit van thuisverbruikoptimalisatie, wat wil zeggen zoveel mogelijk gebruik van stroom van eigen zonnepanelen.

3.3

Methode

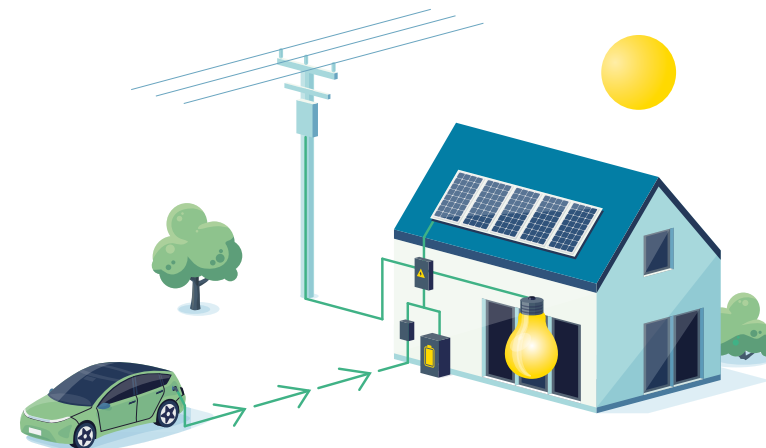
De basis van de analyse is het ElaadNL regulier thuislaadprofiel, gemodelleerd op basis van miljoenen thuislaadsessies. De tweede bouwsteen is het [thuisverbruikprofiel EDSN v1.00](#). Het derde deel is een opwekprofiel van zonnepanelen, op basis van het [Nationaal Energie Dashboard](#). Deze drie samen geven een nieuw thuisverbruikprofiel, inclusief het laden van een EV en eigen opwek van zonnepanelen. Om een zo doorsnee mogelijk beeld te schetsen, nemen we het gemiddelde van 100 huishoudens die thuisladen. Overige variabelen en aannames zijn te vinden in bijlage 1.

3.4

Resultaten

Aan de hand van dit nieuwe laadprofiel is het effect van de eerder genoemde use-cases bekeken. Hieruit blijkt dat V2G voor mensen met een enkeltarief en dubbeltarief financieel gezien niet interessant is. Er is bij een enkeltarief op dit moment geen (prijs)prikkel om een voertuig te ontladen, aangezien het evenveel kost om de stroom uit het net te halen en er dan geen energieverliezen ontstaan door laden en ontladen. Voor het dubbeltarief is het verschil in tarief dermate klein (enkele cent per kWh), dat eventuele financiële winst door de stroom op te slaan in de auto teniet gedaan wordt. Dit komt ten eerste door de energieverliezen die ontstaan bij laden en ontladen van de batterij. Daarnaast wordt stroom terugleveren aan het net nog minder interessant doordat je twee keer energiebelasting betaalt.

Bij een dynamisch tarief ontstaan wel interessante verschuivingen in het thuisverbruik: tijdens de avondpiek op het elektriciteitsnet (tussen 17u en 21u) wordt gemiddeld gezien energie teruggeleverd, de laadpiek verschuift naar de (op het lokale elektriciteitsnet rustige) nachtelijke uren. Figuur 1 toont wanneer voertuigen laden en ontladen door de maanden heen. De rode vlakken geven aan wanneer er geladen wordt, de blauwe vlakken wanneer er ontladen wordt. Hoe donkerder de kleur, hoe meer er geladen of ontladen wordt. Duidelijk

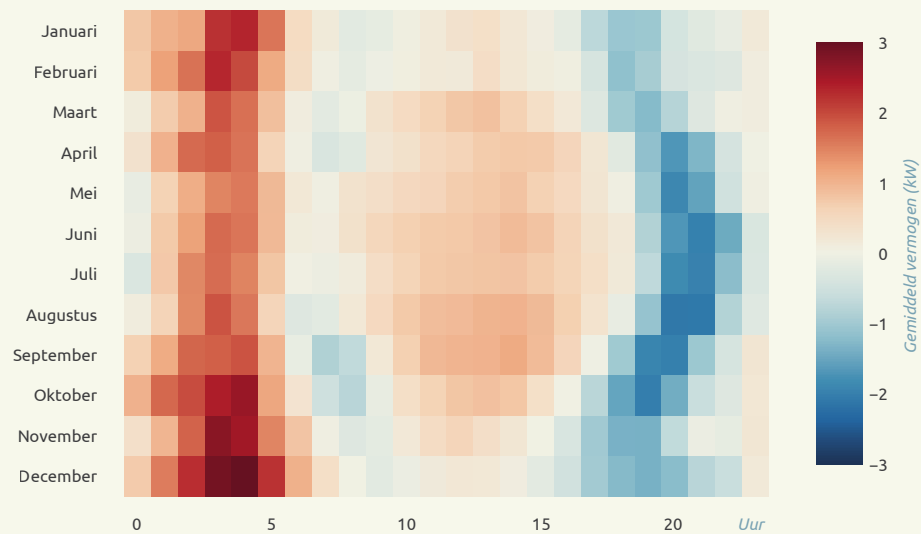


te zien is het effect van zonnepanelen: in de zomer wordt er flink meer geladen tijdens de dag en daardoor ook meer ontladen tijdens de avondpiek.

Wanneer we naar één huishouden met één voertuig zouden kijken, zou er geladen en ontladen worden met maximaal 11 kW. Echter, als we 100 huishoudens combineren levert elk huishouden gemiddeld gezien 1 tot 2 kW terug aan het net in de piekuren. Met 2 kW kan één ander huis van stroom worden voorzien. Dit is te verklaren omdat volgens de huidige thuislaadsessies niet elke auto op elk moment ‘aan de stekker hangt’: niet iedereen komt op hetzelfde moment thuis en laadt op hetzelfde moment. Gedragsverandering kan hier een grote rol spelen. Als huishoudens hun gedrag zo aan gaan passen dat het voertuig altijd ‘aan de stekker’ wordt gehangen in plaats van alleen wanneer er geladen wordt, kan de potentie flink hoger worden.

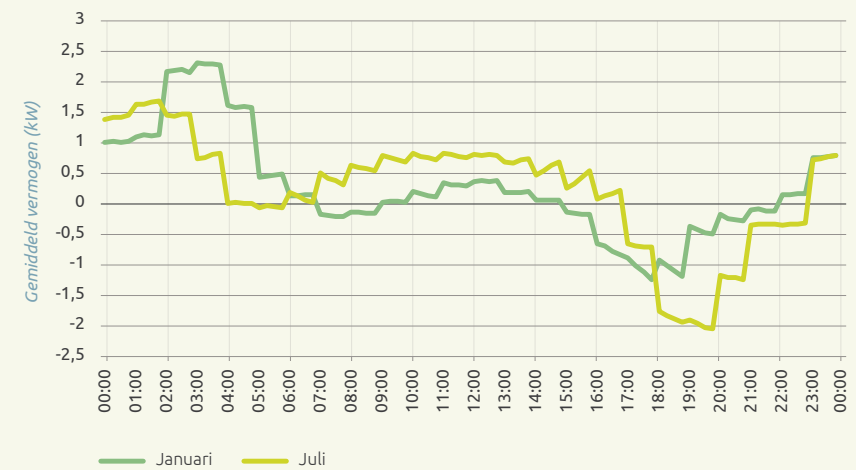
Figuur 2 zoomt dieper in op twee uitersten: de wintermaand januari en de zomermaand juli. Te zien is het gemiddelde laadprofiel voor deze twee specifieke maanden. Het effect van (goedkope) zonnestroom overdag komt duidelijk terug, in juli wordt significant meer geladen overdag dan in januari, waardoor er ook meer stroom beschikbaar is om terug te leveren aan het net tijdens de avondpiek. Doordat de profielen voor zonopwek per uur zijn en de overige profielen per kwartier, zie je steeds pieken en dalen terug in de profielen.

Gemiddeld vermogen 100 thuislaadpunten met bidirectioneel laden en dynamisch contract



Figuur 1: gemiddeld vermogen in kW van 100 thuislaadpunten met bidirectioneel laden en een dynamisch contract

Gemiddeld V2G-profiel per maand



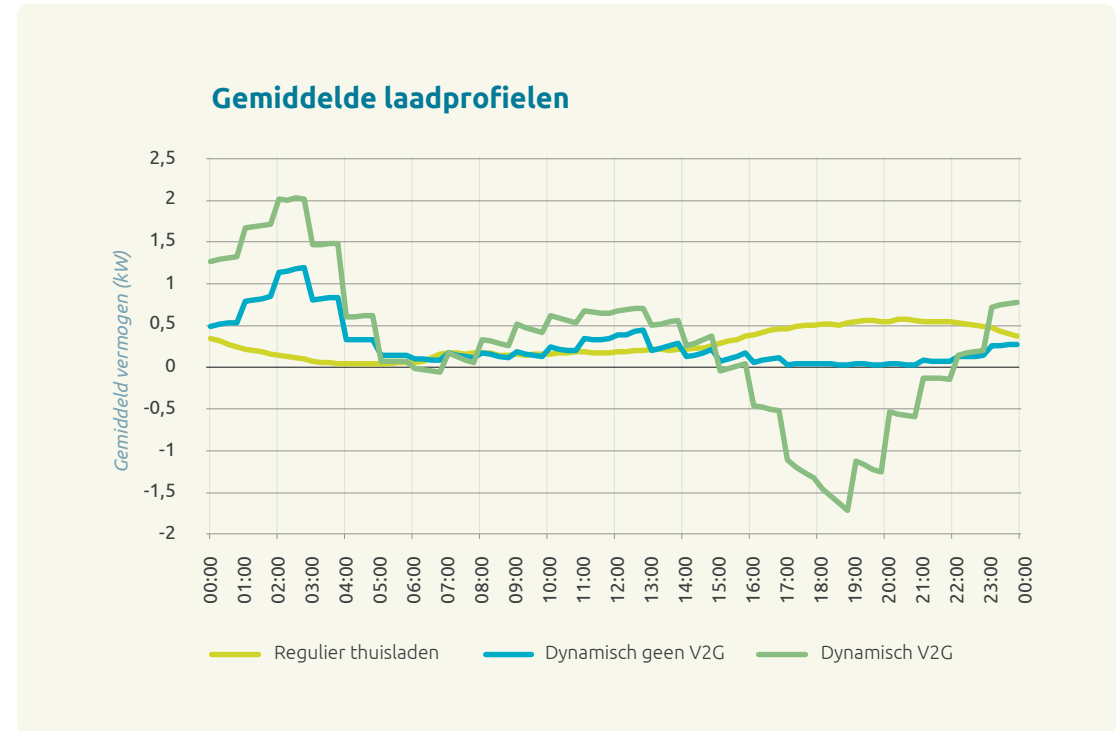
Figuur 2: gemiddeld V2G-profiel voor de maanden januari en juli

In figuur 3 vergelijken we drie verschillende situaties:

1. Regulier laden. Dit is een laadprofiel gebaseerd op miljoenen daadwerkelijke laadsessies.
2. Slim laden in combinatie met een dynamisch energiecontract. Het slim laden is hierbij de variant waarbij gestuurd wordt op basis van energieprijzen. Is de prijs laag of negatief wordt er geladen, is de prijs hoog, wordt de sessie gepauzeerd.
3. V2G-laden in combinatie met een dynamisch energiecontract. Vergelijkbaar met slim laden, alleen wordt er stroom teruggeleverd als de prijs hoog is.

Te zien is dat er tijdens de avondpiek teruggeleverd wordt bij de V2G-situatie, waarmee het een oplossing biedt voor netcongestie tijdens deze uren. In buurten met een zeer hoge concentratie bidirectionele voertuigen kan de impact veel hoger zijn. Dit kan voor de netbeheerder zeer gunstig zijn, maar kan in bepaalde situaties mogelijk netcongestie juist verergeren. Het is daarom van belang dat hier verder onderzoek naar gedaan wordt en dat er mogelijk standaarden ontwikkeld worden zodat V2G enkel positief voor het elektriciteitsnet ingezet kan worden.

Hier tegenover staat dat de laadpiek bij V2G-laden in de nacht hoger is dan die bij slim laden. Over het algemeen is dit is een voor het (lokale) elektriciteitsnet gunstig tijdstip. In bijlage 2 zijn dezelfde situaties geplot op weekbasis.



Figuur 3: gemiddelde laadprofielen voor drie verschillende types van laden

4. Potentie en spreiding

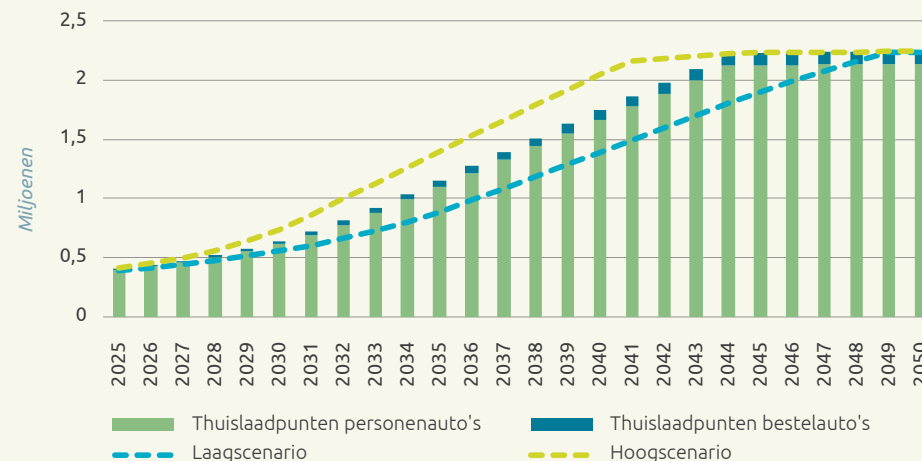
In dit hoofdstuk brengen we (letterlijk) in kaart wat de potentie van V2G is voor het Nederlandse elektriciteitsnet. Door de grote mate van onzekerheid rondom de adoptiegraad, is ervoor gekozen te werken met een potentie bij maximale elektrificatie van het Nederlandse wagenpark, in combinatie met de aanname dat tegen die tijd alle voertuigen bidirectioneel kunnen laden. We bepalen de impact op het net door de laadprofielen te vermenigvuldigen met het aantal verwachte thuislaadpunten.

4.1 Thuislaadpunten

De eerste stap naar het inzichtelijk maken van de potentie is de prognose van het aantal thuislaadpunten. De input hiervoor komt uit de middenscenario's van de [Outlook Personenauto's](#) en de [Outlook Logistiek](#). Uit de eerste halen we alle thuislaadpunten voor personenwagens, de tweede geeft ons inzicht in het aantal bestelauto's dat thuis op de oprit geladen wordt. Figuur 4 toont de groei van het totaal aantal thuislaadpunten voor beide modaliteiten tot 2050. Deze thuislaadpunten zijn per CBS-buurt uitgerekend op basis van een GIS-analyse van de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) over huizen met een oprit.

Het aantal thuislaadpunten bij bestelauto's is een stuk lager. De laadvraag van bestelauto's komt voor 39% terecht in woonwijken. De overige laadvraag komt op bedrijventerreinen, langs het hoofdwegennet of bij binnenstedelijke snelladers terecht. Van de laadvraag in de woonwijken, is slechts een deel op de eigen oprit. Dit deel is gebaseerd op het aantal huishoudens dat een eigen oprit heeft en verschilt per buurt. Zo komt uiteindelijk 9% van de totale laadvraag van bestelauto's op thuislaadpunten terecht. Samen met het feit dat er 10 miljoen personenauto's in 2050 zijn tegenover 1,2 miljoen bestelauto's, is het aantal thuislaadpunten van personenauto's een stuk hoger.

Prognose thuislaadpunten



Figuur 4: prognose thuislaadpunten tot en met 2050

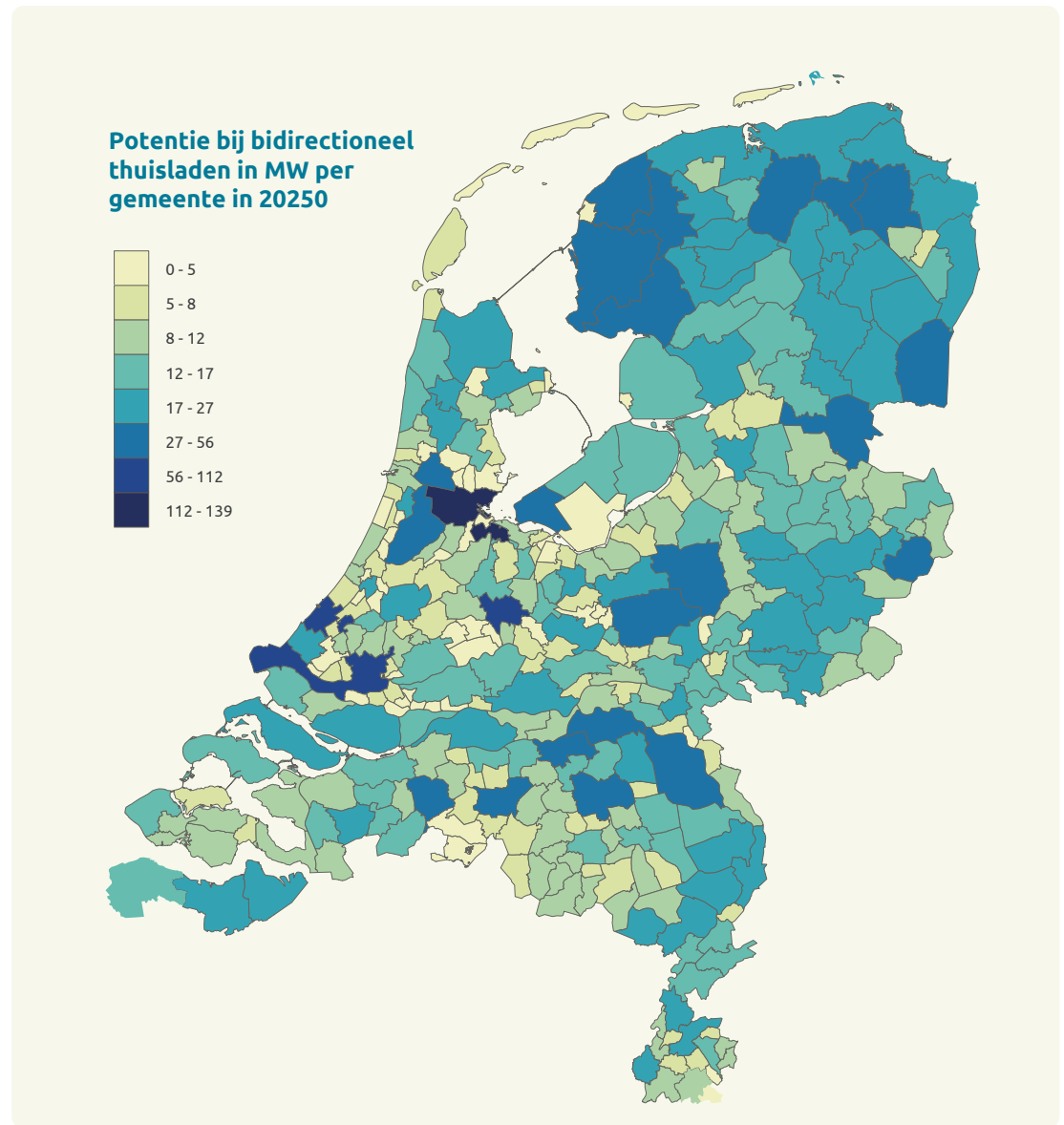
4.2 Potentie V2G

Wanneer de maximale waarde uit de heatmap (2 kW) van figuur 1 gecombineerd wordt met het aantal thuislaadpunten in 2050 uit figuur 4, volgt de maximale potentie per CBS-buurt. In figuur 5 zijn de uitkomsten geaggregeerd op gemeenteniveau. In grotere gemeenten is er absoluut gezien meer potentie door het hogere aantal woningen, terwijl in het noorden van het land er relatief meer potentie is doordat meer woningen een oprit hebben.

Voor de uitgewerkte use-case kan er in het totaal in 2050 4,5 GW aan flexibel vermogen geleverd worden. Ter vergelijking, het huidige landelijke piekvermogen per dag is ongeveer 22 GW. Afhankelijk van het scenario groeit dit volgens Netbeheer Nederland naar 46,9 tot 61,7 GW in 2050.

Met geoptimaliseerd laadgedrag door het voertuig langer aan het laadpunt te laten, kan dit flexibele vermogen nog stijgen. Daarnaast zijn er ook mogelijkheden bij andere modaliteiten en locaties. Denk hierbij bijvoorbeeld aan publieke laders en vloten bestelauto's op bedrijventerreinen die voor extra flexibel vermogen kunnen zorgen. Een mooi voorbeeld hiervan zijn de eerder genoemde bidirectionele deelauto's in de Gemeente Utrecht: eerste resultaten van een vloot van 50 bidirectionele deelauto's laten pieken zien van bijna 200 kW teruggeleverd vermogen. Om dit in context te plaatsen, bij een middenspanningsruimte van 630 kVA betekent dit ruim 30% extra capaciteit. Het toont ook aan dat met een hoge gelijktijdigheid door specifieke sturing, pieken van teruglevering flink hoger kunnen zijn dan de gemiddelde piek uit dit rapport.

In het [interactieve dashboard](#) is het mogelijk aanvullende inzichten te genereren: de adoptiegraad van V2G kan tussen 0 en 100% ingesteld kan worden. Met een lagere adoptiegraad zal de maximale potentie afnemen.



Figuur 5: potentie van bidirectioneel thuisladen in MW per gemeente in 2050

5. Punten van aandacht

In dit hoofdstuk wordt een aantal punten van aandacht gepresenteerd die de uitrol van bidirectioneel laden kunnen faciliteren en mogelijk versnellen. Standaardisatie, en hiermee interoperabiliteit, is essentieel voor schaalbaarheid. Daarnaast is ook de financiële kant van belang om bidirectioneel laden kunnen opschalen. Tot slot heeft V2G een enorme potentie om elektrische voertuigen onderdeel te maken van de oplossing, in plaats van de oorzaak van netcongestie. Hiervoor is het van belang dat de randvoorwaarden goed ingericht worden.

5.1 Standaard protocollen essentieel

Zoals beschreven in hoofdstuk 2, is het belangrijk dat voor elk onderdeel van de keten (voertuig, laadpunt, etc.) van V2G perfect duidelijk is welke rol en verantwoordelijkheid deze heeft en dat dit definitief is vastgelegd. Harmonisatie van Europese regelgeving is absoluut noodzakelijk. Op dit moment zijn de RfG en de NC DC nog niet definitief vastgesteld, waardoor (sommige) bedrijven hun ontwikkeling en marktintroductie uitstellen. Zo lang er geen druk is door beleid of consumentenvraag zullen bedrijven zekerheid willen dat hun investeringen renderen, en ze producten niet in een later stadium hoeven aan te passen. Voor V2H geldt hetzelfde, ook hier is nog geen standaardisatie in protocollen om energie-intensieve apparaten zoals laadpunten, warmtepompen, thuisbatterijen en zonnepanelen aan te sturen. ElaadNL probeert ontwikkelingen hierin te versnellen door onderzoek te doen naar de interoperabiliteit van HEMS én [in actie te komen](#).

5.2

Waarde van bidirectioneel laden

Om V2G interessant te maken voor de eigenaar van een voertuig is een bepaalde waarde nodig. De makkelijkste manier om waarde te creëren is een prijsprikkel, zoals bijvoorbeeld het eerder genoemde 'gratis laden'. De markt kan hierbij gestimuleerd worden door bijvoorbeeld het reduceren of afschaffen van belasting op tijdelijk opgeslagen energie (ook wel dubbele energiebelasting genoemd), iets waarvoor de Europese wet- en regelgeving al mogelijkheden toe biedt. Als netbeheerders het gedrag van gebruikers van bidirectionele voertuigen willen sturen op een manier die gunstig is voor het net, kunnen [variabele nettarieven](#) een goede optie zijn, net als bij [thuisbatterijen](#). Een alternatief nettarifstelsel wordt momenteel door de netbeheerders uitgewerkt in samenwerking met de energieleveranciers. De eerste versie wordt na de zomer van 2025 verwacht.

Een aantal technische zaken kan ook invloed hebben op de business case voor de gebruiker. Er zijn zorgen over mogelijk extra batterijdegradatie door het additionele gebruik. Wetenschappelijk onderzoek van onder andere de TU Delft toont zowel positieve als negatieve effecten van dit extra gebruik aan, er is dus meer (praktijk)data nodig om te kunnen concluderen of extra gebruik door bidirectioneel laden impact heeft op de levensduur van het voertuig. Tot die tijd stellen de meeste voertuigfabrikanten eisen aan de maximale hoeveelheid energie die ontladen kan worden voor V2X.

Tot slot is het erg onzeker wat de waarde van flexibiliteit in de toekomst gaat zijn. Door een groter aandeel duurzame energiebronnen zal de vraag naar flexibiliteit blijven toenemen. Aan de andere kant zullen andere leveranciers van flexibiliteit zoals bijvoorbeeld (grootschalige) stationaire batterijen juist concurreren met V2G. Om V2G concurrerend te maken, zullen bovenstaande aandachtspunten aangepakt moeten worden.

5.3

Profielen

In hoofdstuk 5 zijn we dieper ingegaan op de profielen. Als een voertuig ontladen wordt, zal deze op een ander moment weer geladen moeten worden. Dit kan mogelijk zorgen voor nieuwe pieken. Als de sturing op basis van energieprijzen gebeurt, is de kans erg klein dat dit gebeurt op een moment dat het ongunstig is voor het net. In een [pilot van Alliander en Enexis](#) rondom netbewust thuisladen kwam het geen enkele keer voor dat de energieprijzen aanleiding gaven om tijdens de avondpiek (tussen 17u en 21u) te gaan laden. Dit is zeer positief, maar verder onderzoek is nodig om te bepalen of dit op grote schaal en bij V2G ook zo zou zijn.





6. Conclusie

Een belangrijk punt van aandacht dat zowel uit de Outlook Personenauto's als de Outlook Logistiek komt, is dat het elektriciteitsnet optimaal benut wordt. Bidirectioneel laden heeft de potentie om hier aan bij te dragen, al zijn er nog aandachtspunten rondom protocollen en standaarden. De verwachting is dat deze richting 2030 opgelost zijn. In eerste instantie verwachten we opschaling van bidirectioneel laden bij thuislaadpunten. Dit komt onder andere door de afschaffing van de salderingsregeling en de partijen die al proposities aankondigen. Dit rapport toont dat bidirectioneel laden voor use-case die onderzocht is - huishoudens die laden op eigen terrein - in 2050 4,5 GW aan flexibel vermogen geleverd kan worden. Dit is echter slechts de beginsituatie, met geoptimaliseerd laadgedrag kan dit flexibele vermogen nog stijgen. Daarnaast zijn er ook mogelijkheden bij andere laadlocaties en andere modaliteiten die we in de toekomst zeker verder gaan onderzoeken. Alles tezamen zorgt bidirectioneel laden voor een zeer waardevolle kans om het elektriciteitsnet te ondersteunen.

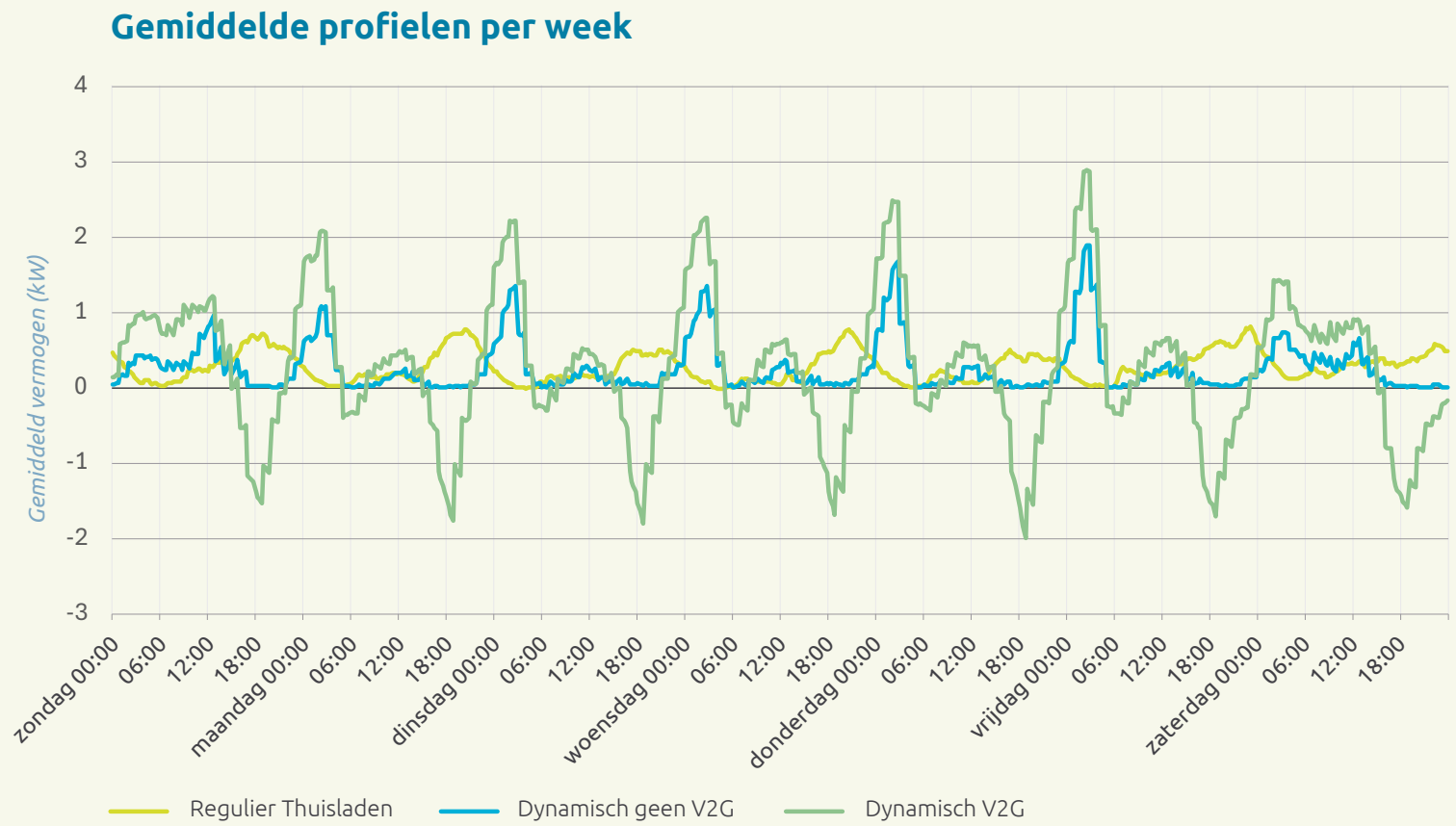
12. Referentielijst

Bron	Informatie/titel publicatie
Berenschot	Verkenning alternatief nettariestelsel kleinverbruik (2024)
CE Delft	Impact van ToU-nettarief op thuisbatterijen, elektrische auto's en netcongestie (2024)
Alliander, Enexis, e.a.	Rapportage Pilot netbewust thuisladen (2025)
RVO, NAL, e.a.	Nationaal laadonderzoek (2024)

Bijlage 1: Overzicht modelaannames laadprofielen

Stroomkosten enkeltarief	0,30 euro per kWh op basis van de Monitor Consumentenmarkt Energie van ACM
Stroomkosten dubbeltarief hoog	0,32 euro per kWh op basis van de Monitor Consumentenmarkt Energie van ACM
Stroomkosten dubbeltarief laag	0,28 euro per kWh op basis van de Monitor Consumentenmarkt Energie van ACM
Terugleverkosten enkeltarief en dubbeltarief	0,13 euro per kWh op basis van de Monitor Consumentenmarkt Energie van ACM
Stroomkosten dynamisch	Volgens historische data EPEX van 2024
Energiebelasting	0,1228 euro per kWh via ANWB
BTW	21%
Afschaffing salderingsregeling	Niet meegenomen in de modellering
Thuisverbruik per jaar	3500 kWh op basis van CBS-cijfers
Profiel thuisverbruik	EDSN v1.00 (2025)
Opwek zonnepanelen	2500 kWh op basis van 8 panelen gemiddeld per huis
Profiel opwek zonnepanelen	Volgens het Nationaal Energie Dashboard
Laadprofielen	ElaadNL laadprofielengenerator
Maximaal (ont)laadvermogen	11 kW
Laadcurve	Niet meegenomen in modellering
Batterijcapaciteit in modellering	70 kWh via ev-database.org
Round trip efficiency	85%, dat wil zeggen 15% laadverliezen. Bronnen: ElaadNL testlab en Deense Technische Universiteit
SoC einde laadsessie	90%
Modelleertechniek	Linear-programming-optimization

Bijlage 2: Gemiddelde weekprofielen



Colofon

ElaadNL team Markontwikkeling:

Thomas Bos, Paul Broos, Rutger de Croon, Gijsbert van der Geer,
Jeroen Janssen en Nazir Refa

Foto's:

Renault/Mobilize Nederland (pagina 1), Kia (pagina 4), overig ElaadNL.

Met dank aan:

- | | | |
|-----------------------|---------------------------------|------------------|
| • ANWB | • Octopus Energy | • TotalEnergies |
| • Chargepoint | • Regulatory Assistance Project | • TU Delft |
| • Gemeente Utrecht | • Renault/Mobilize Nederland | • Volvo Cars |
| • Kia Nederland | • IEA Task 53 | • We Drive Solar |
| • Ministerie van IenW | • The Mobility House | |