

› **VERLAGEN VAN LOKALE IMPACT LADEN ELEKTRISCH VERVOER:
DE WAARDE EN HAALBAARHEID VAN POTENTIËLE OPLOSSINGEN**

TNO 2022 M12721

CHARLOTTE SMIT, HEIN DE WILDE, RICHARD WESTERGA, OMAR USMANI, SEBASTIAAN HERS
DECEMBER 2022

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO. Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst. Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

› INHOUD

› INHOUDSOPGAVE	4
› IN HET KORT - DE TOEKOMST VAN LADEN VAN EV IN DE BUURT	5
› DENKEN IN OPLOSSINGSRICHTINGEN	7
› EFFECT MAATREGELEN OP HET ELEKTRICITEITSNET	12
› HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELEN	21
› VERVOLGSTAPPEN – ONDERZOEKSAGENDA	29
› CONTACT	30
› REFERENTIES	31
› BIJLAGEN:	32
› ONDERZOEKSOPZET	
› VOLLEDIG OPLOSSINGSGEBIED LADEN EV	
› SELECTIECRITERIA BIJ SELECTIE VAN DE MAATREGELEN	
› MODELAANNAMES	



› **IN HET KORT**

DE TOEKOMST VAN LADEN VAN EV IN DE BUURT

EEN VAN DE GROOTSTE UITDAGINGEN

... van batterij-elektrische voertuigen (BEV's) is hun impact op het lokale elektriciteitsnet. Vooral op wijkniveau (laagspanningsnetniveaus) kunnen problemen ontstaan wanneer veel BEV's gelijktijdig gaan laden. Bij een te grote gelijktijdigheid kan de vraag naar elektriciteit de transformatorcapaciteit op die locatie overstijgen, met overbelasting als gevolg.

Dit wordt waarschijnlijk al in 2025 een serieus probleem in duizenden buurten ("hotspots") (ElaadNL, 2021). De transitie naar elektrisch rijden loopt risico op vertraging, omdat de capaciteit van het lokale elektriciteitsnet niet snel genoeg kan meegroeien. Om het groeiende aantal elektrische auto's de komende jaren toch te kunnen laden moeten we de krappe netcapaciteit zo efficiënt mogelijk gebruiken. Dit kan met maatregelen die de gebruikers van elektrische auto's motiveren, of dwingen, hun laadvraag te spreiden in ruimte of in de tijd. Zo kunnen, zonder het elektriciteitsnet te verzwaken, aanzienlijk meer auto's in de wijk worden geladen.

Succesvolle maatregelen moeten zowel praktisch haalbaar zijn, als het elektriciteitsnet effectief benutten. Welke maatregelen daaraan het best bijdragen, is nog niet helder. Ook vormt de implementatie bij sommige maatregelen een uitdaging, danwel om technische, danwel om niet-technische redenen. In 'Laden elektrische auto's vereist meer samenwerking

en regie' (TNO, 2022) wordt een uitgebreid overzicht gegeven van knelpunten en overwegingen rond elektrische mobiliteit.

LADEN IN DE BUURT BLIJFT MOGELIJK ALS WE DE VRAAG SPREIDEN

In dit traject staan zes verschillende maatregelen centraal die een oplossing kunnen bieden om toenemende aantallen elektrische voertuigen nabij de woning te kunnen blijven laden. Deze maatregelen zijn: 1) *Het Bandbreedtemodel+*, 2) *Een variabel tarief*, 3) *Gebruikers motiveren buiten de piektijden of gespreid te laden*, 4) *Vermogen beperken wanneer nodig*, 5) *Virtueel clusteren van aansluitingen achter één transformator* en 6) *Slim plannen in de ruimte: het creëren van laadpleinen*. De maatregelen worden verderop verder toegelicht.

Uit de studie blijkt dat het spreiden van laden in de tijd of over verschillende locaties een positief effect heeft op het aantal elektrische voertuigen dat potentieel in een bepaalde buurt kan laden. Daarbij is het belangrijk dat de maatregel op een goede manier wordt ingevoerd. Afhankelijk van de uitvoering, kan een maatregel namelijk ook een negatief effect hebben, waarbij pieken in de vraag slechts verschoven worden of zelfs vergroot. Specifieke sturing en een doordachte invoering is bij de maatregelen essentieel om de vruchten ervan te kunnen plukken.



› ZES MAATREGELEN VOOR HET LOKAAL LADEN EV

DENKEN IN OPLOSSINGSRICHTINGEN

OPLOSSINGSRICHTINGEN LATEN ZICH IN TWEE DIMENSIES KARAKTERISEREN

Maatregelen voor het lokaal beperken van de piekbelasting, en het daarmee kunnen laden van meer elektrische voertuigen in de buurt, hebben vaak te maken met het beïnvloeden van laadsessies. Hierbij kunnen gebruikers worden gemotiveerd om anders te handelen, of kan dit vanuit een van de partijen, zoals de netwerkbeheerder, gecontroleerd worden ingericht. En zo kan de laadvraag worden gespreid over de tijd, of in de ruimte worden verplaatst. Hierdoor zijn verschillende oplossingsrichtingen te onderscheiden: Het verlagen van laadvermogens, het spreiden van de vraag over langere tijd, of zelfs het fysiek laden op een andere locatie. De manier waarop dat gebeurt kent grote verschillen. Bijvoorbeeld: door een tariefsturing kan een gebruiker worden gemotiveerd om op een later moment te laden wanneer het goedkoper is. De maatregelen zijn daarmee als volgt te karakteriseren:

Motiveren / Controleren:

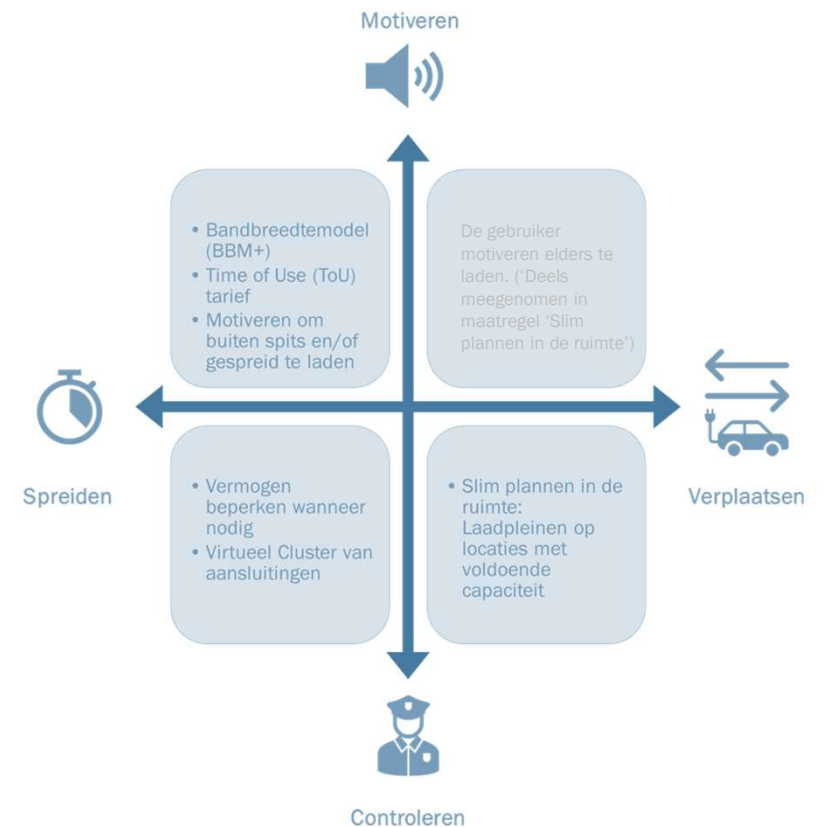
Via laadprijzen of nettarieven (zoals in het Bandbreedtemodel, zie 'beschrijving van de maatregelen'), zal de gebruiker *gemotiveerd* worden om zijn laadgedrag (uit eigen beweging) aan te passen. Via *dwingende* maatregelen (command-and-control) door opgelegde aansturing van het laadprofiel of ruimtelijk spreidingsbeleid voor laadinfra, kan de laadvraag gecontroleerd worden aangepast.

Spreiden / Verplaatsen:

Door te motiveren of controleren kan de laadbehoefte verspreid worden over de beschikbare tijd, of naar een andere locatie worden verplaatst.

Een overzicht van de verschillende oplossingsrichtingen is te zien in de figuur.

Oplossingen voor lokale impact laden EV



Vanuit de oplossingsruimte zijn verschillende maatregelen gedefinieerd. In dit traject zijn zes maatregelen geselecteerd voor verdere analyse:

- 1 Het Bandbreedtemodel+*
- 2 Een variabel tarief (tarief afhankelijk van tijdstip of netcapaciteit)
- 3 Gebruikers motiveren buiten de piektijden of gespreid te laden
- 4 Vermogen beperken wanneer nodig (door de beheerder)
- 5 Virtueel clusteren van aansluitingen achter één transformator**
- 6 Slim plannen in de ruimte: het creëren van laadpleinen

* (BBM+, van Netbeheer Nederland: vermogensstaffels met vaste prijzen per staffel; zie o.a. Topsector Energie (2022).

** zodat de beheerder van het cluster de mogelijkheid krijgt om de toegekende capaciteit te verdelen over de laadgelegenheden

In de voorgaande figuur met oplossingsrichtingen is ook de maatregel 'de gebruiker motiveren elders te laden' opgenomen. Dit kan op veel manieren. Deze studie richt zich op lokale oplossingen, waarbij de effecten voor het lokaal laden op een locatie in de buurt wordt meegenomen in maatregel 6.

De zes gekozen maatregelen worden in de volgende slides toegelicht.



BESCHRIJVING VAN DE MAATREGELEN

Het Bandbreedtemodel+: In het Bandbreedtemodel+ (BBM+) wordt het voor de gebruiker beschikbaar vermogen in een aantal bandbreedtes (vermogensstaffels met vaste nettarieven per staffel) verdeeld (zie o.a. Topsector Energie, 2022). Bij de lagere bandbreedtes is bijvoorbeeld één auto op laag vermogen te laden, op momenten waar overig verbruik laag is. Bij andere profielen, laden de gebruikers op hoger vermogen en/of tegelijk met piek huishoudelijk verbruik/warmtepompen.

Bij elke bandbreedte hoort een ander tarief. Gebruikers mogen wél meer laden dan hun bandbreedte, maar moeten daar extra voor betalen. De verwachting is dat gebruikers hun gebruik zullen gaan spreiden, om zo in een bepaalde staffel te kunnen blijven. Bijvoorbeeld door niet hun elektrische auto te laden op een moment dat er ook gekookt en verwarmd moet worden.

Differentiatie op gebied van nettarieven kent voor en nadelen. Het huidige capaciteitstarief voor kleinverbruikers met de gebruikelijke aansluiting van 3x25A biedt een doorlaatwaarde van 17kW tegen een vast bedrag, terwijl bij uniforme verdeling, gewoonlijk 1 à 1.5kW doorlaat-vermogen per aansluiting beschikbaar is op de wijktransformator. Dit systeem heeft als nadeel dat er geen prikkel van uitgaat om de *piekbelasting* te beperken, wat in geval van gelijktijdige laadpieken tot overbelasting kan leiden.

Een variabel nettarief (tarief afhankelijk van tijdstip of netcapaciteit): Bij deze maatregel zijn de kosten voor het laden (kWh) afhankelijk van het moment op de dag. Eindgebruikers kunnen hun laadgedrag aanpassen om de kosten zo laag mogelijk te houden. Er zijn twee varianten: Een variant waarbij voor verschillende vaste periodes op de dag contractueel een tarief is afgesproken en een variant waarbij het nettarief afhangt van de toestand van het lokale systeem, eventueel in combinatie met beschikbaarheid van duurzame energie.

Statische tarieven. Via contractuele afspraken wordt vastgelegd wat de nettarieven zijn op vastgestelde momenten. Deze zijn niet afhankelijk van de actuele situatie. De gebruiker kan goed bepalen waar hij/zij aan toe is.

Dynamische tarieven. Bij dynamische nettarifering is het tarief afhankelijk van de beschikbare netcapaciteit. Idealiter vereist dit een tariefmechanisme dat toegespitst is op de locatie, zodat het ook kan worden afgestemd op de beschikbare duurzame energie. Hiermee kan een averechts effect op de lokale netwerk belasting worden voorkomen, dat bijvoorbeeld kan ontstaan wanneer de duurzame energie *niet* lokaal opgewekt is.

Een voorbeeld waar financiële transacties gekoppeld worden aan momenten van congestie is het GOPACS principe, welke bedoeld is voor grootverbruikers (GOPACS, 2022). Een dergelijk principe zou kunnen worden toegepast voor EV, specifiek voor locaties op middenspanning.

Gebruikers motiveren buiten de piektijden of gespreid te laden: Doel is om mensen aan te moedigen om hun laadvraag op bepaalde (voor het net ongunstige) momenten te beperken. Hierdoor wordt de laadvraag verplaatst naar andere, meer gunstige momenten. De maatregel is op een vrijwillige basis. De gekozen laadbepanking kan op verschillende manieren worden toegepast:

- › De gebruiker te motiveren om later te starten met laden, bijvoorbeeld na 20:00 uur 's avonds.
- › De laadvraag evenredig te spreiden tot het voertuig weer vertrekt.
- › Keuze dat het voertuig niet altijd (volledig) geladen hoeft te worden.

Vermogen beperken wanneer nodig: Bij deze maatregel wordt het vermogen van de laders op bepaalde momenten op bepaalde locaties beperkt om problemen met de netcapaciteit te voorkomen. Bij deze maatregel heeft de gebruiker geen keuze: het is een controlemaatregel, al dan niet met (financiële) compensatie. Hij kan op verschillende manieren worden uitgevoerd, zoals:

- › Uniforme verlaging laadvermogen voor alle laders in een buurt of locatie.
- › Door het vermogen van laders gemiddeld te verlagen met verschillende beperkingen per lader (volgens een bepaalde splitsing).
- › Met of zonder een “opt-out” optie, waarbij de gebruiker desgewenst toch meer vermogen kan krijgen, mogelijk tegen betaling.

Virtueel clusteren van aansluitingen achter één transformator: Het (virtueel) clusteren van laadpunten achter één transformator houdt in dat de beheerder van het cluster de mogelijkheid krijgt om de toegekende capaciteit te verdelen over de laadpunten in het cluster. Het benodigde vermogen van het cluster wordt daarmee lager dan het gesommeerde vermogen van de losse laadpunten zonder clustering (zie o.a. ElaadNL, 2022).

Een variant is laadpaal pooling. Het gaat bij laadpaal pooling om het variëren van het aangeboden vermogen waardoor de laadvraag zich zal conformeren aan de beschikbare capaciteit.

Slim plannen in de ruimte: Het creëren van laadpleinen: De bedoeling is om een deel van de laadvraag van buurten waar laden problematisch is of zal worden te verplaatsen naar andere plekken, zoals laadpleinen/laadstations (mogelijk met eigen of aparte midden spanning aansluiting). Deze laadplekken kunnen zich bijvoorbeeld bevinden aan de rand van de stad, of in netcapaciteit-technisch gunstig gelegen parkeergarages.

Deze maatregel is met name gericht op publiek laden. De uitvoering kan controlerend plaatsvinden (geen andere parkeergelegenheid met laadmogelijkheid in de buurt) of motiverend (mensen motiveren op deze alternatieve gelegenheden te laden, mogelijk met kostenvoordeel of in combinatie met andere faciliteiten zoals winkelcentra.



› EFFECT MAATREGELEN OP HET ELEKTRICITEITSNET

ZONDER MAATREGELEN KAN NIET IEDEREEN LADEN IN DE BUURT

HET AANTAL TE LADEN ELEKTRISCHE VOERTUIGEN PER BUURT

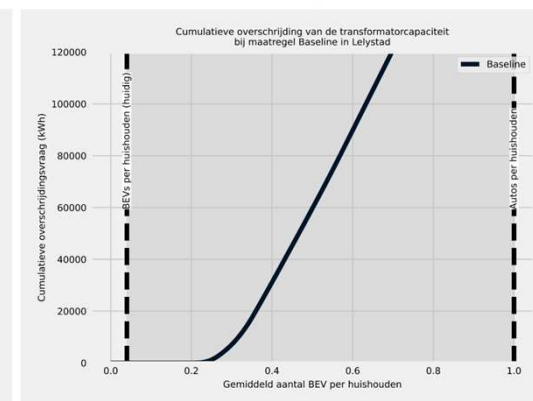
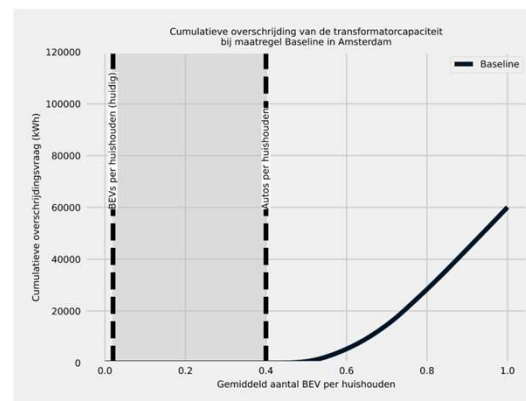
Met de beschikbare netwerkcapaciteit, is in een buurt een begrensd aantal elektrische voertuigen te laden. Verschillende oplossingsrichtingen kunnen daar iets in betekenen. In deze analyse wordt kwantitatief onderbouwd welk aantal voertuigen, gemiddeld per huishouden, in de buurt geladen kan worden. Met de verwachte groei van EV's in de komende jaren, een belangrijke parameter.

Simulatieopbouw

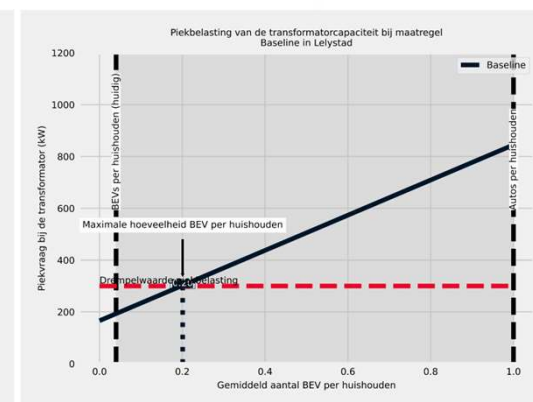
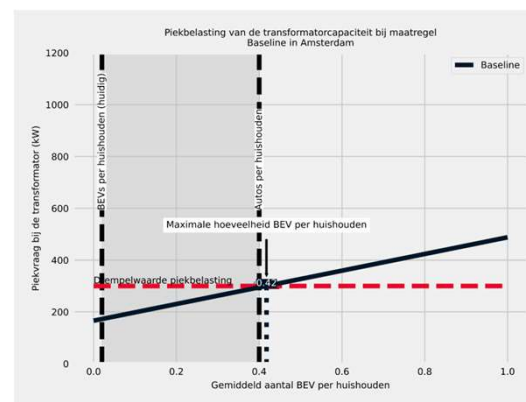
In de simulatie is de laadvraag (in kW) op buurtniveau voor elk uur in het jaar gesimuleerd. Wanneer de transformatorcapaciteit lager is dan de totale vermogensvraag, is er sprake van overschrijding. Een structurele overschrijding kan op termijn problemen geven: een te hoge thermische belasting kan resulteren in versnelde veroudering van de elektriciteitskabels en de wijktransformator, en daarmee hoge kosten voor vroegtijdige vervanging.

Voor een cumulatief beeld van de overschrijdingen (kWh), worden alle overschrijdingen voor elk uur opgeteld. Deze zijn in de bovenste grafieken te zien. Naast de cumulatieve overschrijdingen, zijn ook *piekbelastingen* van belang (onderste grafieken). Hoge piekbelastingen kunnen mogelijke acute uitval door overschrijdingsvraag creëren. Dit kan het aantal te laden EV's per huishouden daardoor verder beperken.

In de figuren is af te lezen hoeveel BEV's gemiddeld per huishouden in een buurt zouden kunnen laden, uitgaande van een transformatorcapaciteit van 300 kW, de laadvraag en de gesimuleerde cumulatieve overschrijding en piekbelasting. Ter interpretatie is ook te zien hoeveel auto's per huishouden (BEV en totaal) de buurten nu kennen: Zo kent Amsterdam nu gemiddeld 0,4 auto's per huishouden, waarvan 0,02 BEV. Cumulatieve overbelasting ontstaat in de simulatie voor Amsterdam (pas) bij gemiddeld 0,5 BEV per huishouden.



De *cumulatieve overschrijding* bij het laden van elektrische voertuigen (BEV) (zwarte lijn) en maximaal aantal BEV om binnen de capaciteitsgrens te blijven (rode lijn), *zonder geïntroduceerde maatregelen*.



De *piekbelasting* bij het laden van elektrische voertuigen (BEV) (zwarte lijn) en maximaal aantal BEV om binnen de capaciteitsgrens te blijven, *zonder geïntroduceerde maatregelen*. NB de grafieken zijn gemaakt op basis van uursimulatie.

HOTSPOT BUURTEN IN AMSTERDAM EN LELYSTAD

HOTSPOTBUURTEN

Het laden van BEV's vergt een hoog vermogen, dat tot 5 à 10 maal de huishoudelijke piekvraag kan oplopen. Als veel auto's tegelijk gaan laden in dezelfde wijk kan dat leiden tot overbelasting van het lokale elektriciteitsnet (netcongestie). De effecten kunnen per wijk verschillen. Iedere wijk heeft een andere opbouw en andere specifieke kenmerken die van invloed zijn op de netcongestie. In de analyse staan hotspotbuurten centraal. Dit zijn wijken waarvan naar verwachting op korte termijn knelpunten gaan ontstaan bij het laden van BEV. Het kenniscentrum van de netbeheerders (ElaadNL) voorziet in 2025 al congestie in meer dan 3.000 van de in totaal bijna 14.000 CBS buurten¹.

Het risico op netcongestie hangt nauw samen met het aantal BEV's in de wijk. Daarnaast wordt dit beïnvloed door andere factoren, waaronder:

- › Laadbehoefte van deze BEV's o.b.v. ritafstanden en type BEV's
- › Bewoners/Consumentengedrag (leidend tot hoge overige huishoudelijke elektriciteitsvraag)
- › Verhouding publieke vs. thuislaadpunten (waarbij de beleidsmatige en regeltechnische aangrijpingspunten voor maatregelen verschillen)
- › De capaciteit van de wijktransformator
- › De aansluitcapaciteit bij de woningen (zware thuisaansluiting geeft hogere laadpiekvraag, tot 22 kW).
- › Overige vraag (o.a. warmtepompen) en aanbod (zon pv) van elektriciteit

ARCHETYPE HOTSPOTBUURT

Aansluitend bij de deze factoren, hebben we twee contrasterende archetype hotspotbuurten gedefinieerd. Per hotspotbuurt zijn de verschillende maatregelen gemodelleerd om te kunnen zien hoeveel extra laadpunten mogelijk worden, binnen de capaciteitsgrenzen waarbij netcongestie beheersbaar blijft.

AMSTERDAM EN LELYSTAD.

Voor twee archetype hotspot-buurten in Nederland (één wijk in Amsterdam en één in Lelystad) zijn de effecten van de oplossingsrichtingen in kaart gebracht. De hotspotwijken verschillen van elkaar. Allereerst verschillen ze in het aantal BEV's per wijk. Daarnaast zijn er verschillen in ritafstanden van gebruikers. Deze zijn in Lelystad groter dan in Amsterdam. Zo is de woon-werkafstand gemiddeld 15.6 km in Amsterdam versus 33.1 km in Lelystad. Deze ritafstanden zijn landelijk gezien behoorlijke uitersten.

Ook is de verhouding laadpunten op publieke plekken versus thuisladen meegenomen. In Lelystad zijn veel meer thuislaadpunten dan in Amsterdam: gemiddeld 25% in Amsterdam versus 75% in Lelystad.

EFFECTEN VAN OPLOSSINGSRICHTINGEN

MODEL IMPLEMENTATIE OPLOSSINGSRICHTINGEN

De oplossingsrichtingen kennen verschillende drijfveren waardoor gebruikers of het systeem ander gedrag laat zien. Het effect van drijfveren is dat het laadproces van de auto verandert: er wordt op bepaalde tijden juist wel of juist niet geladen, of er wordt bijvoorbeeld thuis minder geladen omdat op werk (of andere locatie) laden goedkoper is. Het zijn deze effecten die in de analyse bepalend zijn voor de modelresultaten, uitgedrukt in het (extra) aantal BEV's dat door de oplossingsrichting in een wijk geladen kan worden.

ADOPTIEGRAAD VAN DE MAATREGELN

Omdat het gedrag van gebruikers lastig te voorspellen is (bijvoorbeeld wat is het effect van een variatie in tarief), en dat ook nog sterk afhankelijk is van sociaal demografische factoren, is er bij deze analyse gekozen om de adoptiegraad te variëren van de verschillende maatregelen. Op deze manier kan je de trend van de effecten in kaart brengen bij verschillende percentages van gebruikers van die maatregel. Dit is dan te combineren met een resultaat van sociaal wetenschappelijke analyses over hoe waarschijnlijk een bepaalde adoptie zal zijn onder specifieke omstandigheden.

Bij de analyse is gevarieerd in de adoptiegraad van de verschillende maatregelen. Bij de verschillende adoptiegraden doet 25%, 50%, 75% of 100% van de huishoudens mee met de maatregel.

Oplossingen voor lokale impact laden EV

Maatregel	Verwachte gebruikersreactie	Parameters in de analyse
1 Bandbreedtemodel+	Boven een bepaalde stroomafname, buiten je bandbreedte, betaal je extra. Wij nemen hierbij aan dat gebruikers daarom kiezen voor laden met een lager vermogen en/of om niet te laden op bepaalde piekmomenten maar op een ander moment, dat kan variëren van gebruiker tot gebruiker.	Privé laders laden op lager vermogen; tijdens piekuren krijgen zowel publieke als privé laders minder beschikbaar vermogen. Sommige gebruikers laden niet tijdens piekuren ivm hun bandbreedte. In de wijk starten gebruikers geleidelijk weer met laden.
2 Een variabel tarief	De stroomkosten variëren over de dag. Voor de uitvoeringsvorm met tariefwisseling op vaste tijden* nemen wij hierbij aan dat gebruikers niet laden tijdens de "dure" tijdsblokken in de ochtend- en avondpiektijden op het net.	Publieke en privé laders worden niet gebruikt tussen 08:00 tot 11:00 uur en tussen 17:00 tot 23:00 uur.
3 Gebruikers motiveren buiten de piektijden of gespreid te laden	Gebruikers weten dat laadpieken het net kunnen overbelasten. Ze gaan daarom niet laden tijdens de (huishoudelijke) avondpiek en/of spreiden hun laadpieken door laden met lager vermogen.	Laadvermogen is verlaagd aan de hand van de connectietijd die de voertuigen over de rest van de dag hebben (spreiden van de laadvraag).
4 Vermogen beperken wanneer nodig (door de beheerder)	De netbeheerder verlaagt bij beperkte netcapaciteit (dwingend) de laadstroom voor zowel thuis- als publiek laden. Wij nemen hierbij aan dat gebruikers niet laden tijdens de ochtend- en avondpiek met "krappe" netcapaciteit.	Publieke en privé laders krijgen op problematische uren minder beschikbaar vermogen. Het laden wordt gespreid over de tijd wanneer nodig (bijv. tijdens piekuren)
5 Virtueel clusteren van aansluitingen achter één transformator	De beheerder van het cluster beperkt zo nodig de beschikbare capaciteit van laadpunten. Wij nemen hierbij aan dat gebruikers niet of met lagere vermogens laden tijdens de ochtend- en avondpiek met "krappe" netcapaciteit.	Publieke en privé laders krijgen op problematische uren minder beschikbaar vermogen. Het laden wordt gespreid over de tijd wanneer nodig (bijv. tijdens piekuren)
6 Slim plannen in de ruimte: het creëren van laadpleinen	In wijken met krappe netcapaciteit worden als alternatief laadpleinen gecreëerd op locaties waar wél genoeg netcapaciteit is. Wij nemen aan dat gebruikers dan minder publiek laden in de eigen wijk en méér op het laadplein in de wijk.	Privé laders hebben lager vermogen en mensen laden ook (op andere tijden, bijv. overdag) op plaatselijke snellaadstations.

*) Deze maatregel kan ook geïmplementeerd worden met dynamische tarifiering (zie "volledige STOEP analyse"). Effecten van deze uitvoeringsvorm zijn niet onderzocht.

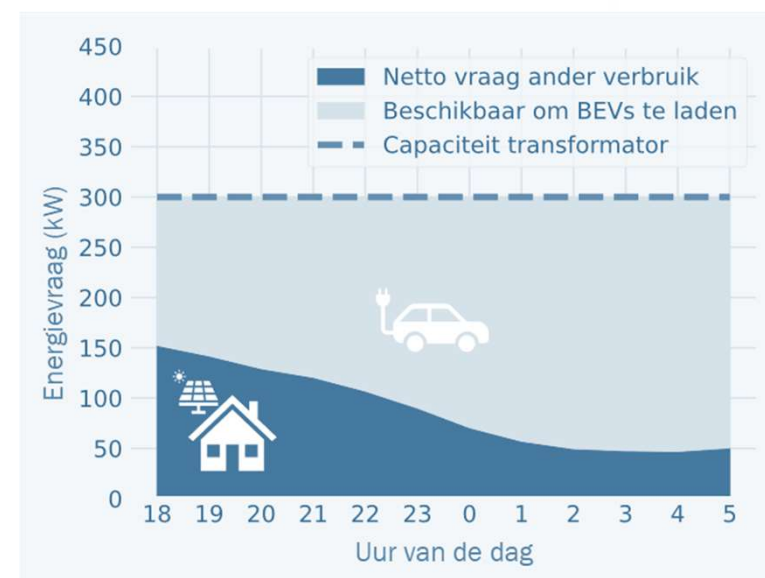
MODELLEREN VAN SPREIDINGSEFFECTEN ALS OPLOSSINGSRICHTING

Met maatregelen waarbij het vermogen verdeeld wordt over de beschikbare laadtijd, of verlaagd wordt op het moment dat er teveel laadvraag is (zie maatregelen BBM+, vermogen beperken en virtueel clusteren) is veel te bereiken. Voor deze oplossingsrichting is bepaald wat er theoretisch gezien mogelijk is. In de praktijk zal dat een bovengrens geven en niet altijd gehaald worden.

Voor het maximum aantal BEV per huishouden wordt het beschikbare vermogen bekeken gedurende de periode dat de auto's normaliter laden, zie de figuur rechts. Vanuit de laadbehoefte van alle auto's in de buurt wordt bepaald hoeveel er theoretisch gezien voldoende kunnen laden. Dan blijkt het volgende:

Met theoretische spreiding kan elk huishouden gemiddeld minstens één (en op sommige dagen, max 2,4) BEV laden, onder de aannames:

- › Geen overschrijdingen bij de transformator (ideale situatie, zie de figuur)
- › De beheerder of eigenaar verplaatst de laadvraag om hieraan te voldoen
- › Elektrische voertuigen zijn (minimaal) van 18.00 tot 06.00 aangesloten
- › Het is acceptabel om niet iedere dag een 100% volle batterij te hebben (Wat betekent dat BEV's hun dagritten niet altijd volledig kunnen terugladen. Als dit *niet* acceptabel is, wordt modelmatig gekeken naar de meest uitdagende dag; wanneer het laden soms even kan wachten, naar een 'gemiddelde dag'. In dit document wordt uitgegaan van een gemiddelde dag, waarbij de ritten op deze dag volledig worden teruggeladen.)



Figuur energiec capaciteit: maximale volume aan energie beschikbaar voor het laden van elektrische voertuigen.

In de praktijk zal het theoretisch maximum doorgaans niet worden gehaald. In de detailanalyse (zie volgende slides) is gekozen voor een beperkte spreiding van de vraag, die verspreid wordt naar uren op de dag buiten de piekmomenten.

DE LAADVRAAG SPREIDEN LOONT!

SPREIDEN MET BBM+, VERMOGEN BEPERKEN EN VIRTUEEL CLUSTEREN

In de analyse wordt bepaald wat het effect is op het aantal BEV's per huishouden dat kan laden, voor verschillende adoptieniveaus van een maatregel. De figuren rechts tonen met de verschillende gekleurde lijnen in één diagram het effect bij een adoptie van een maatregel door de huishoudens van 25% (laag), 50% (medium), en 100% (hoog).

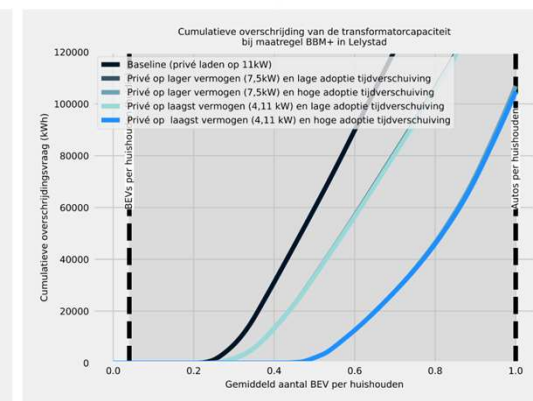
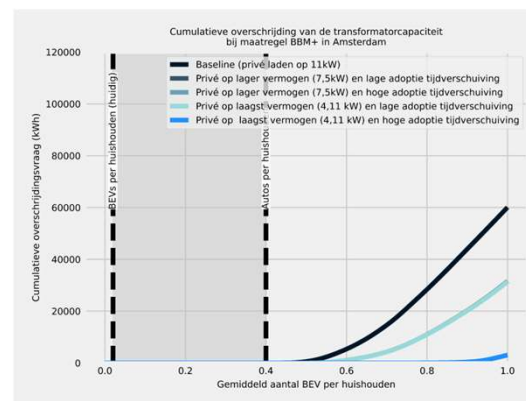
Bandbreedtemodel+

Bij de maatregel BBM+ laden gebruikers bij voorkeur hun voertuig wanneer hun overige energievraag laag is, zodat het totale gevraagde vermogen lager en binnen de bandbreedte blijft. Dit heeft een positief effect. In de figuur is te zien dat in Amsterdam met een hoge adoptie van deze maatregel, ongeveer één BEV per huishouden mogelijk is. Voor Lelystad ligt dat wat lager (ongeveer 0,5 BEV), daar is de laadvraag groter. De uitkomsten zijn hier gevoelig voor.

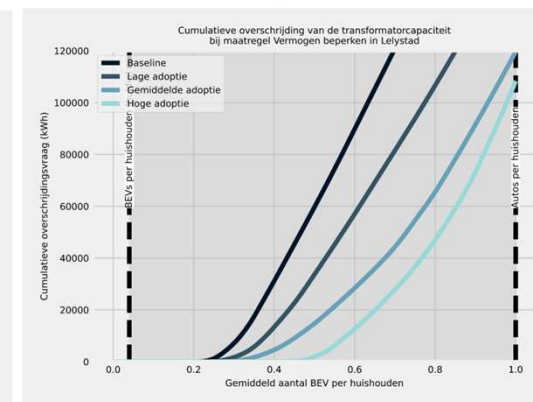
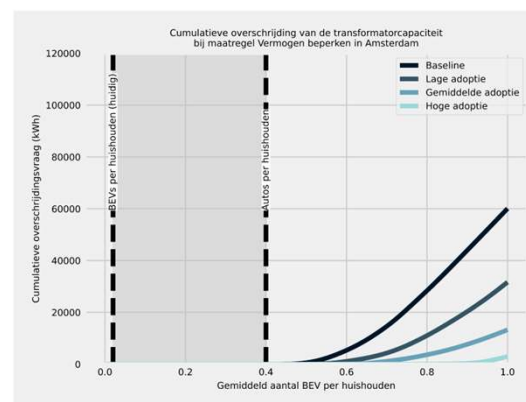
Specifiek, heeft de maatregel BBM+ vooral een positief effect bij het verplaatsen van laadmoment. Het op lager vermogen laden op privéterrein (4kW i.p.v. 7,5 kW) heeft nauwelijks effect. De lijnen vallen in de figuren dan ook over elkaar: slechts een baseline en twee maatregellijnen zijn zichtbaar.

Vermogen beperken en Virtueel clusteren

Deze maatregelen zorgen op een gecontroleerde manier dat de transformatorcapaciteit niet overschreden wordt en geknepen wordt wanneer nodig. We zien hier dezelfde effecten als bij BBM+ : hoe groter de adoptie, hoe meer auto's per huishouden geladen kunnen worden. Wederom wordt in Lelystad minder dan één auto per huishouden gehaald, zelfs bij maximale adoptie.



De cumulatieve overschrijding bij de maatregel BBM+ en maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens te blijven.



De cumulatieve overschrijding bij de maatregel vermogen beperken/virtueel clusteren en maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens te blijven.

VARIABEL TARIEF POSITIEF EFFECT, MITS GOED AFGESTEMD

VARIABEL TARIEF: VOORKOMEN UITGESTELDE LAADPIEK IS NODIG

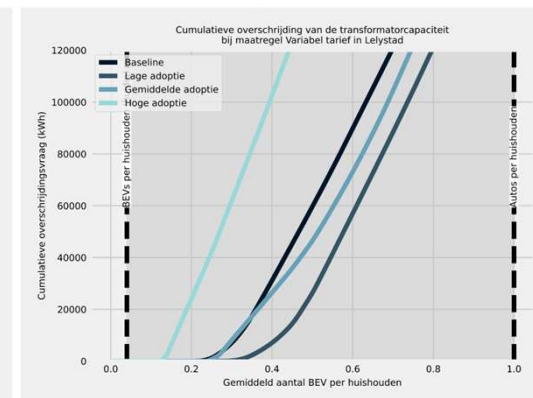
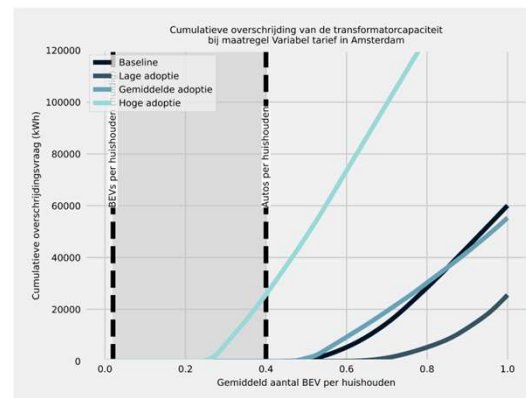
Bij variabel tarief is de precieze implementatie van belang. Wanneer de maatregel motiveert dat iedereen om 23:00 uur tegelijkertijd de lader aanzet als het goedkope tarief ingaat, heeft alleen de laagste adoptievariant een positief effect. Wanneer een deel van de gebruikers hun laadvraag naar een later, gunstiger tijdstip verplaatst, blijft de transformator pieklast lager.

Bij deze maatregel is de uitvoering dus bepalend. Bij massaal om 23:00 uur starten met laden, is het effect alleen positief als slechts een klein deel van de gebruikers de maatregel volgt. Bij 50% adoptie is het effect neutraal en bij een adoptie van 100%, wanneer alle voertuigen tegelijk om 23:00 starten met laden zelfs negatief. Dit is een averechts effect, waarbij juist grotere gelijktijdigheid door de maatregel wordt gecreëerd dan in de situatie zonder deze maatregel, waar auto's gaan laden wanneer ze aankomen, met meer variëteit in de starttijd van het laden. Om deze uitgestelde laadpiek te voorkomen is het noodzakelijk om het starten van de laadsessies in de tijd te spreiden, bijvoorbeeld over een paar uur.

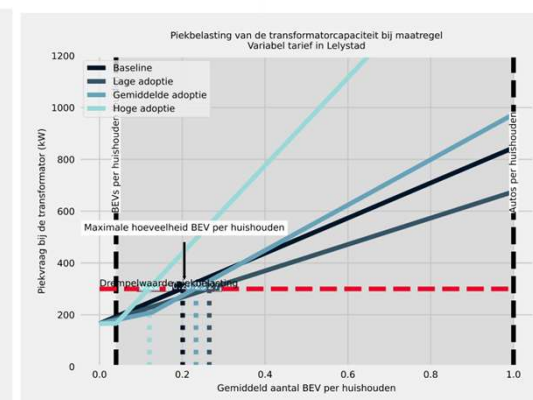
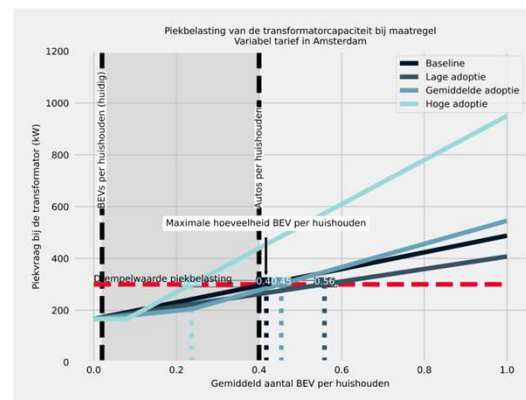
Resultaten

Wanneer de uitgestelde laadpiek niet voorkomen wordt, zou bij lage adoptie gemiddeld 0,75 BEV per huishouden in Amsterdam kunnen laden. In het slechtste geval, bij een verschoven hoge piekbelasting en hoge adoptie van de maatregel, zou slechts gemiddeld 0,25 (Amsterdam) en 0,12 (Lelystad) BEV per huishouden kunnen laden. Extreme getallen, maar een belangrijke constatering. Bij een betere spreiding, heeft deze maatregel een vergelijkbare potentie als de andere spreidingsmaatregelen: BBM+, vermogen beperken en virtueel clusteren.

Oplossingen voor lokale impact laden EV



Deze figuren tonen de *cumulative overschrijding* bij de maatregel Variabel tarief, en een maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens te blijven.



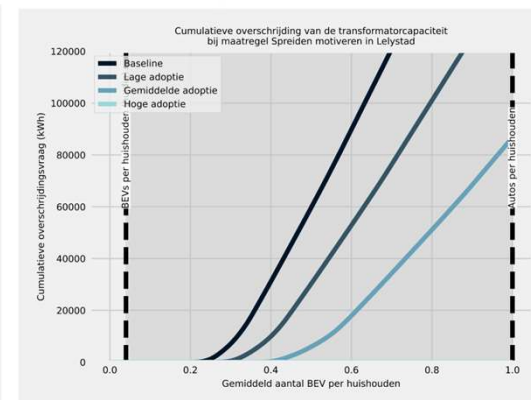
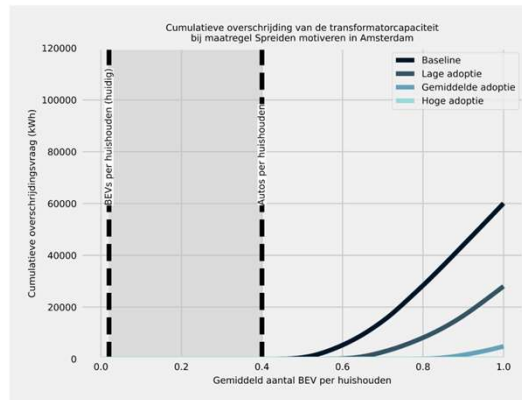
Deze figuren tonen de *piekbelasting* bij de maatregel Variabel tarief, en maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens voor piekbelasting te blijven. NB de grafieken zijn gemaakt op basis van *uursimulatie*.

LADEN BUITEN DE PIEKTIJDEN EN SLIM PLANNEN IN DE RUIMTE

GEbruikers MOTIVEREN BUITEN DE PIEKTIJDEN OF GESPRED TE LADEN

Bij het spreiden van de laadvraag over de beschikbare tijd voor het laden (naar rato van de laadbehoefte op basis van 'state-of-charge') wordt de voor de BEV's benodigde hoeveelheid stroom gelijkmatig(er) verdeeld over de tijd waardoor laadstroompieken afnemen.

De percentages van mensen die meedoen (adoptie) zijn in het model vastgesteld op 25%, 50%, en 100%. De grafieken laten zien dat deze maatregel een sterke impact heeft op de belasting van de transformator. Bij 100% adoptie van de maatregel, dus wanneer iedereen mee doet, biedt deze maatregel zelfs ruimte voor meer dan één BEV per huishouden in Amsterdam (valt buiten de grafiek).

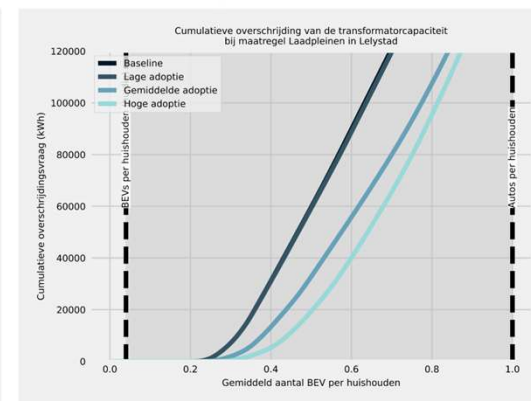
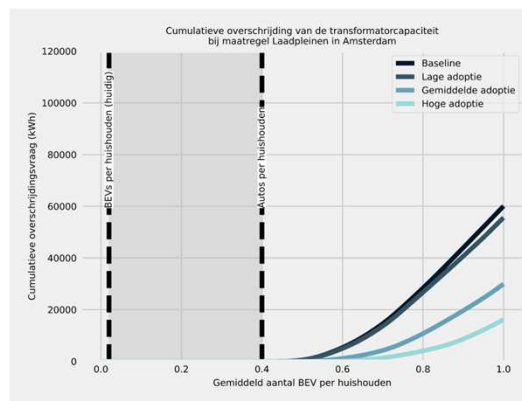


De cumulatieve overschrijding bij het laden van elektrische voertuigen (BEV) en maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens te blijven, bij *Gebruikers motiveren buiten de piektijden of gespreid te laden*.

EFFECTEN GEBRUIK VAN "SLIM PLANNEN IN DE RUIMTE - LAADPLEINEN"

De maatregel waar gebruikers (ook) laadpleinen/stations gebruiken heeft ook een significant effect op het maximaal te laden aantal BEV's in de wijk, dat toeneemt met de mate van participatie. Dit komt voornamelijk omdat gebruikers nu niet meer per se alleen laden wanneer ze op een bestemming aankomen (voornamelijk thuis en op werk), maar daarnaast ook speciaal gaan laden bij andere (snel)laadgelegenheden. In onze cases, gebeurt dat bijvoorbeeld wanneer een deel van de gebruikers op een ander moment, zoals tijdens de lunchpauze, op deze locatie gaat laden.

Hier zien we het voor de hand liggende effect dat het aantal BEV's per huishouden in een buurt kan toenemen als een deel van de stroomvraag op een dergelijke wijze in de wijk geladen kan worden.



De cumulatieve overschrijding bij het laden van elektrische voertuigen (BEV) en maximaal aantal BEV om binnen de gestelde capaciteitsgrens te blijven, bij de maatregel *Slim plannen in de ruimte: het creëren van laadpleinen*.

› EFFECT VOOR HET ENERGIENETWERK

RESULTATEN KWANTITATIEVE ANALYSE

Samengevat geeft de kwantitatieve analyse de volgende inzichten:

- › Het spreiden van de laadvraag in de tijd zorgt voor een betere inpassing van het laden in de buurt. De laadcapaciteit heeft een absoluut maximum wanneer je kijkt naar de beschikbare energie in een buurt gedurende de nacht. Om dit maximum te bereiken moet het laden van alle auto's optimaal worden ingepland, wat in praktijk lastig haalbaar is. Oplossingsrichtingen waarin de vraag gespreid wordt, hebben een positief effect op het energienetwerk, dat zeer afhankelijk is van het adoptieniveau van de maatregel.
- › Er zijn maatregelen waarbij het spreiden van de vraag in eerste instantie goed lijkt te werken. De vraag wordt dan buiten de piektijden ingevuld. Echter, wanneer iedereen daardoor hetzelfde (uitgestelde) moment kiest om te starten met laden, bijvoorbeeld wanneer een lager tarief ingaat, zorgt dit voor een *afname* van het aantal te laden BEV's per huishouden. Dit is iets om rekening mee te houden bij de implementatie.
- › Afhankelijk van het type buurt zien we verschillen in het maximaal aantal te laden BEV's per buurt. Dit hangt, onder ander, in sterke mate af van het aantal kilometers dat gebruikers rijden. In Amsterdam, waar gemiddeld gezien per voertuig minder kilometers worden gereden, kunnen daarom meer elektrische voertuigen geladen worden met dezelfde hoeveelheid totale energie, dan in bijvoorbeeld Lelystad.
- › Het spreiden van de vraag door op andere locaties in dezelfde buurt (bijv. op laadpleinen of snellaadlocaties) te gaan laden, heeft een positief effect op het aantal BEV's dat in de buurt kan laden. Zeker wanneer een deel van de laadbehoefte ook op andere tijden wordt ingevuld en geladen wordt op een (voor het netwerk) gunstige locatie.





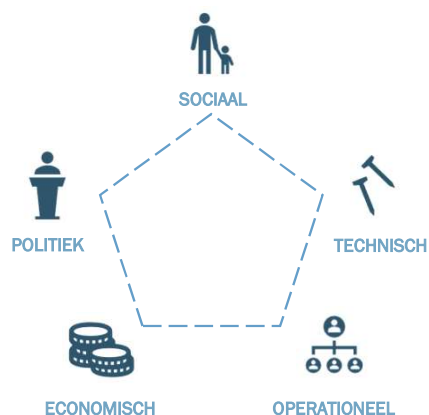
› HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELEN

HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELEN

Naast de effecten op het efficiënter benutten van het elektriciteitsnetwerk van de verschillende oplossingsrichtingen, kijken we ook naar de haalbaarheid van maatregelen.

De haalbaarheid van maatregelen wordt bepaald door meerdere factoren. Daarbij geldt dat maatregelen die motiveren makkelijker zijn te implementeren dan maatregelen die (complexe) samenwerking vragen van meerdere partijen.

Ter onderbouwing van de haalbaarheid is de impact van de maatregelen op vijf verschillende aspecten beoordeeld: Op sociale, technische, operationele, economische en politieke impact.



STOEP MODEL

Bij de haalbaarheid van de maatregelen zijn er verschillende dimensies die een rol spelen. In de analyse is het STOEP-model gehanteerd (zie o.a. Pollaert en Ruigrok, 2002; Grit, 2012). Hierin worden de volgende dimensies onderscheiden:

Sociaal: Worden de maatregelen (maatschappelijk) geaccepteerd door gebruikers en de samenleving? Welke aspecten van de maatregelen kunnen op weerstand van gebruikers en/of de samenleving stuiten en hoe kan deze weerstand worden overwonnen?

Technisch: hoe geavanceerd (of eenvoudig) is de maatregel op technisch gebied, bijvoorbeeld bij het sturen van laden (eenvoudige/vooraf geplande besturing versus meer complexe/dynamische patronen), benodigde hardware of software en data-uitwisseling. Dit omvat ook ruimtelijk beheer, zowel wat betreft hoe de locatie van laadpalen de laadvraag in de ruimte spreidt, als wat betreft waar en hoe de laadpalen op het net worden aangesloten.

Operationeel: Soms zijn er regelingen die de operationele uitrol van de maatregel belemmeren. (zoals bijvoorbeeld de privacyregelgeving voor data (APG, 2022). De nieuwste regelgeving rond energiegemeenschappen (Rijksoverheid, 2022) biedt nieuwe opties en behoeften voor wijzigingen in de regelgeving. Daarnaast vereist de maatregel soms (complexe) samenwerking tussen stakeholders.

Economisch (of financieel): Wat is de haalbaarheid op gebied van bedrijfsmodellen voor bedrijven en wat zijn de juiste prikkels voor consumenten om deel te nemen? En hoe ziet het economisch perspectief eruit?

Politiek: Maatregelen kunnen politieke impact hebben, zoals een verdeling van de kosten. Of impact op steden die de openbare ruimte relatief ontlast proberen te houden van installaties zoals laadpalen.

HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELLEN

Belangrijke punten omtrent de haalbaarheid van de maatregelen zijn samengevat in onderstaande tabel:

Maatregel	Belangrijkste STOEP factoren	Haalbaarheid
1) Bandbreedtemodel (BBM+)	Bij BBM+ zien we dat vooral de <u>T</u> echnische, <u>O</u> peratieve (regeltechnische) en <u>P</u> olitieke factoren spelen. (Ook afhankelijk van oordeel toezichthouder ACM).	Gemiddeld
2) Variabel tarief	Regelgevingstechnisch mogelijk. Zit vooral in haalbaarheid van afspraken: <u>S</u> ociaal en <u>P</u> olitiek draagvlak. Dit speelt vooral bij de uitvoeringsvorm met “dynamische tarifiering” en lijkt makkelijker bij de uitvoeringsvorm met tariefwisselingen op vaste tijden (statische tarifiering).	Gemiddeld, bij uitvoeringsvorm statische tarifiering. Lager bij dynamische tarifiering
3) Motiveren buiten de pektijden laden	Hier speelt met name de factor <u>S</u> ociaal. Lukt het om genoeg mensen bewust én gemotiveerd te krijgen? Slaagkans ook afhankelijk van beleidsinspanning (o.a. bewustwordingscampagnes).	Lastig in te schatten, hangt af van deelname gebruikers. Bij genoeg campaigning*: Middel
4) Vermogen beperken (door netbeheerder)	Sociaal, Politiek, Operationeel liggen hier uitdagingen. Het gedwongen beperken van laadstroom bij thuisladen beïnvloedt het privédoel van consumenten. Dit vergt ook <u>P</u> olitieke keuzes. Laadvermogen beperken bij publieke laadpunten lijkt makkelijker te regelen (in de concessie met een CPO) en gebeurt al**. <u>T</u> echnische barrières lijken oplosbaar.	Alleen publiek: hoog Alleen thuis of hybride publiek/thuis: laag-mid
5) Laadpunten (virtueel) clusteren achter één transformator	Sociale, Politieke, Operationele uitdagingen. Ook hier geldt (net als bij vermogen beperken) dat het gedwongen (virtueel) clusteren makkelijker lijkt te organiseren voor publieke laadpunten dan voor thuislaadpunten. In het bijzonder voor thuisladen (consumenten) vergt dit een <u>P</u> olitieke keuze, resulterend in regelgeving die clusteren mogelijk maakt (<u>O</u> peratieve).	Alleen publiek: hoog Alleen thuis of hybride publiek/thuis: Laag-mid
6) Laadplein in de wijk met meer netcapaciteit	Sociale factor: Bereidheid om auto verder weg te parkeren en te laden. Eventueel aangejaagd door goedkoper laden op deze locatie. Operationeel: laadpleinen vergen ruimte en verkeersbewegingen (mogelijk ook weerstand van bewoners nabij laadplein).	Gemiddeld, ook afhankelijk van de lokale (sociale en geografische) situatie

* Mogelijk kan hierbij geleerd worden van succesvolle campagnes, bijvoorbeeld rond afvalscheiding, anders reizen of gezond leven.

** [3 keer meer openbare laadpunten mogelijk zonder extra netbelasting - Gemeente Amsterdam](#)

VOLLEDIGE STOEP ANALYSE

UITWERKING STOEP ANALYSE PER MAATREGEL

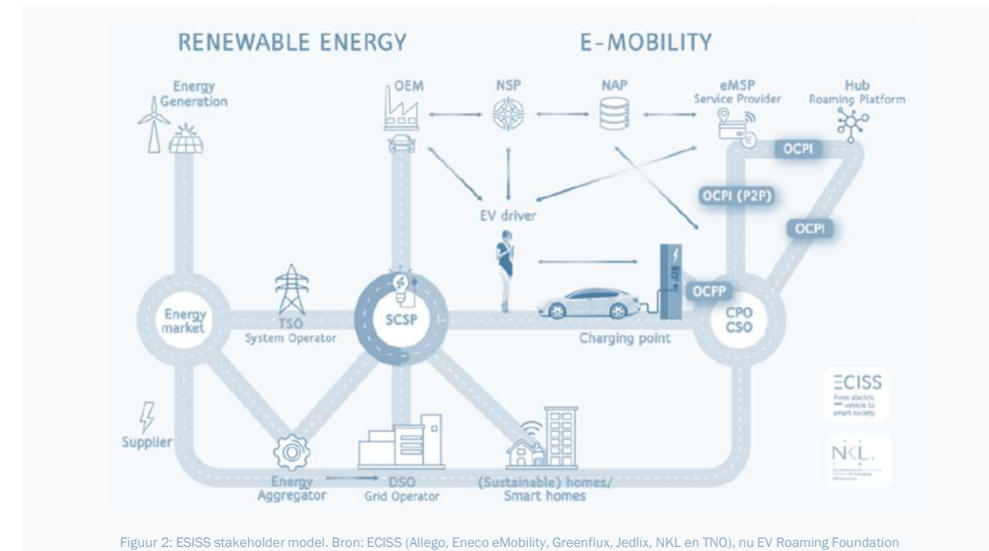
1 Het Bandbreedtemodel+

- › Sociaal: Met deze maatregel betaal je voor netgebruik naar piekbelasting. De maatregel kan een uitdaging geven omdat gebruikers een vermogens-limiet moeten kiezen voor hun elektriciteitsafname (hoger is duurder), maar kan ook perspectief bieden in de huidige context met stijgende energieprijzen waarin mensen bewuste keuzes maken om te kunnen besparen. Het is belangrijk het systeem goed uit te leggen zodat mensen het systeem kunnen begrijpen.
- › Technisch: De technische uitdaging ligt bij de administratie, met name het opzetten van bandbreedtes, het zorgen dat elke gebruiker een basisbandbreedte in het systeem krijgt en overschrijdingen bijhouden. Het facturatie-systeem is waarschijnlijk complexer dan het huidige.
- › Organisatorisch: De organisatie ligt bij netbeheerders en stroomleveranciers. Daar zijn goede overeenkomsten nodig over de verschillende taken en het delen van de benodigde data. Gebruikers moeten kiezen welke vermogensbandbreedte bij hun situatie past en hebben de juiste informatie nodig.
- › Economisch: Bij deze maatregel worden de kosten anders verdeeld; mensen betalen naar voor hen (beschikbaar) vermogen. Afhankelijk van de gedragsverandering, kan deze maatregel ervoor zorgen dat de overbelasting op het netwerk minder groot wordt waardoor er op kosten, naar aanleiding van veroudering en verzwaaring zonder de maatregel, kan worden bespaard.
- › Politiek: Politiek gezien raakt dit aan een belangenafweging, speciaal de impact op de verschillende categorieën kleinverbruikers. Sommige gebruikers zullen meer gaan betalen, sommigen wellicht hetzelfde of minder, maar met minder rechten/mogelijkheden.



2 Een variabel tarief (tarief afhankelijk van tijdstip of netcapaciteit)

- › Sociaal. Er is een financiële prikkel, waarop het laadgedrag door de gebruiker wordt aangepast. Volgens de gedragstheorie van West en Mitchie (2020) zal hiervoor: 1) de gebruiker lagere kosten belangrijk genoeg moeten vinden (motivation), 2) moet de gebruiker begrijpen hoe aanpassing van zijn gedrag leidt tot lagere kosten (opportunity), 3) moet het mogelijk zijn voor de gebruiker het laadproces zo in te richten dat het effect van lagere kosten er ook is (capability) en 4) moeten er duidelijke afspraken zijn over tarieven.
- › Technisch. Het bemeten en factureren van momenten met verschillende tarieven vereist afspraken tussen de partijen in de keten (zie Figuur 2). Hier zal technologische ondersteuning voor nodig zijn.
- › Organisatie. Voor statische tarifiering zullen partijen in de keten om moeten kunnen gaan met dynamiek in de tarieven. Het hele billing en accounting proces moet hier op worden ingericht. Dat betekent samenwerking tussen de partijen in Figuur 2. Voor dynamische tarifiering komen daar nog meer partijen bij die een rol hebben in het lokale energiesysteem: o.a. de netbeheerder (DSO) en lokale elektriciteitsproducent(en).
- › Economisch. Er zijn economische effecten op de gebruiker en voor de overige partijen in het systeem (zie figuur rechts). Wanneer de tarieven op sommige moment lager zijn, zijn de kosten voor de gebruiker lager, maar ook zijn de opbrengsten lager voor de dienstverleners. Wanneer dat niet in de pas loopt met de actuele prijzen van energie kan het netto effect negatief zijn. De netto balans zal uitmaken of het resultaat wenselijk is voor het systeem. Als de systeemeffecten ook positief zijn, in de zin dat verzwaring minder hard of helemaal niet meer nodig is, dan kan het kwartje de goede kant op vallen.
- › Politiek. Op dit moment is tarifiering een vrije markt en ligt de mogelijkheid voor het vaststellen van tarieven bij de CPO/eMSP (NKL, 2022).



Figuur 2: ESISS stakeholder model. Bron: ECISS (Allego, Eneco eMobility, Greenflux, Jedlix, NKL en TNO), nu EV Roaming Foundation

SAMENSPEL VAN SPELERS IN HET EV LANDSCHAP (ZIE FIGUUR 2)

Vaste tarieven per contractperiode: Op dit moment worden tarieven in het geval van publiek laden bepaald door de eMSP (service provider), en deze liggen meestal vast door een enkel tarief per kWh af te geven, ongeacht het tijdstip. Bij de snellaadstations kan de CPO (beheerder laadstation) meer leidend zijn in de tarifiering, waardoor de scheiding tussen eMSP en CPO minder scherp is. De gebruiker heeft ofwel een relatie met een eMSP en zal hiermee afspraken maken, of het tarief zal aan de laadpaal duidelijk moeten zijn (NKL, 2022).

Voor dynamische tarifiering is het ingewikkelder. Het tarief is dan gebaseerd op veranderende lokale omstandigheden, waarbij (veel) informatie moet samenkomen in het tariefmechanisme. Dan zal ook de gebruiker moeten reageren op de tarieven en het laadproces aan de vraagkant aanpassen (vaak via een geautomatiseerd proces). Tariefinformatie wordt bepaald en gecommuniceerd (in real time) dus dat vereist ook een communicatie infrastructuur.

3 Gebruikers motiveren buiten de pektijden of gespreid te laden

- › Sociaal: Kennis over spreiden is nodig (weten dat het bestaat). Kennis over het automatische systeem in de auto hiervoor kan helpen. De motivatie van gebruikers (mogelijk tegen een vergoeding, of gewoon omdat het kan en het helpt om netcongestie te voorkomen), is belangrijk, net als sociale effecten.
- › Technisch: Gebruikers kunnen zelf hun voertuig pas na de pektijden aansluiten of kunnen hardware en software gebruiken die de laadvraag helpt te spreiden. Technisch gezien relatief eenvoudig en goedkoop.
- › Operationeel: De operationele kant kan o.a. liggen bij de software in de auto. Een aandachtspunt is de standaardisatie en eenvoud van gebruikerservaring, die in balans moeten zijn met de mogelijkheden van het systeem (bijv. aan meerdere situaties kunnen voldoen, en eventueel reactief kunnen zijn). Ook moeten systemen op gebruiksvriendelijke wijze kunnen omgaan met zowel een gecontroleerde omgeving als keuzemogelijkheid voor de gebruiker.
- › Economisch: De economische vraag hier is hoe het voordeel voor de netbeheerders met de gebruikers wordt gedeeld. Als de niet-economische voordelen (sociale effecten, motivatie om het milieu te helpen, etc.) hoog genoeg zijn, en economisch voordeel niet perse nodig is, heeft de maatregel vooral economisch voordeel voor de netbeheerder.
- › Politiek: Motiveren van gebruikers vraagt in principe niet om nieuwe regelgeving, omdat de deelname vrijwillig is. Een aandachtspunt is dataprivacy en de ruimte van autofabrikanten om data over laadgedrag te gebruiken.

4 Vermogen beperken door de netbeheerder wanneer nodig

- › Sociaal: De grootste uitdaging is de acceptatie van gebruikers. De kernelementen zijn dat de gebruikers goed weten waarom de beperkingen er zijn, hoe ze hun behoeftes mogelijk beperken, op welke basis en hoe de beslissing door de netbeheerder is gemaakt. Ook belangrijk zijn mogelijke compensaties of opt-out mogelijkheden.
- › Technisch: Een essentieel element is dat de laadpalen op afstand stuurbaar moeten zijn. Hiervoor is er zowel hardware (o.a. communicatiemogelijkheden) als software nodig. In principe voorhanden, maar wel noodzakelijk. De maatregel lijkt (vooralsnog) alleen uitvoerbaar bij (semi-) publieke installaties, i.v.m. bestaande contracten vóór de meter bij privéinstallaties.
- › Operationeel: De maatregel moet ofwel dynamisch worden gemaakt op basis van monitoring, ofwel structureel op vaste tijden, waarbij kennis van knelpunten in de elektriciteitscapaciteit en elektriciteitsvraag vooraf bekend zijn. Er moet worden voorkomen dat een beperking, om een piek in de vraag te voorkomen, naar een latere piek verschuift. Ook vormt de precieze uitvoering van de maatregel een belangrijk element voor de acceptatie.
- › Economisch: Economische dimensies zijn de voordelen die de netbeheerder krijgt door minder last op het netwerk te krijgen (en dus minder te hoeven uitgeven aan onderhoud en investering), de compensatie die de gebruikers krijgen voor hun beperkingen en voor het voordeel dat ze aan netbeheerders leveren, en de kosten om het systeem te sturen (kosten aan sturende partij).
- › Politiek: De vraag is of deze maatregel mag worden ingezet op basis van de huidige regelgeving, op welke manier precies, en welke veranderingen door welke partijen er moeten komen om deze maatregel uit te voeren.

5 Virtueel clusteren van aansluitingen achter één transformator

- › Sociaal. De sociale impact is afhankelijk van de invulling van de dienst die de clusterbeheerder aanbiedt aan de gebruiker. Afhankelijk van hoe de beschikbare capaciteit wordt verdeeld, welke flexibiliteit wordt gevraagd van de gebruikers en of deze maatregel met of zonder garanties van gevraagde energie voor het laden wordt uitgevoerd, is de impact groter of kleiner.
- › Technisch. De techniek om het cluster te besturen bestaat al. Hoe de verdeling over de aansluitingen wordt gedaan (evenredig, of naar rato van energiebehoefte) is afhankelijk van het type dienst dat de clusterbeheerder wil leveren aan de gebruikers. De algoritmie is beschikbaar, maar zal voor een specifieke situatie van het cluster moeten worden geïmplementeerd. Met behulp van metingen op de transformator en communicatie met de netbeheerder, kan de clusterbeheerder actie ondernemen op clusterniveau.
- › Organisatorisch. Een aantal partijen zal hier met elkaar afspraken over moeten maken. O.a. zijn dit de netbeheerder, de clusterbeheerder, de laadpaal exploitant en de service provider.
- › Economisch. Het voordeel van deze maatregel moet zitten in het beter benutten van de beschikbare infrastructuur. Of dat opweegt tegen de kosten voor het implementeren van deze maatregel is een vraag. Wat dit voor iedere betrokken partij betekent, niet in de laatste plaats voor de gebruiker en zijn voertuig op economisch/financieel vlak is een onderzoeksvraag.
- › Politiek. Het cluster legt beperkingen op aan de aansluitingen in het cluster waardoor deelname van gebruikers niet vanzelfsprekend is. Als deelname niet vrijwillig is, zal er regelgeving nodig zijn om dit af te dwingen.



6 Slim plannen in de ruimte: het creëren van laadpleinen

- › Sociaal: Deze maatregel vraagt de gebruikers om een van de voordelen van elektrisch vervoer op te geven: dat mensen kunnen laden waar ze willen/op de plekken waar hun auto zich op “natuurlijke wijze vindt”. In andere woorden, dat gebruikers niet naar een speciale plek hoeven te gaan om te laden (wat ze wél moeten doen om brandstof te tanken).

De vraag is of gebruikers dit voordeel willen opgeven, en tegen welke compensatie. En of elektrisch vervoer voor hen een optie is, als ze structureel alleen op een laadplein in de buurt zouden kunnen laden.

- › Technisch: Op laadpleinen is het mogelijk noodzakelijk om op momenten met beperkte netcapaciteit het vermogen van laders aan te passen. Dit vereist hardware en software bij de laders, maar ook de data om de beslissingen te nemen.

Wanneer gebruikers worden gemotiveerd om naar grotere pleinen te gaan voor het laden, en dit op basis van real-time data gebeurt, wordt data beschikbaarheid ook belangrijk. Deze kan gebruikt worden om gebruikers te informeren wanneer het handig is op een andere plek gaan laden. Gebruikers moeten ook de informatie kunnen krijgen. Dit vereist een communicatie-infrastructuur.

- › Organisatorisch: Bij laadpleinen zijn meerdere partijen betrokken. Zoals de netbeheerders/de beheerders van de laadpalen die netwerk-technisch beslissen. Het is belangrijk om goede overeenkomsten en afspraken te hebben tussen de verschillende beheerders en over inpassing in de ruimtelijke ordening.

- › Economisch: Hier is de belangrijkste dimensie de eindgebruikerskosten. Als het de bedoeling is mensen te motiveren om naar laadpleinen te gaan, dan is een prijsvoordeel op laadpleinen t.o.v. thuisladen zeer belangrijk. De loopafstand naar een laadplein kan mogelijk effect hebben op het gebruik hiervan en daarmee op de transitie naar elektrisch vervoer, afhankelijk van hoe dit wordt uitgevoerd. Economische effecten kunnen daarmee verschillende kanten op gaan.
- › Politiek: De vraag is of deze maatregel kan worden geïmplementeerd op basis van de huidige regelgeving, op welke manier precies, en welke veranderingen (door welke partijen) er moeten komen om deze maatregel uit te voeren.

› VERVOLGSTAPPEN – ONDERZOEKSAGENDA

Deze studie geeft inzicht in verschillende oplossingsrichtingen die de impact van het laden van elektrische voertuigen op het lokale elektriciteitsnet kunnen verminderen, zodat méér auto's geladen kunnen worden. Bij een te grote gelijktijdigheid van de laadvraag kan de transformator-capaciteit overstegen worden. Dit vereist maatregelen die zorgen dat laden in de buurt mogelijk blijft en de groei van EV's niet belemmerd wordt.

INZICHT IN NUANCES IMPACT EN IMPLEMENTATIE

In deze studie zijn zes maatregelen geselecteerd die bij eerste beoordeling veelbelovend lijken. Een deel van de maatregelen ligt in elkaars verlengde, maar kent eigen nuances, zeker ook wat betreft implementatie. De modellering laat zien dat de maatregelen het elektriciteitsnetwerk vaak vergelijkbaar beïnvloeden. Dit komt doordat de maatregelen zich vooral richten op het spreiden van de laadvraag in de tijd en daarmee overwegend aangrijpen op dezelfde 'draaiknoppen', resulterend in vergelijkbare effecten op het elektriciteitsnetwerk. Het zou interessant zijn om meer inzicht in de nuances te vergaren. Deze geven zowel kleur aan de precieze richting en impact van maatregelen, als aan de randvoorwaarden voor implementatie in de praktijk.

Bij de nuances is afstemming met stakeholders uit de keten (netbeheerder, gemeente, CPO) essentieel, zeker voor wat betreft (praktijk)detailering op dit vlak. Dit is belangrijk, want een maatregel met potentieel hoog effect maar verwachte lage haalbaarheid is waarschijnlijk niet de meest effectieve.

ONDERBOUWING ADOPTIEGRAAD VOOR VRIJWILLEGE MAATREGELEN

Sommige maatregelen zijn gebaseerd op een verplichtend systeem.

Bij de vrijwillige maatregelen is het effect sterk afhankelijk van de deelname (adoptie) van gebruikers. Onderbouwing en specifieke verwachtingen voor deze deelname van gebruikers maken de inschatting voor het effect van vrijwillige maatregelen een stuk accurater.

PILOT PROJECT

Hoe zorgvuldig inschattingen ook worden gemaakt, een proef in praktijk laat zien welke effecten de maatregel in de totale context heeft. Wanneer een maatregel veelbelovend is, is het waardevol om met de meest betrokken partijen (netbeheerder, gemeente, CPO) een pilotexperiment te doen in een buurt als validatieslag van de desbetreffende maatregel.

› CONTACT

MEER WETEN? NEEM CONTACT OP!

- › Charlotte Smit, charlotte.smit@tno.nl
- › Hein de Wilde, hein.dewilde@tno.nl
- › Richard Westerga, richard.westerga@tno.nl
- › Omar Usmani, omar.usmani@tno.nl
- › Sebastiaan Hers, sebastiaan.hers@tno.nl

Voor meer informatie of aanverwante onderzoeken kunt u ook terecht op:

- › www.tno.nl
- › www.energy.nl
- › TNO, info@tno.nl of 088 866 08 66

Oplossingen voor lokale impact laden EV



REFERENTIES

- › APG (2022) [Algemene informatie AVG | Autoriteit Persoonsgegevens](#)
- › ElaadNL (2021) Outlook_Personenautos_2050: Elektrisch rijden in stroomversnelling. [PowerPoint-presentatie \(elaad.nl\)](#)
- › ElaadNL (2022) [Proef in Amsterdam succesvol: meer elektrische auto's opladen op een druk elektriciteitsnet • ElaadNL](#)
- › GOPACS (2022) [Hoe werkt GOPACS? – GOPACS](#)
- › Grit, R. (2012) [Projectaanpak in zes stappen - PDF Free Download \(docplayer.nl\)](#)
- › NKL (2022) [Wat betaalt de gebruiker voor het laden? - NKL Nederland](#)
- › Pollaert W. en Ruigrok. (2002) Informatieanalyse – De brug van bedrijfsdoelen naar ICT oplossingen. ISBN 9789058710604.
- › Rijksoverheid (2022) [Nieuwe Energiewet wordt fundament van de energietransitie | Nieuwsbericht | Rijksoverheid.nl](#)
- › Topsector Energie (2022) [Fons Jansen.pdf \(topsectorenergie.nl\)](#) – zie slide 5 en verder
- › TNO (2022) [Laden elektrische auto's vereist meer samenwerking en regie \(tno.nl\)](#).
- › West, R. en Mitchie, S. (2020) [A brief introduction to the COM-B Model of behaviour and the PRIME Theory of motivation \(qeios.com\)](#)



› **BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

TNO innovation
for life