

Auteur

Dr.ir. Marisca Zweistra, project- en programmamanager bij ELaadNL

Veilig en slim laden van elektrische auto's zonder netbelasting

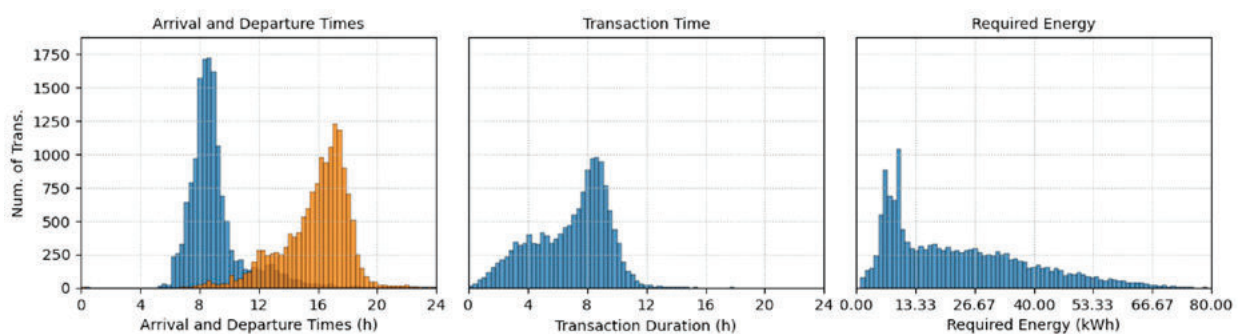
De elektrificatie van zowel mobiliteit als verwarming levert een doorslaggevende bijdrage aan de verduurzaming van ons energiesysteem. Elektriciteit wordt daarbij meer en meer groen opgewekt. Deze ontwikkeling betekent dat we het elektriciteitsnet veel intensiever gaan gebruiken, als vervanger van fossiele infrastructuur. De urgentie voor de ontwikkeling van systeeminnovaties die de efficiëntie van het bestaande elektriciteitsnet vergroten en de stabiliteit van de toekomstige elektriciteitsvoorziening garanderen is de afgelopen jaren sterk toegenomen. In het SmoothEMS met GridShield project, dat in mei 2025 is afgerond, zijn een aantal innovaties ontwikkeld voor het optimaal en veilig slim sturen van laadsessies voor een soepele transitie naar 100% duurzame energie. Het project was een samenwerking van ELaadNL, de Universiteit Twente, Amperapark, Kropman, Mennekes en a.s.r. verzekeringen en ontving subsidie van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, subsidieregeling Top Sector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Het doel van dit project was om op een betrouwbare manier ruimte vrij te maken voor de integratie van laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen. Dit is gerealiseerd met twee verschillende technieken: het SmoothEMS energiemanagementsysteem en het GridShield als vangnet. Middels het

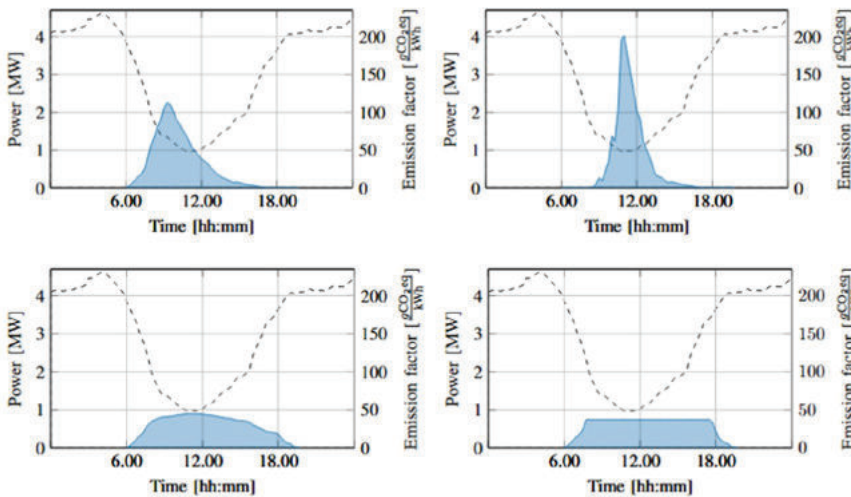
energiemanagementsysteem is de keten bij elkaar gekomen om energieflexibiliteit optimaal af te stemmen achter de meter of in een lokaal netdeel. Anderzijds is het GridShield concept uitgewerkt en beproefd om inzetbaar te zijn als innovatief «immuunsysteem» tegen overbelasting en cyberaanvallen. Hiermee kan het elektriciteitsnet veilig dicht tegen de limieten opereren zonder nadelige gevolgen voor de leveringszekerheid. Dit leidt tot ruimte om meer laadinfrastructuur te installeren. Hoger liggend doel is een veilig, betaalbaar en betrouwbaar energiesysteem te ontwikkelen waarbij door toepassing van het schaalbare SmoothEMS met GridShield de beschikbare netcapaciteit zo optimaal mogelijk wordt benut.

Gebruikers aan de knoppen

Het SmoothEMS is een energiemanagementsysteem (EMS) dat afwijkt van reeds bestaande EMS-en door expliciet de gebruikers op te nemen als onderdeel van de verdeling van energie. In de eerste plaats wordt op basis van statistiek de laadwens van de verwachte gebruikers gemodelleerd. Een voorbeeld van de opgehaalde data van een groot laadplein is weergegeven in



Figuur 1: Histogrammen van de laadsessies in een jaar, voor wat betreft achtereenvolgens aankomst- en vertrektijden (blauw respectievelijk oranje), laadtijd en geladen energie. De data is verkregen uit 14.476 transacties.



Figuur 2 a t/m d: Gemodelleerde laadpotentie.

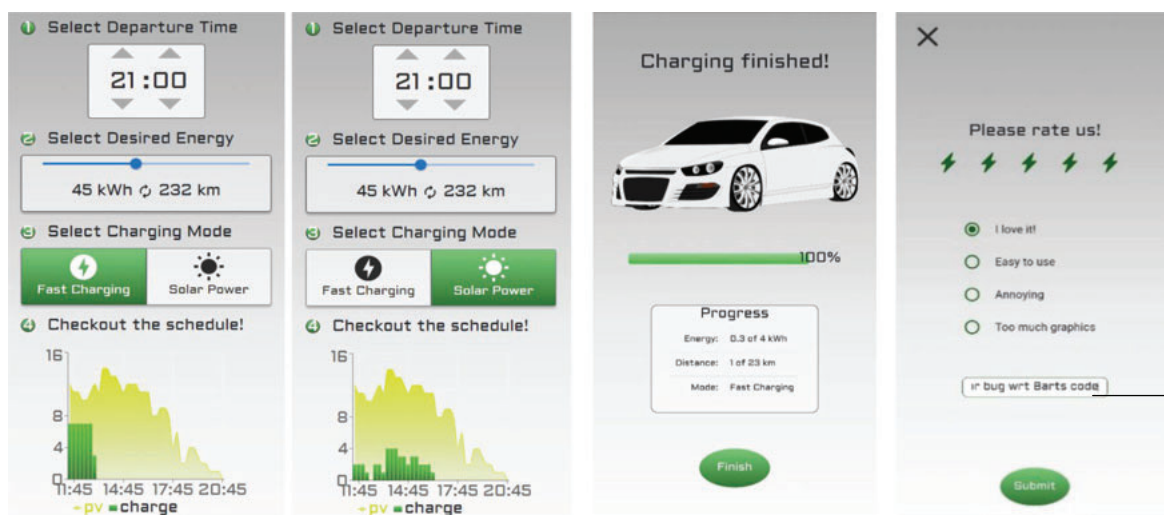
Doorgetrokken lijn toont het geaggregeerde vermogensprofiel, de stippellijn de CO_2 -emissiefactor, die een belangrijke inputparameter is voor de eigenaar van het laadplein.

figuur 1. De bijbehorende voorspelling als input voor het slim laden én de impact van diverse laadstrategieën is weergegeven in figuur 2. Figuren (a) ongecontroleerd laden, (b) sturen op CO_2 -emissies, (c) sturen op gewogen combinatie van CO_2 -emissies en vlakheid van het profiel, (d) sturen op een vlak profiel.

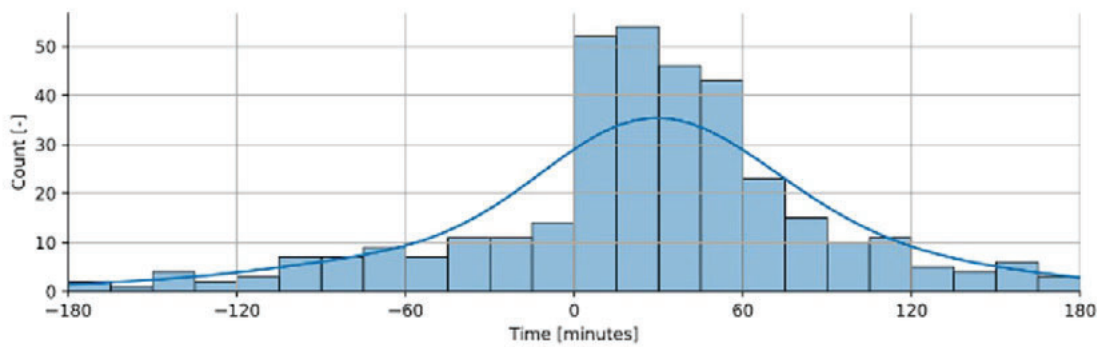
Afwijkingen tussen voorspelling en realiteit zijn onvermijdelijk. Ten eerste kan het bij kleinere populaties lastig blijken om nauwkeurige voorspellingen te maken van de laadbehoefte. Hierdoor kan het noodzakelijk zijn om een veilige marge in te bouwen voor de aansturing van het laden, waardoor niet de optimale sessie geladen kan worden. Daarnaast kunnen individuele sessies die sterk afwijken van de voorspelling ook in grotere populaties onverhoopt een ongunstig

laadregime toegewezen krijgen, ook wanneer de populatie voldoende groot is om nauwkeurige inschattingen van de groep als geheel te maken. Sessies die met de regelmaat van de klok zes uur parkeertijd hebben kunnen onverwacht een keer beperkt de tijd hebben én een grote laadbehoefte.

Vanwege deze twee redenen is, waar mogelijk, invloed gegeven aan de gebruikers door hen zelf te laten aangeven wat hun laadwensen waren. Dat gebeurde door middel van onder andere gebruikersapplicaties en digitale schermen bij de laadpaal. Een voorbeeld van één van de gebruikte user interfaces is in figuur 3 weergegeven. Hierin is te zien dat de gebruiker de keuze krijgt tussen twee laadstrategieën: snel of op zonne-energie, tegen een gunstiger tarief. De gebruiker mag ook aangeven hoeveel kWh er nodig is en wat de vertrektijd is.



Figuur 3: Screenshots van de ontwikkelde gebruikersapplicatie.



Figuur 4: Histogram van het verschil tussen de daadwerkelijke vertrektijd en aangegeven vertrektijd in minuten (0 is de aangegeven vertrektijd, een positief getal betekent dat de EV-rijder later vertrok).

In de praktijk bleek tijdens het gebruik van deze app dat gebruikers significant vaak de parkeertijd onderschatten. Figuur 4 geeft de afwijking tussen de ingegeven vertrektijd en de daadwerkelijke vertrektijd weer. Het is duidelijk te zien dat er aanzienlijk meer sessies langer duren dan de aangegeven tijd dan korter. Hetzelfde patroon was zichtbaar bij de aangegeven laadbehoefte. Dit zou een bewuste actie van de betreffende EV-rijders kunnen zijn, die op deze manier een bevredigende laadsessie proberen af te dwingen. Toch zit dit het slim laden niet in de weg. Zelfs als de input die gegenereerd werd onnauwkeurig was blijkt de SmoothEMS aansturing in staat om correcte toekenning van energie te realiseren, doordat ook de afwijking in input en gedrag goed te modelleren was. Een systeem waarbij de gebruiker input kan geven heeft dus toegevoegde waarde voor het verdelen van de laadcapaciteit. Bovendien geeft een dergelijk systeem extra comfort voor de gebruikers met een urgente laadvraag: zij hebben de mogelijkheid om deze urgentie kenbaar te maken zonder dat ze direct volledig buiten het slim laden systeem vallen.

De informatiezuilen die gebruikt zijn op parkeerplaatsen werken op dezelfde manier als de app en waren gericht op toevallige bezoekers, voor wie een app downloaden niet aantrekkelijk is. Alhoewel de zuilen gebruikt werden, is nog nader te onderzoeken of de investering in een dergelijk systeem opweegt tegen de opbrengsten.

De conclusie is dat de statistische benadering al afdoende kan zijn bij grote populaties regelmatige gebruikers, dat

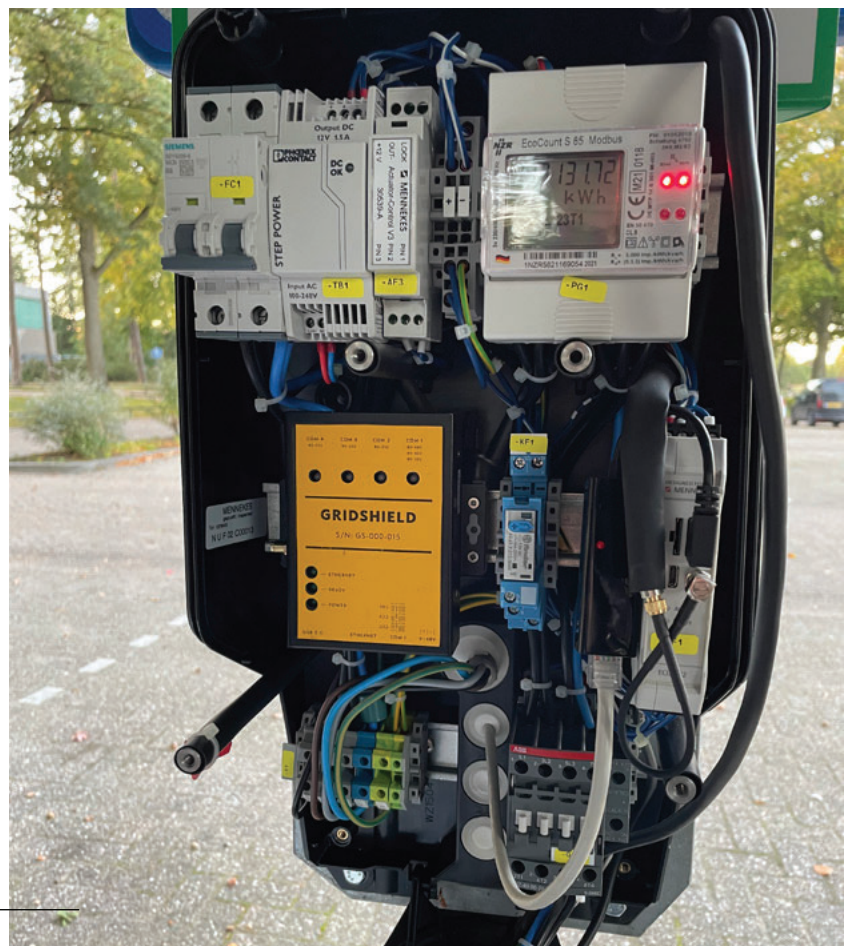


Foto 1a: Het eerste prototype van het GridShield, links in een laadpaal en rechts in een middenspanningsruimte.



Foto 1b

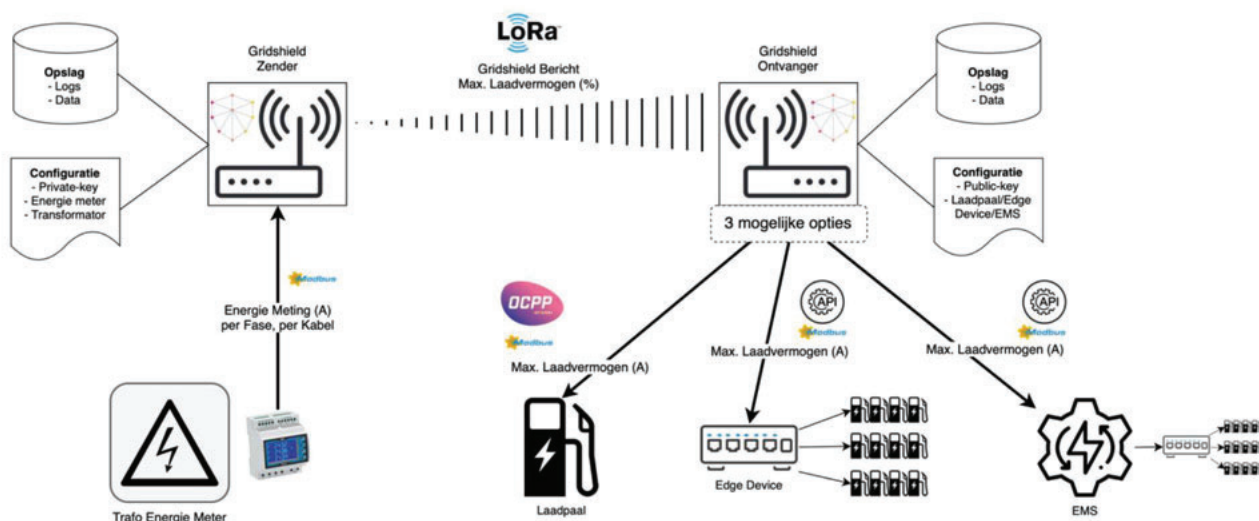
een app nuttig is bij wat kleinere groepen en dat de informatiezuil het best inzetbaar is bij incidentele laadsessies, zoals bijvoorbeeld op meubelboulevards.

Kwetsbaarheden in voorspellingen afvangen

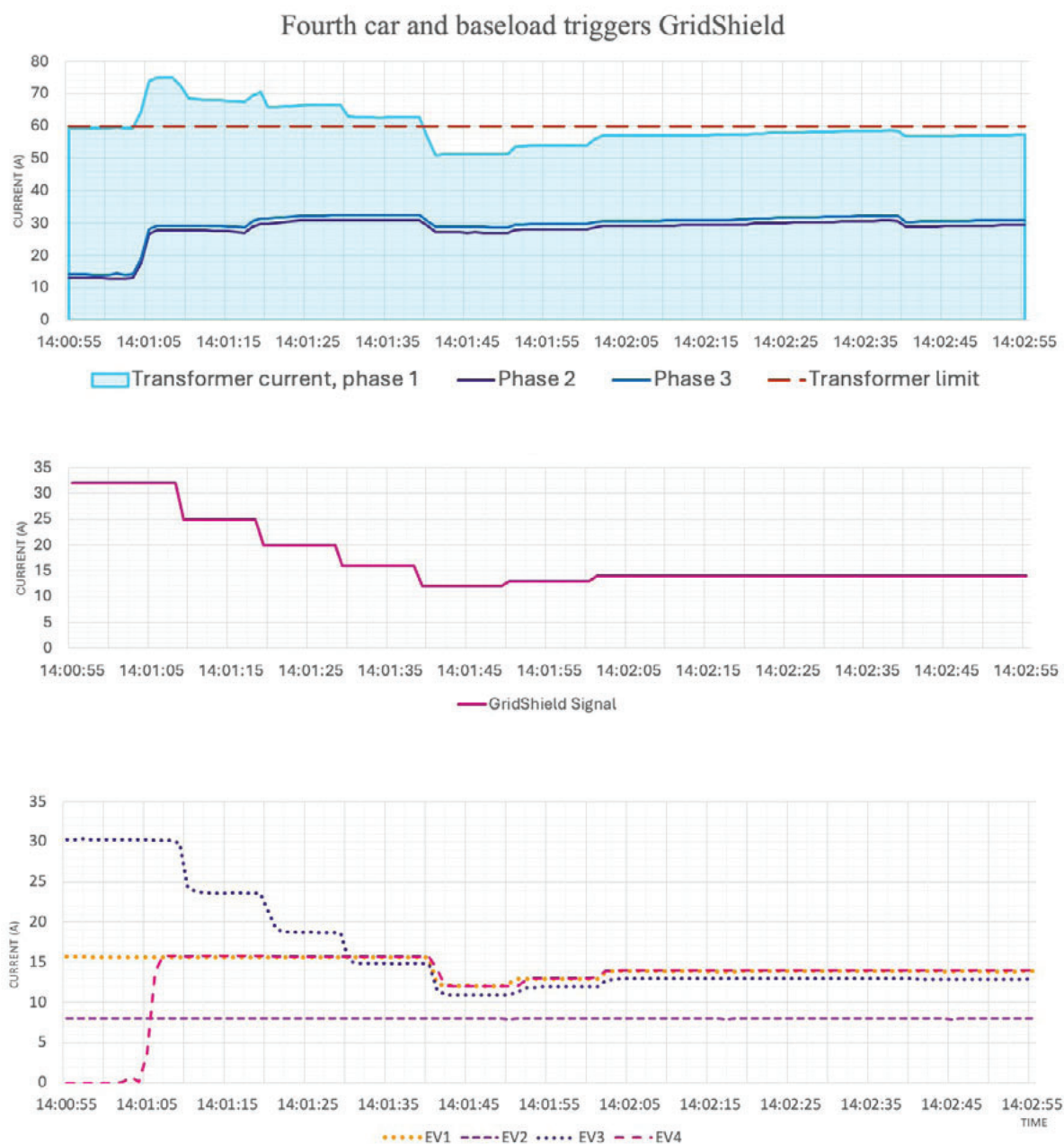
De keerzijde van het toenemende gebruik van digitaal aangesloten apparatuur voor energiemanagerdoeleinden is dat apparaten en het energiesysteem afhankelijk worden van elkaars informatie. Hierdoor wordt de werking van een apparaat niet meer enkel lokaal bepaald, bijvoorbeeld via de lokale firmware, maar ook grotendeels door externe signalen van andere apparaten en markten. De werking van een apparaat en een systeem is dus het resultaat van vele informatiestromen en de (vaak niet transparante) werking van algoritmes. Deze afhankelijkheid zorgt ervoor dat we niet langer enkel kunnen kijken naar een apparaat, maar vooral ook moeten kijken naar de effecten op het systeem.

Zoals in het voorgaande aangetoond is het goed mogelijk de verdeling van laadsessies aan te passen aan de wensen van de gebruikers én de mogelijkheden van de aansluiting of het achterliggende elektriciteitsnet. Hoe meer we echter afhankelijk worden van voorspellingen en ons moeten conformeren aan (soms variabele) externe inputparameters om binnen de grenzen van de aansluiting of de contractwaarde te blijven, hoe groter het individuele én collectieve risico van falen wordt. Wanneer een modelvoorspelling te veel afwijkt van de werkelijkheid kan alsnog een overbelasting ontstaan. Ook wordt een systeem dat in hoge mate gestuurd wordt door algoritmes aantrekkelijk voor kwaadwillenden, die kunnen proberen in te breken in de controlemechanismen.

De kwetsbaarheid van de aansturing is verkleind via de ontwikkeling van het GridShield, dat als "software-zekering" de grenzen van de hoofdaansluiting bewaakt. Via verzenders in de middenspanningsruimte en



Figuur 5: Schematische weergave van de totstandkoming en verzending van GridShieldsignalen vanuit de middenspanningsruimte naar de bijbehorende laadinfra.



Figuur 6: In de onderste grafiek zijn de laadsessies van vier verschillende EVs zichtbaar, waarvan er drie al aan het laden zijn en de aankoppeling van de vierde een overbelasting van het elektriciteitsnet veroorzaakt, te zien in de bovenste grafiek. In de middelste grafiek zijn de instructies van het GridShield zichtbaar. In zowel de onderste als bovenste grafiek is de respons van de voertuigen op de GridShieldinstructies duidelijk te zien. De overbelasting wordt binnen een minuut geheel opgelost, terwijl alle voertuigen kunnen blijven laden.

ontvangers in laadpalen ontstaat als het ware een technisch vangnet voor het elektriciteitsnet. De werking van het GridShield is als volgt: Wanneer de vermogensvraag op een kabel en/of transformatorstation een vooraf geprogrammeerde grenswaarde overschrijdt worden GridShieldinstructies naar alle bijbehorende verbruikers gestuurd. De instructies bestaan uit een cybersecure opdracht tot het aanpassen van het vermogen met een per

locatie te bepalen percentage. Een eventueel volgend bericht resulteert door deze instelling in een kleinere stapgrootte dan de eerste stap. Er worden net zo vaak berichten verstuurd tot de overbelastingsdreiging is opgeheven. Doordat direct na het bereiken van een veilige vermogensbelasting met kleine aanpassingen afgetast wordt of méér vermogen toegekend kan worden, is de impact op de laadsessies verwaarloosbaar. Het is wel van belang dat een zorgvuldig gekozen "dode band" wordt

gebruikt en dat de stapgrootte terug naar de oorspronkelijke aansturing van het EMS klein is. Hiermee wordt voorkomen dat een gebied onstabiel wordt vanwege GridShield.

In figuur 6 is de respons van een viertal laadsessies op GridShieldberichten weergegeven. In de testopstelling zorgde een vierde laadsessie voor een overbelasting. Vrijwel direct na het ontstaan hiervan wordt het eerste GridShieldbericht verstuurd. De verbruikers reageren bij ontvangst van een GridShieldinstructie binnen enkele seconden, in de vorm van een verlaging van hun actieve vermogen met een vooraf bepaald percentage. Te zien is dat in deze test als eerste de laadsessie van het voertuig dat met een erg hoog vermogen kan laden wordt beïnvloed door het GridShield en dat pas in een later stadium de overige voertuigen een aanpassing van hun laadvermogen ervaren. Dit is een gevolg van het ontwerpprincipe om in percentages van het vermogen van de aansluiting te schakelen. Voordeel hiervan is dat voertuigen die slechts op een laag laadvermogen kunnen laden en daardoor afhankelijker zijn van hun laadtijd, pas in een later stadium ingezet worden om de overbelasting op te heffen. Aangezien de verbruikers bij ontvangst van een GridShieldinstructie snel reageren is het moeten versturen van een vervolgb bericht bij onvoldoende respons acceptabel. In onderstaande figuur is de overbelasting binnen 40 seconden opgeheven, na vier GridShieldinstructies voor het verlagen van de laadsnelheid.

Het gebruik van een dode band in de zone rondom de vermogensgrens is belangrijk. Zonder dode band kan het systeem onnodig getriggerd worden tot het versturen van berichten, waardoor laadsnelheden sterk gaan oscilleren. Dit heeft geen toegevoegde waarde voor de sessie, maar wel diverse nadelen.

Geleerde lessen

De gecombineerde inzet van een mede op gebruikers gebouwd energiemanagementsysteem in combinatie met een beveiliging die de levering van elektriciteit veiligstelt bij dreigende overbelasting leidt tot een verbetering van het gebruik van de eigen aansluiting. Het aandeel van lokaal geproduceerde energie dat lokaal wordt geladen is verdubbeld in één use-case (van 34% naar 68%). Overschrijding van de technische of administratieve vermogensgrens wordt vermeden, terwijl wel gebruik gemaakt kan worden van bijvoorbeeld de voordelen van dynamische leveringstarieven. Bij een andere use-case werd in de eerste periode dankzij slim laden een stijging waargenomen van het aandeel eigen opgewekte zonne-energie in de geladen energie van EV's: van 40% naar 64%, een toename van circa 60% ten opzichte van conventioneel laden tijdens de ochtendpiek (analyse voorjaar 2023, projectlocatie a.s.r.). Daarnaast zijn de piekvermogens in die periode, als gevolg van beter afgestemde vraag en aanbod, met gemiddeld respectievelijk 60% (afname) en 50% (invoeding) gereduceerd bij een ongeveer gelijkblijvend laadvolume. SmoothEMS met GridShield leidt tenslotte tot een verbetering op het achterliggende laagspanningsnet, aangezien het gedrag van zodanig aangestuurde aansluitingen voorspelbaarder wordt. ■