

Openbaar Eindrapport

SLIMPARK

Integratie en aansturing van duurzame SLIMme PARKeerplekken



**UNIVERSITY
OF TWENTE.**



Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Versie
28-11-2022

Referentienummer
1821502

Auteurs
Prof. dr. Johann L. Hurink – University of Twente
dr. ir. Gerwin Hoogsteen – University of Twente
ir. B. Nijenhuis – University of Twente



Inhoud

1. Uitgangspunten en doelstelling	3
2. Partners	4
3. Project	5
3.1 Behaalde resultaten	5
3.2 Knelpunten en aanbevelingen.....	8
3.3 Perspectief voor toepassing	9
4. Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling.....	9
5. Spin-off	9
6. Publicaties	10
7. Informatie.....	11

1. Uitgangspunten en doelstelling

De toename van duurzame energie opwek en de elektrificatie van mobiliteit brengen risico op overbelasting van lokale elektriciteitsnetten met zich mee. Door deze twee elementen op elkaar af te stemmen en te integreren kan bestaande infrastructuur beter benut worden en zal er minder investering in het lokale elektriciteitsnet nodig zijn zonder dat er aan comfort wordt ingeleverd. Om deze integratie te bereiken zal opwek en afname op elkaar moeten worden afgestemd.

Het SLIMPARK project onderzoekt hoe parkeerplekken gecombineerd met duurzame energie opwek doormiddel van zonnepanelen en energie opslag doormiddel van een batterij een geïntegreerd energiesysteem kunnen vormen met laadstations voor elektrische voertuigen. Het systeem wordt aangestuurd door een energiemanagementsysteem (EMS) dat de afzonderlijk energiestromen coördineert. Binnen het project is een gebruikersinterface ontwikkeld en ingezet om zo de beschikbare flexibiliteit van EV gebruikers te kunnen ontsluiten en maximaal te kunnen benutten. Er wordt specifiek gekeken wat de waarde is van de beschikbare informatie en welke impact deze informatie heeft voor het energiesysteem.

Het EMS binnen het project opereert op basis van DEMkit, een softwaretool ontwikkeld door de Universiteit Twente.¹ Deze tool dient als simulatieomgeving maar ook als operationeel EMS. Op deze manier kunnen energiemanagement concepten en strategieën eerst getoetst worden met een zogenaamd Digital Twin, d.w.z., een digitale kopie van de geïnstalleerde hardware. Na verificatie doormiddel van simulatie zal een nieuw concept dan worden toegepast in de echte wereld.

Deze echte wereld is dan ook gerealiseerd: het SLIMPARK Living Lab op de campus van de Universiteit Twente. Dit Living Lab bevat alle benodigde hard- en software voor een slim energiesysteem zoals hierboven beschreven: een zonne-energie systeem met 25 kW omvormer, 9 laadstations met een maximaal vermogen van 22 kW elk en een batterij met een opslag capaciteit van 30 kWh, allen gekoppeld aan dezelfde elektriciteitsaansluiting en een EMS. Naast de normale gebruikers van het laadplein is er ook een groep testdeelnemers die op dagelijkse basis gebruik maakt van het Living Lab. Deze voorzien de onderzoekers in de voorbije projectperiode maar ook nu nog van bruikbare data en feedback.

De doelstelling van dit project was de potentie van dit soort intelligente energiesystemen beter te benutten. Hierbij ging het erom de kans op om 'grijze' parkeerplaatsen in te zetten als groene, duurzame energiebron én hiermee tegelijkertijd ook te voorzien in de behoefte aan energie voor mobiliteit. Het resulterende energie management concept is binnen het project getoetst en geschikt bevonden voor doorontwikkeling.

¹ <https://www.utwente.nl/en/eemcs/energy/demkit/>

2. Partners

Universiteit Twente (UT):

De Universiteit Twente (UT) heeft kennis ingebracht rondom energie management concepten en strategieën. De binnen de UT ontwikkelde tool DEMkit werd zowel als simulatieomgeving en ook als operationeel EMS ingezet. Dit EMS vormt de ruggengraat van het SLIMPARK Living Lab.

AmperaPark (AP):

AmperaPark ontwikkelt en realiseert slimme zonnelaadstations. AP heeft de realisatie van de proeftuin verzorgt en levert kennis rondom de constructie van intelligente en met zonnepanelen overdekte parkeerplaatsen. AmperaPark levert daarnaast ook kennis en data over het gebruik van dergelijke parkeerplaatsen voor modellering.

Mennekes:

Mennekes is naast leverancier van de laadstations vooral ook als kennispartner betrokken bij dit project. Mennekes biedt ondersteuning rondom de implementatie van innovatieve aansturing van de laadinfrastructuur.

3. Project

3.1 Behaalde resultaten

Het project heeft tot 3 concrete resultaten geleid:

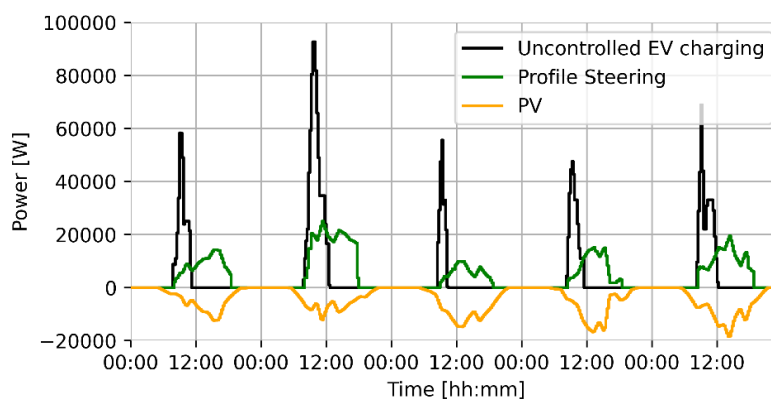
SLIMPARK Living Lab + Digital Twin

Binnen het project is het SLIMPARK Living Lab gerealiseerd op de campus van de Universiteit Twente. Deze locatie heeft tijdens dit project gediend als experimenteellocatie, maar blijft operationeel en de ontwikkelde infrastructuur wordt al in vervolprojecten gebruikt. Onderzoekers van de Universiteit Twente, bedrijven en andere belangstellenden kunnen gebruik blijven maken van deze locatie (te zien in Figuur 1) en de reeds opgedane kennis en ervaringen. Tevens wordt de locatie ingezet voor educatie volgens het *Challenge Based Learning*-principe.



Figuur 1 Het SLIMPARK Living Lab op de campus van de Universiteit Twente in Enschede

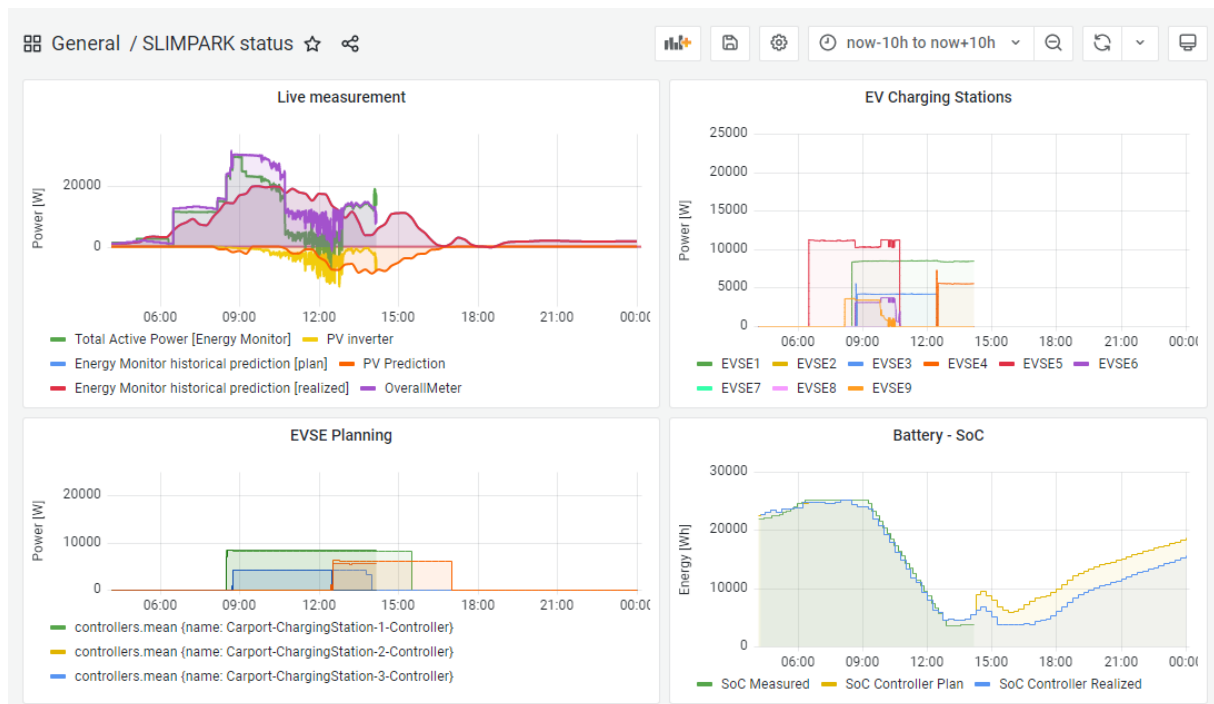
Verder is er van deze locatie een Digital Twin gebouwd: een volledig simulatiemodel van de bestaande situatie. In het Digital Twin model kan het potentiële effect van bepaalde aansturingsmethodieken onderzocht worden. Met deze simulaties is aangetoond dat de potentie van deze slimme energiesystemen groot is: door slimme aansturing te gebruiken kan de zelf-consumptie van zonne-energie verhoogt worden en kan de netbelasting van een dergelijk systeem tot wel 70% omlaag gebracht worden (zie ook [2]). Figuur 2 laat een simulatie resultaat zien van de Digital Twin, waarbij 'Uncontrolled EV charging' – geen sturing, wordt vergeleken met de 'Profile Steering' methode.



Figuur 2 Simulatie resultaten van de SLIMPARK Digital Twin

DEMkit als operationeel energiemanagementsysteem – toepassen van energiemangementconcepten

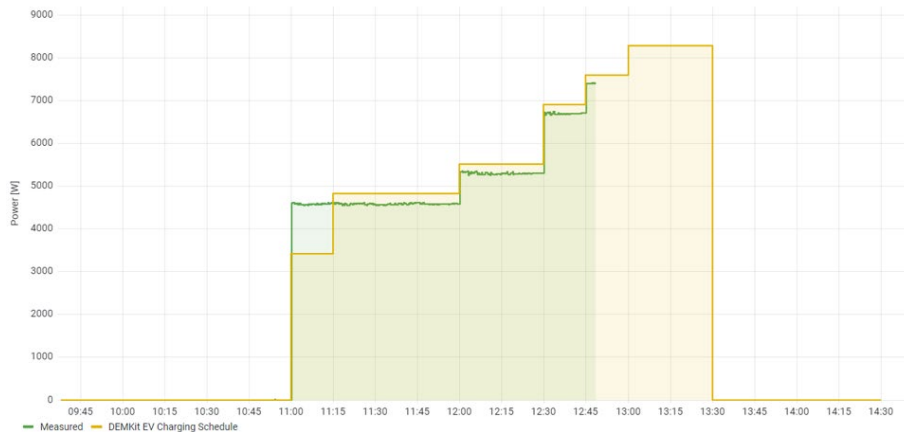
Er heeft een doorontwikkeling plaatsgevonden van de DEMkit tool. Deze tool is voor langere tijd ingezet in het operationele proces van het Living Lab. Er zijn nieuwe componenten en features toegevoegd die het mogelijk maken om de potentie van dit soort energiesystemen zichtbaar te maken. Figuur 3 bevat een screenshot van DEMkit als operationeel EMS.



Figuur 3 DEMkit als operationeel energie management systeem

Daarnaast is het ontwikkelde EMS in staat om afname en opwek (PV) te voorspellen met machine learning modellen en op basis hiervan optimalisaties uit te voeren. Deze optimalisaties resulteren in laadprofielen voor de laadstations die leiden tot een lage netbelasting zonder hierbij in te leveren op het comfort van de gebruikers. Deze sturing vindt plaats op basis van de Profile Steering methodiek.² Figuur 4 laat hiervan een voorbeeld zien. Deze *Model Predictive Control* methode draagt daarbij zorg dat proactief flexibiliteit ingezet kan worden om het net te ontlasten en het aantal duurzame voertuigkilometers te maximaliseren.

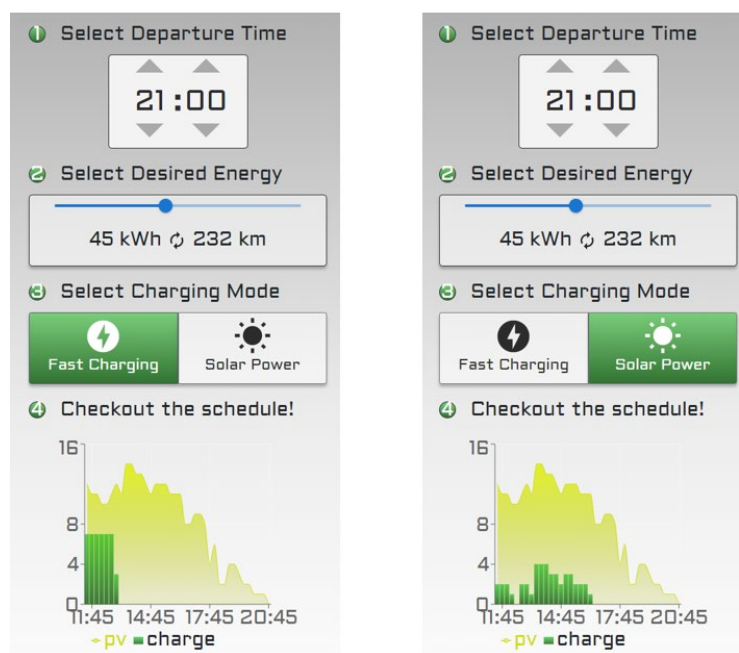
² Gerards, M. E. T., Toersche, H., Hoogsteen, G., van der Klauw, T., Hurink, J. L., & Smit, G. J. M. (2015). Demand side management using profile steering. In PowerTech, 2015 IEEE Eindhoven (pp. 457759:1-457759:6). IEEE Power & Energy Society. <https://doi.org/10.1109/PTC.2015.7232328>



Figuur 4 Aansturing van een EV laadstation; het afgenomen vermogen (groen) volgt het geplande laadprofiel (geel).

Inzicht in toegevoegde waarde van gebruikersinformatie

Om maximaal gebruik te kunnen maken van de beschikbare energie flexibiliteit door EV laadstations is er binnen SLIMPARK een Smart Charging webapp ontwikkeld met gebruikersinterface, te zien in Figuur 5.

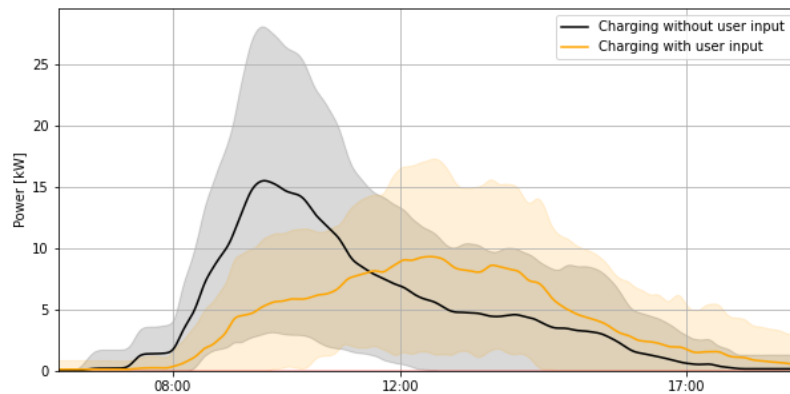


Figuur 5 Smart Charging user interface

Sinds 15 juni 2022 start een groep gebruikers hun laadsessie met de ontwikkelde app waarin zij aangeven hoe laat ze verwachten te vertrekken met hun auto en hoeveel energie (of kilometers) ze in hun auto willen bijladen. Deze informatie wordt door het EMS gebruikt om het laadprofiel af te stemmen op de verwachte opwek van zonne-energie. De gebruiker krijgt direct in de app te zien hoe het voertuig geladen gaat worden.

Om het effect van het systeem te analyseren, wordt de gemiddelde netbelasting van de 4 deelnemende laadstations in de periode vóór 15 juni 2022 vergeleken met de periode ná 15 juni 2022 (het moment dat gebruikers de app moesten gebruiken om de laadsessie te starten). De gekozen aanpak werkt: de piekbelasting op het net in de ochtend neemt af en de laadvraag wordt uitgesmeerd

over de dag, naar periodes wanneer er relatief gezien de meeste lokale zonnestroom wordt opgewekt, zie ook Figuur 6.



Figuur 6 Gemiddelde netbelasting van de 4 laadstations in de genoemde periodes.

3.2 Knelpunten en aanbevelingen

De volgende knelpunten en aanbevelingen kwamen naar voren tijdens dit project:

- Het ontbreken van juiste informatie op de juiste plek heeft grote impact op de uiteindelijke performance van een (lokaal) energiesysteem. Met name het gebrek aan informatie binnen een EMS over (a) hoe lang blijft een voertuig aan het laadstation gekoppeld en (b) hoe veel energie heeft deze auto nodig vormt een grote bottleneck. Binnen het project is aangetoond wat het effect kan zijn als deze informatie wél beschikbaar is, maar het realiseren van een dergelijk systeem op grote schaal is nog een grote uitdaging (zie ook het volgende punt).
- Het optimaal op elkaar afstemmen van hard- en software vergt veel tijd, aandacht en maatwerk. Om snel tot een implementatie te komen dient er aandacht besteed te worden aan standaardisatie. Ondanks dat er al conventies als OCPP, Modbus en SunSpec bestaan is een concrete implementatie voor betrokken partijen nog steeds een (te) grote uitdaging. Dit vertraagt en frustriert de ontwikkeling, realisatie en uitrol van goede ideeën en concepten.
- Testen met gebruikers in de echte wereld levert verrassende resultaten en belangrijke inzichten op. Eén van de belangrijkste aspecten in deze is het vertrouwen van gebruikers in het systeem. Als het systeem anders reageert dan de gebruiker verwacht en dit een nadelig effect heeft op het comfort of ervaring van de gebruiker, zal het vertrouwen in het systeem zeer snel dalen. Dit vertrouwen is lastig te herstellen. Het meest concrete voorbeeld van een nadelig effect is het niet direct starten van een laadsessie, doordat er een laadprofiel is gekozen dat pas op een later tijdstip begint met laden. De gebruiker is dan misschien niet zeker of hij de invoer van zijn gegevens goed heeft gedaan. Als er dan vervolgens iets mis blijkt te gaan verliest de gebruiker het vertrouwen in het systeem. Daarnaast leiden ook kleine onregelmatigheden in hard- en software al tot grote irritaties bij gebruikers. Deze irritaties hebben vervolgens weer impact op de manier hoe gebruikers omgaan met het energiesysteem, hetgeen weer invloed op de prestaties van het energiesysteem heeft. Het is dan ook zaak om er voor te zorgen dat er geen onregelmatigheden ontstaan tijdens de praktische implementatie.
- Het gebruik van een specifiek ontwikkelde app voor het vergaren van informatie limiteert het aantal gebruikers van het EMS; gebruikers moeten onderdeel zijn van het 'ecosysteem' vóórdat ze kunnen interacteren met het energiesysteem. Dit staat snelle implementatie en uitrol in de weg. Het is dus belangrijk om nieuwe en gestandaardiseerde methodes voor het

vergaren van informatie over energie flexibiliteit (via andere interfaces en standaarden of direct via voertuigen) te ontwikkelen.

- Momenteel werkt het EMS op basis van een vaste planning per EV nadat deze is aangemaakt via de app. Dit bevordert de transparantie doordat de gebruiker precies weet hoe zijn auto wordt geladen in de komende uren. Echter, het is daardoor niet mogelijk om in te spelen op snelle variatie in zonne-opwek. Een kleine test heeft aangetoond dat de auto's binnen een paar seconden kunnen reageren. Het is belangrijk om verder te onderzoeken hoe deze flexibiliteit ingezet kan worden zonder af te doen aan de transparantie en comfort aan de EV rijders.
- Er bestaan al load-balancing systemen, zoals die van Mennekes, om overbelasting te voorkomen op basis van stroommetingen. We hebben echter geconstateerd dat deze systemen de stroomrichting echter niet weten. Als gevolg daarvan wordt het laadvermogen van elektrische auto's afgeknepen bij veel productie van zonne-energie, terwijl juist op dat moment meer verbruik gewenst zou zijn. Het ontwikkelde EMS voorkomt dit, maar het is aanbevolen dat fabrikanten van laadsystemen ook rekening gaan houden met deze casus.

3.3 Perspectief voor toepassing

De resultaten verkregen tijdens het SLIMPARK project bieden een goed perspectief voor verder onderzoek, integratie en toepassing. De afgelopen 2 jaren hebben laten zien dat er veel potentie zit in het integreren van de verschillende energie componenten zoals PV opwek, EV laden, gelimiteerde netcapaciteit en batterij opslag. Het project laat zien dat, als informatie over de flexibiliteit van EV gebruikers verkregen wordt, er veel betere prestaties te halen zijn. Het SLIMPARK Living Lab zal ook voor de komende jaren een plek bieden om onderzoek naar slimme energieconcepten verder vorm te geven.

4. Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling

Het SLIMPARK project draag specifiek bij aan de doelstellingen van Programmarichtlijn 5: er is een concept ontwikkeld om flexibiliteit in het energiesysteem te verhogen en te benutten. Hiervoor is een intelligent energieregelsysteem gerealiseerd dat op gebiedsniveau een positieve bijdrage levert aan het omliggende elektriciteitsnet. Daarnaast is er een tool ontwikkeld in de vorm van een interface voor gebruikers van elektrische voertuigen welke bijdraagt aan het beschikbaar maken van relevante informatie omtrent energie flexibiliteit.

5. Spin-off

Het gerealiseerde SLIMPARK Living Lab, de geïmplementeerde Digital Twin van het SLIMPARK Living Lab in DEMkit en de Smart Charging user interface resulteren in de volgende spin-off projecten en activiteiten:

- Het Living Lab wordt gebruikt in vervolgprojecten; het meest concreet binnen het 'GridShield met SmoothEMS'³ project, waar ook de ingezette experimenten met de user interface en het EMS gecontinueerd worden.

³ <https://elaad.nl/projecten/smoothems-met-gridshield/>

- Daarnaast wordt het Living Lab beschikbaar gesteld voor onderzoekers, bedrijven en andere belangstellenden voor onderzoek op het gebied van Smart Charging, Cyber Security en Smart Grids.
- Binnen het Smart Solutions Semester van Saxion Hogeschool wordt de locatie gebruikt voor het ontwikkelen van nieuwe manieren om als gebruiker te communiceren en interacteren met slimme energiesystemen.
- Bij AmperaPark worden de opgedane ervaringen en de ontwikkelde systemen gebruikt als input voor doorontwikkeling en uitrol van soortgelijke slimme energiesystemen binnen Europa.
- Mennekes heeft in samenwerking met de projectpartners een slim energiesysteem gerealiseerd op de parkeerplaats bij hun kantoorlocatie. Ook deze locatie zal bijdragen aan kennisvergaring en verdere uitrol van dit soort systemen.

6. Publicaties

Dit project heeft geresulteerd in de volgende wetenschappelijke publicaties:

- [1] [B. Nijenhuis, M. E. T. Gerards, G. Hoogsteen and J. L. Hurink, "An Outage Probability Model for Electric Vehicles in Low Voltage Grids," 2021 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe \(ISGT Europe\), 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGTEurope52324.2021.9640169.](#)
- [2] [B. Nijenhuis, L. Winschermann, N. B. Arias, G. Hoogsteen and J. L. Hurink, "Protecting the distribution grid while maximizing EV energy flexibility with transparency and active user engagement," CIRED Porto Workshop 2022: E-mobility and power distribution systems, 2022, pp. 209-213, doi: 10.1049/icp.2022.0696.](#)
- [3] [B. Nijenhuis, S. C. Doumen, J. Hönen and G. Hoogsteen, "Using mobility data and agent-based models to generate future E-mobility charging demand patterns," CIRED Porto Workshop 2022: E-mobility and power distribution systems, 2022, pp. 214-218, doi: 10.1049/icp.2022.0697.](#)

Er wordt op dit moment nog gewerkt aan een publicatie over de resultaten van het onderzoek met de Smart Charging user interface en de impact van het gebruik daarvan op het energiesysteem.

Naast de wetenschappelijke publicaties is er informatie over dit project gepubliceerd op de volgende plaatsen:

1. Een artikel op UToday – *"SlimPark on campus: demo-site for energy transition"* - <https://www.utoday.nl/science/71452/slimpark-on-campus-demo-site-for-energy-transition>
2. Een videoproductie in samenwerking met TKI Urban Energy – *"Project in beeld"* - <https://www.topsectorenergie.nl/spotlight/slimpark>

7. Informatie

Dit document is uitsluitend (gratis) in digitale vorm beschikbaar op www.amperapark.com en <https://www.utwente.nl/en/eemcs/energy>.

Contactpersonen:

Universiteit Twente

Prof. dr. Johann L. Hurink

j.l.hurink@utwente.nl

+31 (0)53 489 3447

dr. ir. Gerwin Hoogsteen

g.hoogsteen@utwente.nl

+31 (0)53 489 4681

ir. Bart Nijenhuis

b.nijenhuis-1@utwente.nl

+31 (0)53 489 4150

AmperaPark

ir. Richard Kokhuis

richard.kokhuis@amperapark.com

+31 (0)85 029 1440

Mennekes e-Mobility

Edwin de Veen

edwin.deveen@mennekes-emobility.nl

+31 (0)570 241 124