

# Openbare Samenvatting

# IDEEGO/ORTEP

Open Real Time Development Platform for Smart Grids



UNIVERSITY  
OF TWENTE.



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland



## Auteurs

Prof. dr. Johann L. Hurink – University of Twente  
Prof. dr. ir. Gerard J. M. Smit – University of Twente  
dr. ir. Marco E. T. Gerards – University of Twente  
dr. ir. Gerwin Hoogsteen – University of Twente  
dr. ir. Dennis Bijwaard – Smart State Technology  
dr. ir. Omar Mansour – Smart State Technology

## Versie

Definitief  
18 januari 2021

## Projectnummer:

TEID215063

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

## Inhoud

1.1.	Uitgangspunten en doelstelling: .....	3
1.2.	Partners:.....	4
1.3.	Resultaten, knelpunten en perspectief.....	4
1.4.	Bijdrage aan doelstellingen.....	6
1.5.	Spin-off.....	6
1.6.	Publicaties.....	7
1.7.	Informatie .....	8
1.8.	English Abstract.....	9

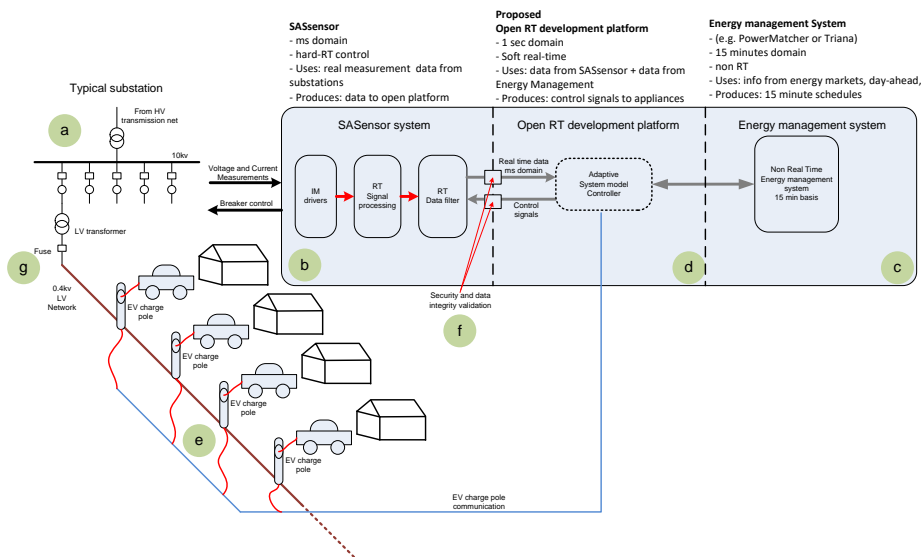
## 1.1. Uitgangspunten en doelstelling:

De experimenten van een stress-test in Lochem (IPIN project IN4Energy) hebben aangetoond dat de elektriciteitsnetten in de toekomst potentieel overbelast raken. Dit komt onder andere door de toename in elektrisch vervoer en de wens om van het gas af te stappen, wat resulteert in een toename van warmtepompen en inductiekoken. Bestaande netten zijn niet voorbereid op deze ontwikkelingen, wat kan leiden tot een hogere frequentie van verstoringen, bijvoorbeeld doordat smeltzekeringen smelten als gevolg van deze overbelasting in plaats van kortsluiting. Een potentieel financieel aantrekkelijke methode om dergelijke overbelasting in de toekomst te voorkomen is de inzet van slimme sturing, ook wel *demand-side management* genoemd, oftewel vraag- en aanbodsturing.

Het doel van het ORTEP-project is om tot een ontwikkelplatform te komen voor dergelijke sturingsapplicaties, waarbij gebruik kan worden gemaakt van real-time data. Met behulp van deze real-time data kunnen energiebeheersystemen de spanningskwaliteit in laagspanningsnetten beter monitoren en fijnmaziger ingrijpen. Het beoogde resultaat hiervan is dat door middel van real-time data, in combinatie met intelligente sturing, bestaande elektriciteitsnetten op een veilige en betrouwbare manier dichters tegen hun limiet bedreven kunnen worden, zodat netverzwaring voorkomen kan worden. De hiermee vrijgekomen capaciteit kan ingezet worden voor de verduurzaming van onze energieketen.

Een nevendoeel van het project is hierbij de ontwikkeling van een open platform voor dergelijke applicaties. Deze applicaties kunnen op de *compute* modules van het open real-time platform draaien. De verwachting is dat een dergelijk open platform de ontwikkeling en innovatie van slimme oplossingen voor intelligente netten (Smart Grids) zal doen toenemen.

Om dit te bereiken zal een energiebeheersysteem, op basis van de TRIANA-methode, als applicatie op het platform ingezet worden in veldtesten. TRIANA maakt hierbij gebruik van geplande vermogensprofielen, die in discrete tijdstappen van 15 minuten aangeven hoeveel elektrisch vermogen er gemiddeld zal worden gebruikt. Binnen het platform wordt deze data gekoppeld aan de real-time meetdata om de balans binnen de 15 minuten te kunnen vervullen. Bij afwijkingen, bijvoorbeeld door voorspellingsfouten, kan de aansturingsmodule op het ORTEP-platform ingrijpen. De verwachting is dat door deze koppeling een accurater stuurmethodiek ontstaat.



## 1.2. Partners:

### **Smart State Technology (SST):**

SST is de ontwikkelaar van het open platform voor real-time meetdata met gesynchroniseerde meetdata. Tevens heeft SST één van de testlocaties beschikbaar gesteld.

### **Universiteit Twente (UT):**

De UT heeft kennis rondom energiebeheer in het project gebracht, specifiek de TRIANA-methode en een basisversie van de DEMKit simulatie software. Deze basis is gebruikt voor de ontwikkeling van een energiebeheersysteem dat gebruik maakt van de real-time data.

### **STEDIN:**

STEDIN is als netbeheerder initieel betrokken geweest bij inventarisatie en kansen voor het ORTEP-concept in de praktijk.

### **Coteq (coöperatieve partner):**

Netbeheerder Coteq heeft een proeftuin ter beschikking gesteld voor het uitvoeren van proeven met het intelligent laden van elektrische voertuigen.

## 1.3. Resultaten, knelpunten en perspectief

### Resultaten

Tijdens de uitvoering van het project zijn zowel hardware- als softwareproducten ontwikkeld en getest in drie verschillende experimenten.

#### **SST LV Sensors**

LV-Sensors bieden grid monitoring en real-time overzicht. Het gebruikt GPS voor tijd-synchronisatie van spanning- en stroom-metingen en meet deze elektrische signalen op hoge snelheid met lage signaalruis verhouding. Dit maakt het mogelijk om fenomenen in het grid en snelle incidenten accuraat te meten en te analyseren. Het systeem kan makkelijk geïnstalleerd worden op verschillende locaties in onderstations en gebouwen (huis, kantoor en industrie). Het LV-Sensor systeem bestaat uit een tijd-baken, spanning en stroom sensoren, en Smart Nodes die data aggregatie, beveiligde ontsluiting van metingen en visualisatie van historische en real-time metingen kunnen doen.

#### **Open Platform**

Op deze sensor modules is een platform ontwikkeld om real-time data van verschillende sensoren te kunnen combineren en hierop dataverwerking toepassen. Deze data kan door software-applicaties van derden worden uitgelezen voor innovatieve oplossingen voor het intelligente net van de toekomst. Het open karakter moet daarbij zorg dragen voor de adoptie vanuit zowel de markt als onderzoeksinstellingen.

#### **TRIANA-methode**

Aan de UT zijn de TRIANA methode voor energiebeheer en de DEMKit simulatieomgeving doorontwikkeld. TRIANA is een methode met 3 stappen:

1. Voorspellen van energievraag, -opwek en -flexibiliteit;
2. Plannen van flexibiliteitsgebruik in stappen van ca. 15 minuten;
3. Control van apparaten om dit concreet te maken.

Hierbij is het open platform ingezet om de planning uit stap 2 om te zetten in control acties met behulp van de real-time data. De gedachtegang hierbij is dat de real-time data inzicht geeft in de fouten tussen

de planning en de daadwerkelijke energiebehoefte. Met deze data kan nauwkeuriger worden ingegrepen en is betere aansturing van apparatuur mogelijk. Binnen dit project heeft de ontwikkeling van de derde stap, aansturing met real-time data, de meeste aandacht ontvangen. Desondanks zijn ook stappen gezet om de voorspellingen en planning robuuster te maken tegen voorspellingsfouten, zodat deze proactief worden voorkomen.

### **DEMKit**

De TRIANA-methode is ontwikkeld binnen de DEMKit software omgeving van de UT. Deze open-source omgeving werd aanvankelijk gebruikt voor simulatiestudies van intelligente netten. Tijdens dit project is deze basis doorontwikkeld om niet alleen ingezet te kunnen worden voor simulatie, maar ook voor demonstratie in de praktijk middels digital twins. Hierdoor kunnen dezelfde algoritmes en hun implementaties zowel in simulatiestudies als de praktijk getest worden. Dit maakt het bijvoorbeeld mogelijk om situaties die zich nauwelijks voordoen toch te kunnen testen en daarmee zorg te dragen dat een energiebeheersysteem stabiel werkt. DEMKit draait inmiddels ook op het open platform.

### **Experimenten**

In totaal drie experimenten zijn tijdens het project uitgevoerd:

1. **Aansturing elektrische auto's bij Coteq:**

Bij dit experiment zijn DEMKit en TRIANA ingezet om het laadgedrag van elektrische auto's te beïnvloeden om zo te zorgen voor peak-shaving, mede door de opgewekte energie van PV panelen lokaal te houden. De aansturing van de laadpalen met behulp van DEMKit was succesvol en de intelligente aansturing heeft gezorgd voor een afname van piekbelasting op het net van ca. 6 kW. Dit zowel bij het invoeden van energie als de afnamen.

2. **Aansturing van een virtuele batterij in een slim huis**

De energiebeheersystemen zijn getest binnen een slim huis met opwek en een virtuele batterij. Dit systeem is succesvol geïntegreerd in een home automation platform. Het doel hierbij is geweest om de pieken te verminderen en de resultaten te vergelijken met andere aanstuurmethodes. Hierbij is gebleken dat de gepresenteerde oplossing leidt tot een 61% verbetering als het aankomt op het volgen van de planning ten opzichte van het gebruik van de originele TRIANA methode. De toepassing van real-time data heeft hier dus zijn meerwaarde bewezen. Ook op het punt van peak-shaving geeft de ontwikkelde methode een betere afweging tussen flexibiliteit nu inzetten, of bewaren voor de toekomst. Het voorspellende gedrag zorgt daardoor voor verminderde vermogenspieken ten opzichte van een gretige strategie voor batterijen. Deze test heeft meer dan een jaar gedraait.

3. **Aansturing van een ongebalanceerd 3-fasen systeem in het SST-lab**

In dit experiment is het gehele systeem getest met LV-Sensor metingen van een huisaansluiting en twee PV installaties, en DEMKit op een embedded Smart Node die via het ORTEP platform gebruik maakt van de real-time metingen voor de aansturing. Gelijkwaardige resultaten als bij de tweede test zijn hier gebleken. Echter was in deze situatie de voorspelbaarheid van de belasting een stuk lastiger, waardoor de verschillen minder groot zijn dan voorheen. Wel heeft deze test inzicht gegeven in de methodes om de onbalans tussen de 3 fasen van het elektriciteitssysteem te herstellen. Dit was met de gebruikte stuurmethode en de geavanceerde real-time data erg goed mogelijk. Daarnaast kon ook de power quality verbeterd worden door het reactieve vermogen te sturen, waardoor nagenoeg altijd een power factor van 1 behaald kon worden.

Hiermee kunnen we concluderen dat de uitkomsten van het project succesvol is. Het open platform, gecombineerd met real-time data en de DEMKit-software biedt een platform om innovatieve optimalisatie- en aanstuurmethodes te testen in zowel studies als de praktijk. De vertaling van een energieplanning, in intervallen van 15 minuten, naar concrete regelacties is met dit platform mogelijk. De real-time data heeft hierbij zijn waarde bewezen door de verschillen tussen de planning en de aansturing glad te strijken, resulterende in een verbetering van 61% in het volgen van een dergelijke planning ten opzichte van de situatie aan het begin van dit project.

### **Knelpunten**

De volgende knelpunten en geleerde lessen kwamen naar voren tijdens het project:

- Voorspellingen zijn lastig bij een beperkte grootte van de test, in de toekomst kan een hoger aggregatieniveau worden overwogen om de accuraatheid te verhogen. Hiervoor moet ook coördinatie van flexibilitateitsgebruik tussen meerdere nodes plaatsvinden.
- De geboden flexibiliteit zonder comfortverlies voor eindgebruikers is vaak gelimiteerd en daardoor kunnen niet alle problemen op het net enkel hiermee worden voorkomen. Afschakelen van apparatuur moet integraal mee worden genomen.
- We liepen tegen de dynamiek van de werkelijke wereld aan. Daar waar in simulatie alles volgens een nette volgorde sequentieel plaatsvindt, is de werkelijkheid dynamischer en moeten kritische gebeurtenissen gelijk en parallel afgehandeld worden. De DEMKit omgeving was hier eerst niet op voorbereid, wat extra ontwikkeltijd heeft gekost. In de toekomst zullen ontwikkelaars van algoritmes hier ook nadrukkelijker rekening mee moeten houden.
- Experimenten vinden vaak plaats onder ideale condities. Een energiebeheersysteem is echter vaak afhankelijk van externe diensten, zoals weersvoorspellingen, die kunnen falen. In het begin heeft dit geresulteerd in crashende software. Uitval van dergelijke externe systemen, of het internet, zou niet mogen leiden tot uitval van het energiesysteem. Fall-back methodes en best practices rondom dit thema zouden moeten worden ontwikkeld voor een betrouwbaar intelligent net.
- Met open source software kunnen grote stappen worden gemaakt zonder dat alles zelf ontwikkeld hoeft te worden, we gebruiken onder andere CBOR en ZeroMQ voor de communicatie binnen het ORTEP, InfluxDB voor opslag en Grafana voor dashboards. Soms dwingt het gebruiken van een open-source tool echter af dat alle andere software componenten ook moeten worden ververst, om vele tools op 1 embedded systeem te gebruiken is het soms nodig om container-technologie zoals LXC of docker containers te gebruiken. Daarnaast zijn vele optimalisaties en configuratie-wijzigingen nodig om bepaalde tools met de gelimiteerde resources van embedded systemen soepel te laten draaien. Andere tools zijn nog niet volwassen waardoor bugs moeten worden opgelost en features worden toegevoegd om ze bruikbaar te maken.

### Perspectief

De LV-Sensors en het ORTEP platform bieden perspectief voor diverse R&D vervolgprojecten en door de verdergaande electrificatie ook voor pilots bij DSOs, groene opwek installaties en grootverbruikers.

De DEMKit tool biedt perspectief voor vervolgprojecten. Tijdens het project is het door meerdere onderzoekers toegepast en vindt DEMKit momenteel ook zijn weg naar andere projecten en onderzoekinstellingen. De komende jaren zal dit een solide basis vormen voor onderzoek naar intelligente systemen voor het Smart Grid.

## **1.4. Bijdrage aan doelstellingen**

Met dit project is een open real-time platform ontwikkeld om innovatieve stuurmethodes te ontwikkelen voor energiemanagement op basis van real-time data. Hiermee draagt het project bij aan de (ontsluiting van) flexibiliteit in de gebouwde omgeving. De kennis kan worden ingezet om de capaciteit van het elektriciteitsnet beter te kunnen benutten voor de verduurzaming zonder dat direct netverzwaring nodig is. Concrete bijdragen zijn de LV-Sensors, het Open Platform, en de DEMKit software.

## **1.5. Spin-off**

Het ontwikkelde ORTEP-platform inclusief de LV-Sensors hebben geresulteerd in de volgende projecten en activiteiten:

- Gebruik van ORTEP door master student Isidora Radevic aan de TU Delft
- Gebruik van ORTEP in het H2020 United-Grid project

- Gebruik van ORTEP in het TKI UrbanEnergy project FairPlay
- Gebruik van ORTEP in het NWO Isolate project
- Propositie van ORTEP in nieuwe R&D projectvoorstellen en pilots.

Daarnaast wordt de ontwikkelde DEMKit-software toegepast in de volgende projecten:

- Gebruik van DEMKit in het TKI PPS project SlimPark
- Gebruik van DEMKit bij Aardehuizen Olst (meerdere projecten zoals SEDCON en ingediende H2020 voorstellen)
- Voorgesteld gebruik van DEMKit in het TKI MOOI project GridShield

Daarnaast wordt de DEMKit software veelvuldig toegepast op de Universiteit Twente voor zowel onderzoek als educatie op alle niveau's (Bachelor, Master en Promotie). De software is open-source en gratis voor onderzoeksprojecten. Vanuit samenwerking wordt de DEMKit software momenteel ook gebruikt aan Saxion Hogescholen en de TU Eindhoven. Internationaal werken onder andere Fraunhofer (Duitsland) en het "Center for Research & Technology Hellas" (Griekenland) met DEMKit.

## 1.6. Publicaties

Het project heeft geresulteerd in de volgende wetenschappelijke publicaties:

1. G. Hoogsteen, J. L. Hurink and G. J. M. Smit, "DEMKit: a Decentralized Energy Management Simulation and Demonstration Toolkit," 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), Bucharest, Romania, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905439.
2. G. Hoogsteen, M.E.T. Gerards, J.L. Hurink, G.J.M. Smit, G. J. M., O. Mansour, and D. Bijwaard, , "Combining distributed synchronized high frequency measurements with a control system for smart low voltage grids," In Proceedings of the 25th International Conference on Electricity Distribution (CIRED 2019) (25 ed.). [1058] CIRED.
3. B. Homan, S. Nebiolo, G. Hoogsteen, J. L. Hurink and G. J. M. Smit, "Improving the Degree of Autarky of a 16 House Neighbourhood in the Netherlands - A case study," 2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), Bucharest, Romania, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGTEurope.2019.8905491.
4. B. Homan, G. Hoogsteen, S. Nebiolo, J. L. Hurink and G. J.M. Smit, "Maximizing the degree of autarky of a 16 house neighbourhood by locally produced energy and smart control," Sustainable Energy, Grids and Networks, Volume 20, 2019, no. 100270, ISSN 2352-4677, <https://doi.org/10.1016/j.segan.2019.100270>.
5. G. Hoogsteen, M. E. T. Gerards and J. L. Hurink, "Optimization of Multi-Energy Systems Using the Profile Steering Coordination Framework," 2020 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT-Europe), The Hague, Netherlands, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ISGT-Europe47291.2020.9248766.
6. B. Homan, V. M. J. J. Reijnders, G. Hoogsteen, J. L. Hurink and G. J. M. Smit, "Implementation and Verification of a Realistic Battery Model in the DEMKit Simulation Software," 2018 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), Sarajevo, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGTEurope.2018.8571691.
7. G. Hoogsteen, M. E. T. Gerards and J. L. Hurink, "On the Scalability of Decentralized Energy Management using Profile Steering," 2018 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe), Sarajevo, 2018, pp. 1-6, doi: 10.1109/ISGTEurope.2018.8571823.

## 1.7. Informatie

Dit document is uitsluitend (gratis) in digitale vorm verkrijgbaar op:  
<http://smartstatetechnology.nl> en <https://www.utwente.nl/en/eemcs/energy>

### Contactpersonen:

#### Universiteit Twente:

**Prof. dr. Johann L. Hurink**

E-mail: [j.l.hurink@utwente.nl](mailto:j.l.hurink@utwente.nl)

Telefoon: +31 53 489 3447

**Dr. ir. Gerwin Hoogsteen**

E-mail: [g.hoogsteen@utwente.nl](mailto:g.hoogsteen@utwente.nl)

Telefoon: +31 53 489 4681

**Dr. ir. Marco E. T. Gerards**

E-mail: [m.e.t.gerards@utwente.nl](mailto:m.e.t.gerards@utwente.nl)

Telefoon: +31 53 489 4803

**Postadres:**

Postbus 217  
7500 AE Enschede  
The Netherlands

**Website:** <https://www.utwente.nl/en/eemcs/energy>

**Smart State Technology:**

**dr. ir. Omar Mansour**

**dr. ir. Dennis Bijwaard**

E-mail: [info@smartstatetechnology.nl](mailto:info@smartstatetechnology.nl)

Website: [smartstatetechnology.nl](http://smartstatetechnology.nl)  
KvK 66888492, Hengelo, Overijssel.



## 1.8. English Abstract

Results of a stress-test in Lochem (IPIN project IN4Energy) have shown that in future scenarios excessive loads from households and electrical vehicles may lead to power outages as the total power consumption exceeds the fuse ratings of the low voltage network. The main reason for this is that the network has not been designed for this excessive demand.

Within the iDEEGO ORTEP project we have developed an open platform for real-time energy management applications using synchronized real-time data for low-voltage grids. The use of synchronized data, using time beacons and GPS signals, allows the system to uncover details about the grid. The state of the electricity grid can be monitored at different locations using this system, such that various power quality related aspects can be tracked in real-time.

The open nature of the ORTEP-platform allows the integration of third-party applications that can run on this platform. Application Programmable Interfaces have been developed to allow e.g., researchers to develop such applications that make use of the real-time data. Within this project we have developed an energy management system (EMS) based on the TRIANA methodology using the DEMKit software. The goal of this EMS is to use the real-time data to resolve prediction errors that normally happen when creating predictions and plannings of power profiles in 15-minute interval driven markets. By combining the 15-minute interval-based planning with the real-time data from the ORTEP-platform, it should be possible to control devices more accurately to follow this planning, and therefore operate grids closer to their limit.

Within the project, we have established a framework where modelling and digital twins can be used to assess situations in the low-voltage grid accurately. Using this, real-time control strategies can be developed and tested in simulation before deployment. These steps have been executed in three different test cases. Deployment of the developed EMS applications onto the ORTEP platform proved to be easy.

The results of the field tests show that the integration of real-time data into the control step of TRIANA is of added value. The ORTEP-project has led to a control system that is able to resolve most prediction errors, only limited by a limited amount of energy flexibility, and is also more robust to prediction errors. As a result, the system is able to keep the power imported/exported in all three test cases in considerably smaller margins than the original TRIANA concept, or other concepts such as greedy charging of batteries. The smaller margins translate into an EMS that, thanks to the real-time data, is able to operate low-voltage grids closer to their limits in a reliable manner.

For future work, the developed system still requires optimizations with respect to the database used to store data. Furthermore, we also believe that more gains for the low-voltage grid can be attained when using the platform for coordinated distributed control among multiple connections in a low-voltage grid. This should increase the amount of flexibility and therefore result in even more power quality improvements throughout the energy transition and electrification of our energy supply system.