

**kiemt**



Europäische Union  
Europese Unie

INTERREG  
Deutschland  
Nederland

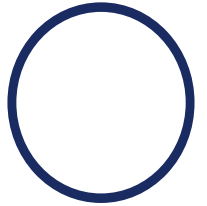


**KIEMT**

**Jérôme Dangerman**

Directeur  
Stichting Kiemt

Utrechtseweg 310 | Gebouw B38 | 6812 AR Arnhem  
(026) 446 14 69 | dangerman@kiemt.nl | kiemt.nl

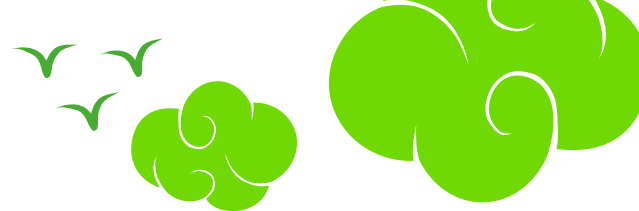


Grensoverschrijdende samenwerking in de ontwikkeling van cleantech innovaties

# Cleantech Energy Crossing



# Voorwoord



De energietransitie, het kan mij niet snel genoeg gaan. Het afgelopen jaar, waarin de wereld stilstond als gevolg van de COVID-19 pandemie, is de CO<sub>2</sub>-uitstoot drastisch gedaald en het energieverbruik met 8% afgenomen. Echter, om de klimaatdoelstellingen van Parijs te halen, zouden we ieder jaar vanaf nu, de emissies met eenzelfde hoeveelheid terug moeten laten lopen als in 2020. Het huidige tempo is veel te langzaam. We moeten flink versnellen, wereldwijd. Versnellen doen we door nieuwe en slimme oplossingen en producten te bedenken, samen te werken tussen sectoren en landen en met nieuwe beleidsplannen te komen vanuit een doortastende overheid. Hoe mooi is het dan dat wij u vandaag het eindrapport Cleantech Energy Crossing kunnen laten zien. 15 (door)ontwikkelde producten, plannen en ideeën die niet alleen de energietransitie concreet helpen te versnellen, maar ook een inspiratie zijn voor velen anderen.

De energietransitie is niet alleen de taak van de energiesector. Ook de zware industrie, de transportsector en de bebouwde omgeving moeten de slag maken in de komende jaren. In het Clean Energy Crossing project lag de focus op de gebouwde omgeving: oplossingen voor privéwoningen en oplossingen voor instanties met hun eigen elektriciteitsvoorziening zoals campussen, winkelcentra en zelfvoorzienende wijken. In de afgelopen vier jaar hebben tientallen gepassioneerde organisaties uit het bedrijfsleven, kennis- en onderzoeksinstituten in Nederland en Duitsland intensief samengewerkt om tot nieuwe producten te komen. Onder de bezielende leiding van de medewerkers van stichting Kiemt en EnergieAgentur Nordrhein Westfalen zijn er uiteindelijk oplossingen gekomen voor zowel de directe woonomgeving als voor micro-netwerken. Hier blijkt eens te meer dat samenwerking cruciaal is, tussen experts, industriële sectoren en tussen landen. Het Cleantech Energy Crossing project bevestigt ook dat nieuwe technologieën en innovaties gecombineerd

moeten worden om tot de uiteindelijke versnelling te komen van de transitie. Opslagtechnieken maken duurzame verwarming en koeling mogelijk en verschillende soorten kleinschalige batterijen zijn nodig om ervoor te zorgen dat we thuis niet alleen elektriciteit opwekken maar het ook daadwerkelijk in onze huizen kunnen gebruiken. Grotere batterij-oplossingen zijn dan weer nodig voor bedrijventerreinen, scholen en industrie. Op al die gebieden biedt dit project oplossingen. Dat heeft niet alleen 15 producten opgeleverd maar ook gezorgd voor inspiratie en kruisbestuiving tussen alle partijen. Daar kan weer verder op gebouwd worden.

Het energietransitie plaatje is echter niet compleet met alleen het bedrijfsleven, onderzoek en onderwijs. Ook de overheid speelt een cruciale rol: met financiële ondersteuning van innovaties, samenwerkingsverbanden en nieuwe regelgeving. Zonder steun van de Europese Unie, het (Nederlandse) Ministerie van EZK, het (Duitse) Ministerie van Economie, Innovatie, Digitalisering en Energie van de deelstaat Noordrijn-Westfalen en de provincies Gelderland, Brabant en Limburg konden wij u vandaag niet dit prachtig resultaat laten zien. Een overheid die steunt, inspireert en de weg vrijmaakt voor een schone en veilige toekomst voor iedereen, dat is wat we nodig hebben voor de komende decennia.

Ik dank alle partijen die betrokken zijn geweest bij dit inspirerende en zinvolle project. Op naar de volgende fase, waarin we nog sneller zullen moeten gaan.

**Caroline Kamerbeek**  
*Bestuursvoorzitter Stichting Kiemt*  
*Directeur Marketing, Communicatie, Beleid*  
*Energy Systems bij DNV*



# – Leeswijzer eindrapport Cleantech Energy Crossing +

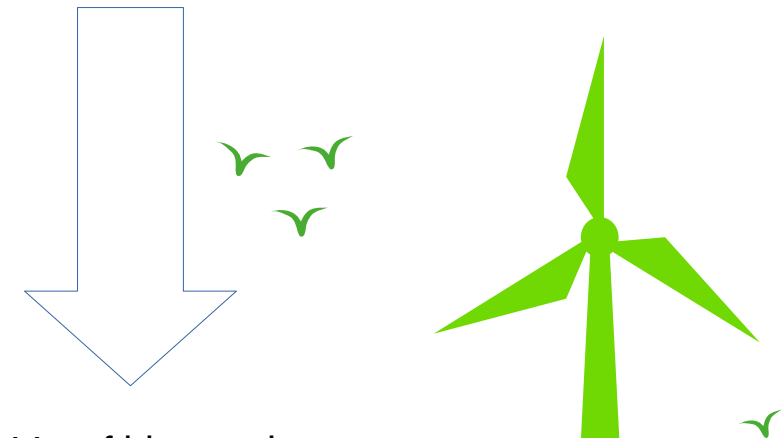
Het project Cleantech Energy Crossing bevordert grensoverschrijdende samenwerking tussen Nederlandse en Duitse organisaties die zich bezighouden met de ontwikkeling van cleantech innovaties. Specifiek innovaties gericht op de verduurzaming van de gebouwde omgeving inclusief de lokale energie-infrastructuur. Deze productinnovaties dragen bij aan de energietransitie in de gebouwde omgeving. In dit project hebben Stichting Kiemt en EnergieAgentur.NRW in een consortium van meer dan 40 Mkb'ers, kennis- en onderzoeksinstituten de productinnovaties aangejaagd in het grensgebied van Noordrijn-Westfalen en de Nederlandse provincies: Gelderland, Brabant en Limburg. De productinnovaties zijn verdeeld over drie werkpakketten en worden in die volgorde per hoofdstuk beschreven in deze publieke versie van het eindrapport.

**Werkpakket 1**, genaamd *Sustainable heating & cooling*, richt zich op innovatieve warmte- en koudetechnieken. Binnen dit werkpakket zijn 11 productinnovaties ontwikkeld door het MKB. De innovaties zijn ontwikkeld op het gebied van: zonne-energie, zonthermie, thermo-elektrische muurelementen en producten voor het verwarmen en koelen van gebouwen. Tenslotte is er ook een vergelijkende studie gedaan tussen deze soorten innovaties. Een speciaal ontwikkelde IT-Tool biedt inzicht in de toepasbaarheid van de verschillende producten voor verschillende soorten gebouwen.

**Werkpakket 2**, genaamd *Batteries@Home*, richt zich op de ontwikkeling van kleinschalige batterijtechnologie om elektriciteit op te slaan in woningen. Hiermee kan de opslagcapaciteit en het percentage eigen verbruik van zelfgeproduceerde elektriciteit in woningen worden verhoogd. Binnen dit werkpakket zijn twee soorten batterijen doorontwikkeld: de loodkristalbatterij en

de natriumzwavelbatterij. De batterijen zijn geïmplementeerd in demowoningen en de prestaties zijn hierbij onderzocht. Met behulp van een selectietool kunnen batterijen met elkaar vergeleken worden.

**Werkpakket 3**, genaamd *Micro-grid storage*, richt zich op de ontwikkeling van grotere batterijtechnologieën in een micro-grid omgeving. Deze batterijen richten zich op de lokale energieverzorging door elektriciteit op te slaan die voorkomt uit onder andere wind- en zonne-energie. Binnen dit werkpakket zijn 2 batterijtechnologieën doorontwikkeld: de zeezoutbatterij en de waterstofbroomflowbatterij. Deze batterijen zijn getest en gedemonstreerd op verschillende locaties en op basis van de opgedane kennis zijn verschillende businessmodellen uitgewerkt.



Vanaf hier verder  
met WP3 :  
microgrid storage

# Testlocatie Olst | Aardehuizen

## Testlocatie

In Olst staat de wijk Aardehuizen: een wijk waarin de bewoners hun eigen duurzame huizen hebben gebouwd, gemaakt van afgedankte materialen en zoveel mogelijk zelfvoorzienend. Op de testlocatie in Aardehuizen is gewerkt aan een energiemonitoringssysteem, een elektrische boileraansturing en een accu en besturingssysteem. Ook is de zeezoutbatterij van Dr Ten geïnstalleerd en onderzocht.

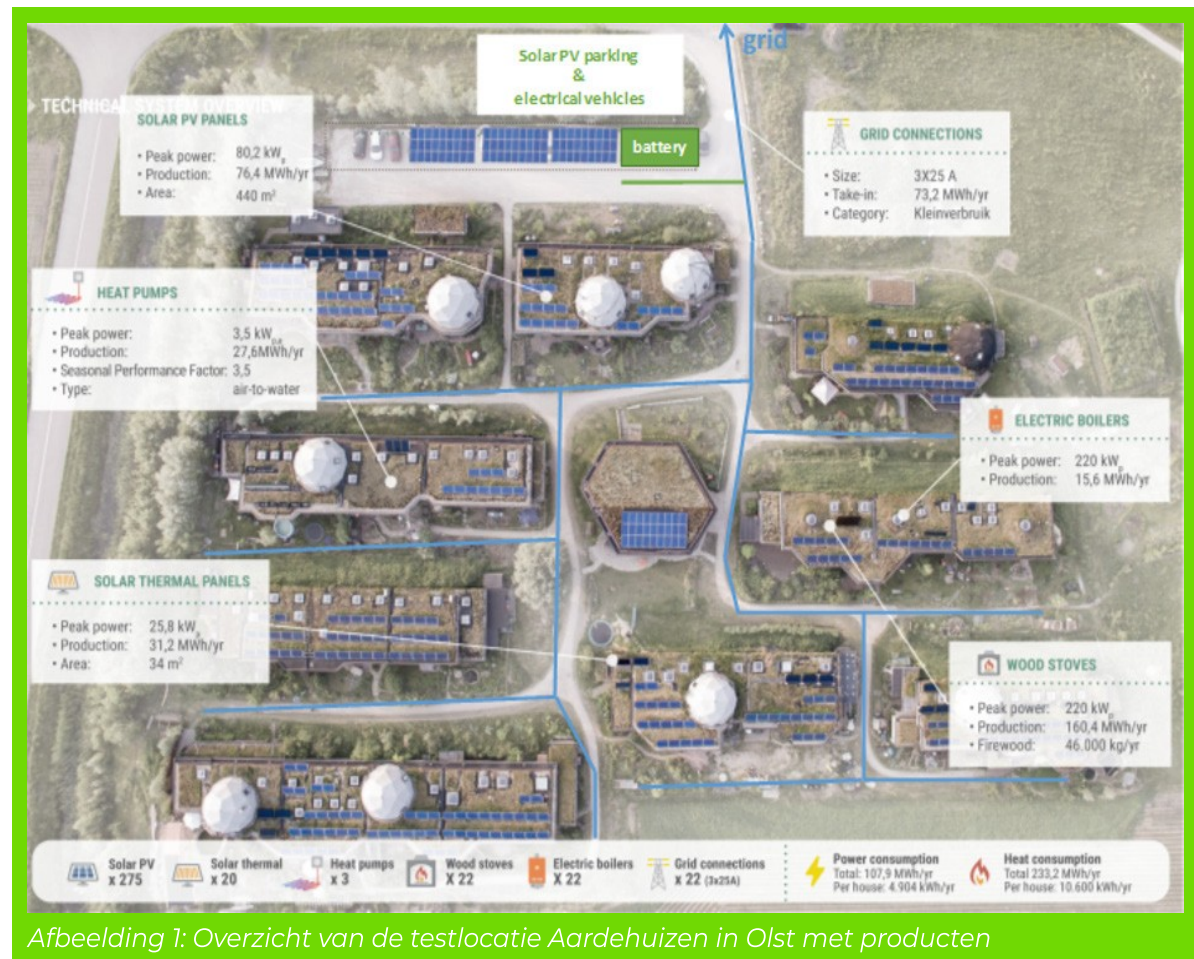
## Ontwikkeling en samenwerking

Tijdens dit project hebben twee onderzoekers, twee onderzoekassistenten, vijf HBO afstudeerders/stagiaires, een WO-master student en meer dan twintig HBO 3e en 4e jaars studenten in projectgroepen vanuit Saxion en de Universiteit van Twente aan dit project gewerkt.

Er zijn twee prototype

energiemonitoringsystemen ontwikkeld, om de energiebalans per huishouden te kunnen monitoren via een smart meter. Een van deze heeft gedurende twee jaar de energiebalans van één huishouden gemeten en opgeslagen. In de laatste fase van het project is een

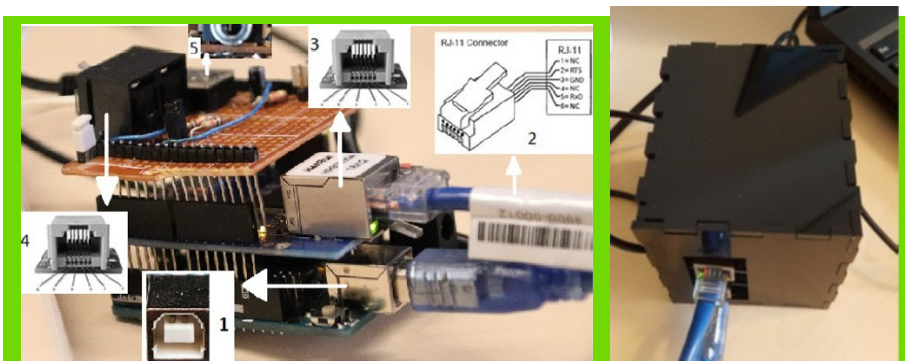
aanpassing gedaan waarbij data ook geleverd kan worden aan een centraal monitoring- en besturingssysteem. Er is een prototype elektrische boileraansturing ontwikkeld en getest, zowel in een lab op Saxion als in een woning bij Aardehuizen. Als laatste is onderzoek gedaan naar batterij capaciteit en slimme sturingsopties voor Aardehuizen, en hoe deze zelfvoorzienendheid, zelfconsumptie en piekreductie beïnvloeden. Deze geven een indicatie hoe zelfstandig (dus niet afhankelijk van energietoevoer of -afvoer van buiten het systeem) een systeem, zoals een woonwijk, kan zijn. Hoe hoger de zelfconsumptie, des te meer zelfstandig de woonwijk. Om dit te onderzoeken is een energiemodel ontwikkeld, en zijn de invloeden van verschillende besturingsopties onderzocht.



Abbeelding 1: Overzicht van de testlocatie Aardehuizen in Olst met producten

De test van de zeezoutbatterij in Aardehuizen bestond uit twee delen. In het eerste deel zijn alle elektronica getest om veranderingen in het netwerk en de stabiliteit van het internet te testen. Ook is dit deel gebruikt om de interactie van omvormers met de batterij en andere kleine problemen bij de installatie waar te nemen. In het tweede deel is het systeem gedurende een maand aangesloten om het laad- en ontladgedrag van de batterij op het net en de stabiliteit te observeren.

Het doel van GPX is om te komen tot bewijs van 'wie levert welke energie aan wie' om die levering daadwerkelijk te doen plaatsvinden en te bewijzen. Dit traject vindt plaats via microcertificering en het daarmee koppelen van de real time opwek van energie tot en met de consumptie van die specifieke energie. Dit vindt plaats middels meten, schakelen en communiceren, evenals registreren en borgen, in real time. GPX werkte binnen dit project bij Aardehuizen samen met Saxion, Dr Ten en InnovationMatters om een demo te maken, waarbij



Afbeelding 2: Prototype hardware met behuizing

van de volledige duurzame opwek levering en traceerbaarheid geregistreerd en verantwoord is. Bij Aardehuizen wordt middels gewaarmerkte kwartierstanden zichtbaar gemaakt dat energie die op het ene allocatie punt (A) wordt opgeweakt of gelijktijdig op een ander allocatie punt (B) wordt geconsumeerd of in de buurtbatterij van Dr Ten wordt opgeslagen.

De buurtbatterij geeft de mogelijkheid dat systeem verder te verfijnen omdat deze zowel energie kan leveren als overschotten opslaan voor later gebruik.

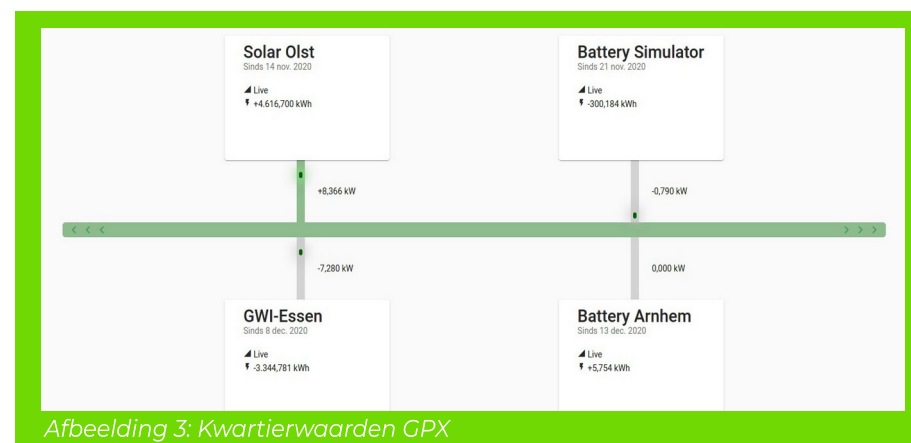
## Resultaten en toekomst

De energiemonitoring op huishoudenniveau en het exporteren van deze data naar een centraal besturingssystemen is gerealiseerd. In een vervolgproject is het nodig om te kijken naar aansturingmogelijkheden gebruik makend van de monitoring data. Hoe kan dit bijvoorbeeld verder bijdragen aan energiezelfstandigheid?



De boiler aansturing is werkend en de modelering geeft een indruk van de energie van de elektrische boiler. Met enkele aanpassingen kan het systeem in de toekomst aangestuurd worden door een centraal besturingssysteem. Dit zou een doel moeten zijn in een vervolgproject, alsmede het verder testen en uitrollen van boiler aansturingssystemen bij de rest van de woningen.

Een model is gemaakt van de elektrische energiestromingen in Aardehuizen, en is gebruikt om een accugrootte te bepalen: 62kWh op wijkniveau. In een vervolgproject is het interessant om te bekijken welke invloed een uitgebreidere vorm van slimme sturing zou hebben (waarbij weersvoorspellingen en historische verbruikersdata meegenomen worden), zowel op de benodigde accucapaciteit als op de zelfstandigheid van de wijk. Ook is het interessant om te bekijken welke rol hybride energieopslag (meerdere vormen van energieopslag slim en optimaal gebruiken) bij de woonwijk zou kunnen hebben.



Afbeelding 3: Kwartierwaarden GPX

# – Testlocatie De Wijk van Morgen | Heerlen +

## Testlocatie

De Wijk van Morgen is een real life testsite van de Zuyd Hogeschool en bevindt zich op het Duits/ Nederlandse industrieterrein Avantis en bestaat uit drie duurzame gebouwen. De drie gebouwen moeten gezien worden als gemeenschappelijk bron van opwek, consumptie en opslag (lokaal balanceren op wijkniveau). Op deze testlocatie hebben Zuyd Hogeschool, Dr Ten en GPX samengewerkt.

## Ontwikkeling en samenwerking

Voor de opslag is een prototype van de zeezoutbatterij van Dr Ten met een opslag capaciteit van 2kWh geplaatst in één van de gebouwen. Op deze testlocatie is onderzoek gedaan naar drie verschillende marktmodellen voor energiehuishouding:

1. **Het reduceren van de netaansluiting:** om het nut van lokaal balanceren aan te tonen. Bijvoorbeeld: 20k productie, 20kW maximale consumptie, 10 kW netaansluiting.
2. **Dag/nacht compensatie:** gedurende de nacht moet het gros van de energie uit de opslag komen.
3. **Energieprijs in relaties tot piek en dal energiegebruik:** dit zal niet geïmplementeerd worden in de regelaar maar wel gesimuleerd met de verkregen data.

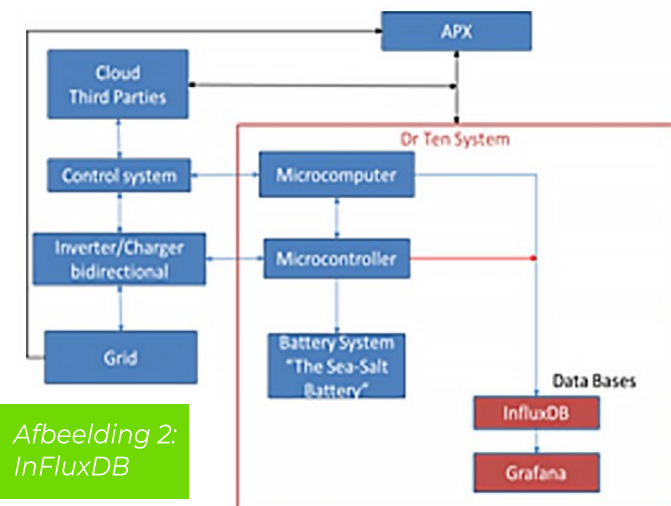
Er zijn voor dit project 8 Smart meters geïnstalleerd om de werkelijke (real time) energiestromen te registreren tussen de gebouwen en binnen ieder gebouw.

Na onderzoek van diverse typen is de keus gevallen op een ABB meter met een hoge nauwkeurigheid. Dit is nodig om tot een betrouwbaar en snel energie monitoringsysteem te komen.



Afbeelding 1: Testlocatie "De Wijk van Morgen" Zuyd hogeschool Heerlen

De meters zijn via een dataverbinding (Modbus) uit te lezen en aangesloten op een micro computer die zorgt voor het vergaren van data, verwerken, lokale opslag en communicatie met de database in een Cloud omgeving genaamd InfluxDB.



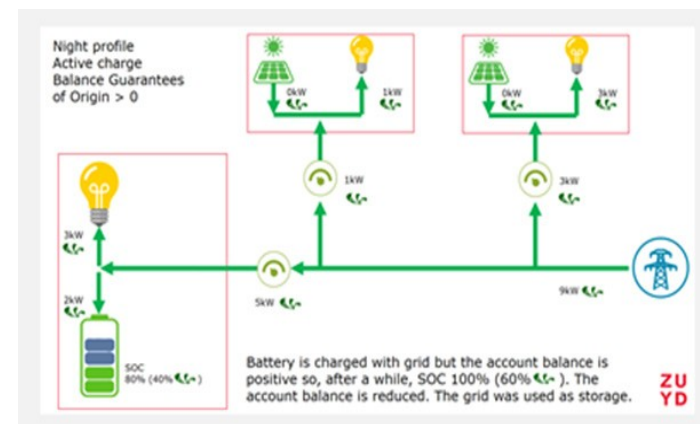
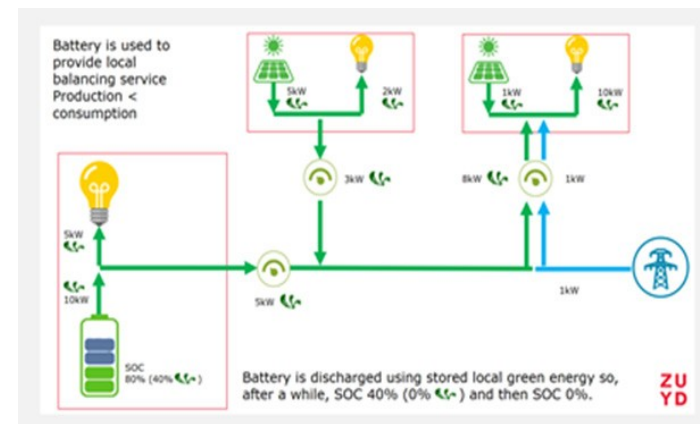
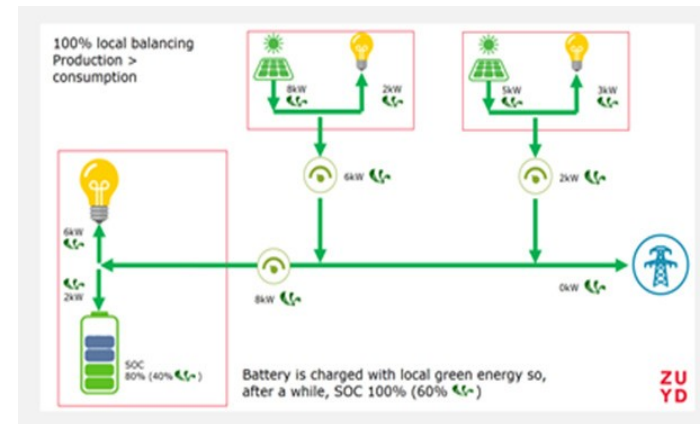
Afbeelding 2:  
InFluxDB

Deze database is zeer krachtig en in staat om vele miljoenen datapunten per seconde te lezen en deze te filteren en verwerken. Op deze manier is het systeem uit te breiden van de drie gebouwen tot vele honderden of meer. Een dashboard is beschikbaar vanuit de database. Hierdoor is het mogelijk om veel verschillende applicaties met de database te verbinden. Doordat het dashboard vooral bedoeld is om historisch gedrag te monitoren was het noodzakelijk om een nieuwe tool (samen met GPX) te ontwikkelen om de real-time data te visualiseren.

De volgende drie afbeeldingen geven een aantal scenario's van voorkomende energiestromen. De groene lijnen zijn lokaal opgewekte energie en de blauwe energie betrokken uit het net. Het symbool van GPX Energybank is gebruikt om aan te geven dat deze energie een door GPX gegarandeerde oorsprong heeft. Het onderstaande voorstel heeft geleid tot het huidige dashboard ontwikkeld door GPX.

### Resultaten en toekomst

De omvormer tussen de zeezoutbatterij en het energienet is gedurende de testperiode niet volledig voltooid. Hierdoor is ook het energiemonitoringssysteem op deze locatie niet getest. De testen voor de batterij zijn als eerst uitgevoerd op de testlocatie Aardenhuizen te Olst. Er was binnen dit project niet genoeg tijd voor verder onderzoek op de testlocatie in Heerlen. In de afbeeldingen van de testlocatie Aardehuizen is te zien dat het huidige energiemonitoringssysteem van GPX nog niet de detaillering heeft zoals in het bovenstaande systeem van Zuyd. Dit zijn zaken die nog in een eventueel vervolgproject verder uitgewerkt kunnen worden.



# Testlocatie IPKW | Arnhem

## Testlocatie

Ten behoeve van mogelijke pilotlocaties voor het testen en het uitvoeren van metingen voor de redox flow-batterij van Elestor is samengewerkt tussen de projectpartners Elestor, GWI Essen, GPX en met NEW GmbH.

## Ontwikkeling en samenwerking

Het bleek een uitdaging om ten behoeve van de pilotlocaties voldoende helderheid te krijgen over de mogelijke opstelling van een dergelijke batterij op een locatie. De uitdagingen hadden betrekking op:

- De locaties voor een buitenplek waar voldoende ruimte beschikbaar was. Uiteindelijk werd op beide locaties een mogelijke positie gevonden.
- Het gezamenlijk helder krijgen van systeemveiligheid en de daarmee samenhangende positionering.
- Grip krijgen op wat er nodig zou zijn met betrekking tot vergunningen.

Het is helaas nog niet mogelijk gebleken om op beoogde omvang een demonstratie te geven op de beoogde pilot locaties, maar het is wel mogelijk gebleken om een batterijproduct te realiseren die kan opereren in een micro-grid of, beter nog, in een groter grid. Het samenspel tussen de HBr opslag technologie en de energie-infrastructuur is succesvol getest, zij het in twee delen, namelijk een deel dat de stack operatie en aansturing laat zien en een ander deel dat laat zien dat het batterijcontrolesysteem aangestuurd kan worden door een energiemanagementsysteem in het grid. Daarbij zijn specifiek twee businessmodellen getest, namelijk "optimalisatie gebruik van zelf opgewekte energie"



en "peak shaving". Projectpartner GPX gaf binnen het project eveneens aan hoe het mogelijk kan worden gemaakt om eveneens een businessmodel te realiseren waarbij 'garantie van oorsprong van energie' kan worden ingebouwd in een aansturend systeem.

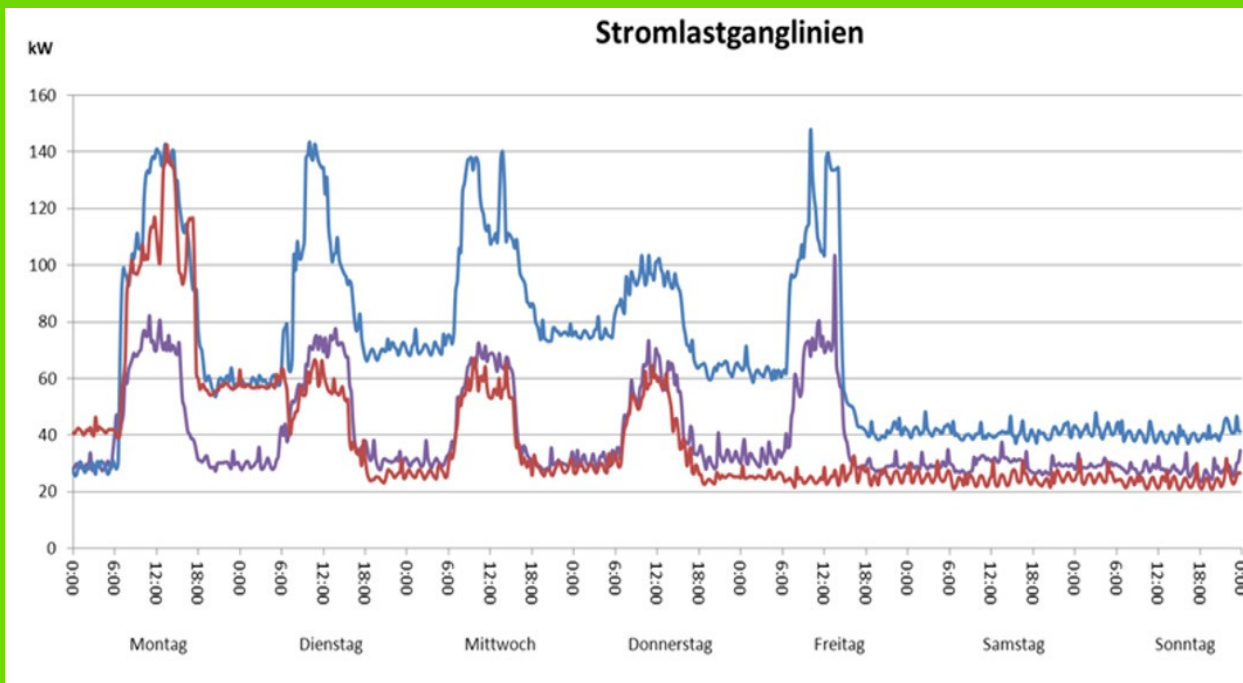
De tijdige installatie van een werkend prototype van de Elestor redox flow-batterij bij de GWI-testlocatie is niet meer mogelijk gebleken voor sluiting van het project. Wel werden er via internet relevante gegevens uitgewisseld met de partners om de batterij te testen. Op basis van de prestatiegegevens van het prototype in Arnhem en voor een verdere analyse werden de gegevens geëxtrapoleerd.

## Resultaten en toekomst

Ondanks de tegenslagen op de testlocatie heeft GPX een virtuele koppeling kunnen realiseren en heeft GWI energieprofielen kunnen overleggen voor verder onderzoek.

Voor het virtueel laden van de batterij met relevante data via internet is een analyse uitgevoerd met betrekking tot de elektriciteitsvraag van GWI. Uit die analyse blijkt dat de elektriciteitsvraag van GWI per seizoen varieert tussen 24-26 MWh per maand in de wintermaanden en 17-18 MWh per maand in de zomermaanden. De basislast ligt meestal rond de 25 kW en de vraag loopt tijdens kantooruren op tot ruim 60 kW. Afhankelijk van de soorten testen en experimenten die bij GWI wordt uitgevoerd, kan de basisbelasting echter ook boven de 60 kW uitkomen en

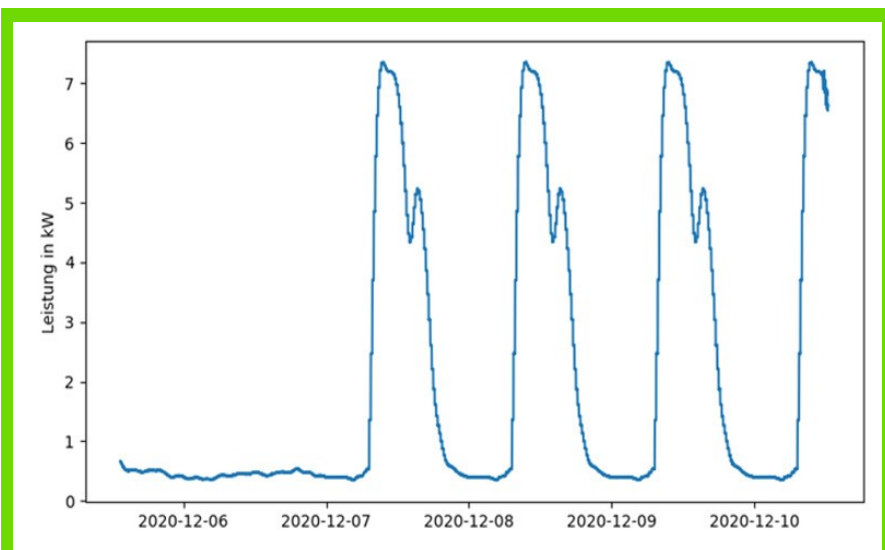




Afbeelding 1: Huidige belastingsprofielen in kW voor drie opeenvolgende weken (1e week paars, 2e week blauw, 3e week rood) met stroomintensieve experimenten in de 2e en aan het begin van de 3e week.

treden er vermogenspieken op van meer dan 150 kW. Zie ook de huidige belasting curves van drie voorbeeldweken met stroom intensieve experimenten in de tweede en aan het begin van de derde week in afbeelding 1. Afbeelding 2 is gebaseerd op de prestatiegegevens van het prototype in Arnhem. Voor een goede vergelijkbaarheid van de resultaten, zijn de relevante gegevens op basis van het standaard capaciteitsprofiel G1 voor commerciële voorzieningen van de Federale Vereniging voor Energie en Waterstaat (BDEW) afgestemd op de kantoorvereisten van GWI.

Ondanks dat de batterij uiteindelijk niet voldoende gereed was om zinvol op de pilotlocaties op te stellen, is er ervaring opgedaan met de uitdagingen bij de toekomstige batterij opstellingen en de wijze waarop deze goed opgesteld kunnen worden.



Afbeelding 2: Overgedragen vermogensvragen in kW per dag

GPX heeft een virtuele koppeling gerealiseerd waarmee het kan aantonen hoe het zou zijn als de opwek van de zonnepanelen bij de Aardehuizen opgeslagen zou worden in de andere batterij van Elestor in Arnhem. Deze wordt gebruikt ten behoeve van de energieconsumptie van GWI in Essen.



# Met dank aan alle partners

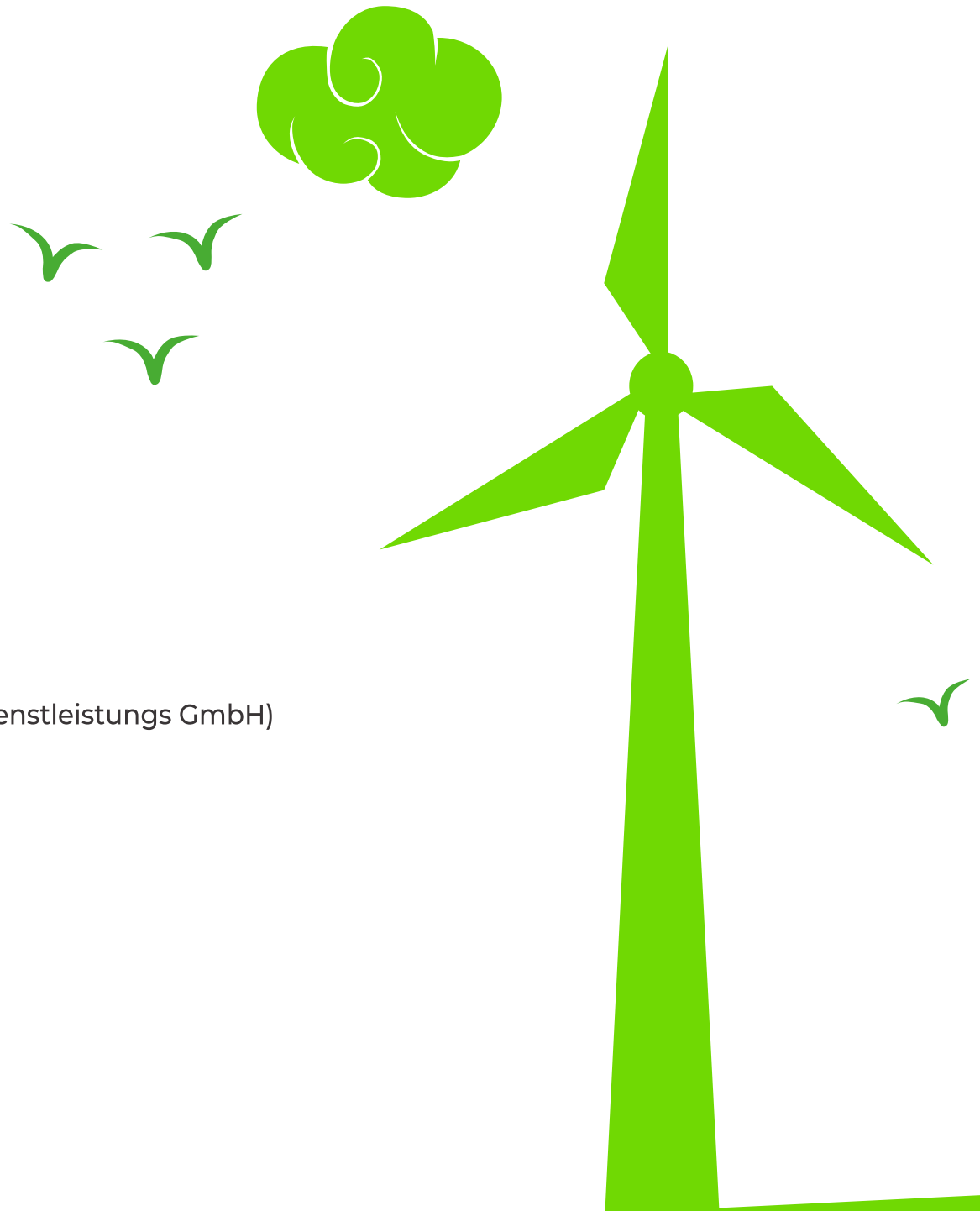
## Partners

Deze partners hebben een bijdrage geleverd aan de uitvoering van het project Cleantech Energy Crossing in de vorm van grensoverschrijdende samenwerking en de ontwikkeling van cleantech innovaties. In totaal hebben deze partners een eigen bijdrage geleverd van ruim € 1,7 miljoen voor de uitvoering hiervan.

Amarre B.V.  
Bilan BV  
Bouwkundig & Facilitair Adviesbureau Comuth  
Chatim BV  
CNC Speedform AG  
Coins & Bubbles BV  
Crijns Energy Controlling  
Dr. Ten BV  
Elestor BV  
Energie Effectief BV  
EnergieAgentur.NRW GmbH  
Energieversorgung Oberhausen AG  
Energy Exchange Enablers B.V.  
ENLOP GmbH  
Exergy Mechanical Engineering  
Exergy Storage Components and Systems  
G. Langelaar Holding bv  
GPX Octrooi BV  
GWI Essen (Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.)  
HAN (Hogeschool van Arnhem en Nijmegen)



H.J. ter Maat Holding BV  
HaHe BV  
Heva Klimaat & Installatie  
Jan Putman Beheer BV  
Kiemt  
Maan Lite BV  
Micro Turbine Technology BV  
Mitsubishi Electric Europe B.V.  
MJM ter Bille Holding b.v.  
MTTenergy UG (haftungsbeschränkt)  
NEW AG  
Power Kombi Module BV  
Saint Trofee  
Scholt Energy Control GmbH  
Scholt Energy Services B.V.  
Schraven-Solar (Schraven Service und Dienstleistungs GmbH)  
Seafuy BV  
Solar Energy Booster BV  
SolarTech International B.V.  
Stichting Saxion  
Stichting Zuyd Hogeschool  
Supro New Business B.V.  
Thermofer GmbH & Co. KG  
think [E] energy GmbH  
Vapora Bioenergie GmbH  
VAPORA group BV  
Varta Storage GmbH  
WTW consultancy B.V.



# Cleantech Energy Crossing

Het project Cleantech Energy Crossing is een grensoverschrijdend samenwerkingsverband, dat gericht is op de verduurzaming van de bebouwde omgeving en de lokale energie-infrastructuur middels cleantech innovaties, zoals batterijtechnologie en warmte- en koudetechniek.

Stichting Kiemt is leadpartner en penvoerder.

Jochem Garthoff  
Programmamanager Energietransitie  
Garthoff@kiemt.nl

## Kiemt

Westervoortsedijk 73 – HB  
6827 AV Arnhem  
www.kiemt.nl

# kiemt

*Het project wordt in het kader van het INTERREG-programma Deutschland-Nederland uitgevoerd en met ruim 3,1 miljoen euro subsidie financieel ondersteund door de Europese Unie, het Nederlandse ministerie van Economische Zaken en Klimaat, provincie Gelderland, provincie Noord-Brabant, provincie Limburg en het Duits ministerie van WIDE Nordrhein-Westfalen.*

Mede mogelijk gemaakt door:



Europäische Union  
Europese unie



Euregio Rhein - Waal  
gemeinsam stärker samen sterker

Ministerium für Wirtschaft, Innovation,  
Digitalisierung und Energie  
des Landes Nordrhein-Westfalen



≡ provincie  
Gelderland

**Provincie Noord-Brabant**

provincie limburg



Ministerie van Economische Zaken  
en Klimaat