

COUPERUS

SMART GRID



provincie **HOLLAND**
ZUID

TNO innovation
for life



PROJECTGEGEVENS

Project naam	Couperus Smart Grid
Projectnummer	IPIN2011.11
Penvoerder	Stedin Netbeheer BV
Partners	Itho Daalderop
	Eneco BV
	IBM
	TNO
	Vestia
	Staedion
	Provincie Zuid Holland



INHOUD

MANAGEMENTSAMENVATTING

pagina 2 - 3

INTRODUCTIE

pagina 4 - 11

Aanleiding & vraagstelling

PowerMatcher en de Stille Kracht van Couperus

UITVOERING PROEFTUIN

pagina 12 - 25

Fase 1: Validatie van het idee voor de proeftuin en plan van inrichting

Fase 2: Veldtest

Fase 3: Vergroten stuurbaar vermogen en enthousiasmeren bewoners

AFRONDING

pagina 26 - 31

Terugblik doelen

Algemene resultaten en bevindingen

Lessons Learned

Vervolg

BIJLAGE : OPENBARE PUBLICATIES EN NIEUWSBERICHTEN

MANAGEMENTSAMENVATTING

De proeftuin Couperus Smart Grid (SG) is gestart in 2012 en afgerond in 2015, als onderdeel van het programma IPIN (Innovatie Programma Intelligente Netten). Met IPIN is in een twaalftal proeftuinen onderzoek gedaan naar de rol die intelligente netten kunnen spelen in het sterk veranderende energielandschap. Bij aanvang van de proeftuin Couperus SG was nog niet voorzien dat het energielandschap zo snel zou veranderen: decentraal opgewekte duurzame energie en bijvoorbeeld de elektrische auto maakten een doorbraak mee. Dat maakt de uitkomsten van de verschillende IPIN-proeftuinen nog relevanter. Ook de resultaten en bevindingen vanuit Couperus SG helpen mee om volgende stappen in de duurzame energietransitie mogelijk te maken.

Voor de proeftuin Couperus SG is een consortium gevormd van belanghebbende partijen: Provincie Zuid-Holland, Staedion, Vestia, TNO, IBM, Eneco BV, Itho Daalderop en Stedin. De proeftuin had als locatie het bij aanvang splinternieuwe gelijknamige wooncomplex Couperus in Den Haag. Dit complex bestaat uit een kleine 300 appartementen. Die worden verwarmd met behulp van een collectief Warmte/Koude opslagsysteem (WKO), met individuele warmtepompen. In de proeftuin zijn daaraan in de vorm van een smart grid andere componenten gekoppeld: middenspanningsruimtes, smart grid software (PowerMatcher) en de data van een windpark.

De proeftuin richt zich op vraag- en aanbodsturing door interactie en afstemming van deze componenten. Deze interactie en afstemming wordt geregeld door de PowerMatcher technologie. Hierin worden de randvoorwaarden en prioriteiten van de klantwens (warmtepomp), netbelasting (middenspanningsruimte) en windproductie (onbalanssignalen) meegenomen, afgewogen en geoptimaliseerd.

De opzet van de proeftuin was om meer inzicht te krijgen in antwoorden op onderstaande vraagstelling:

- Hoe kan de energie infrastructuur bij de klant zo ingericht worden dat deze toekomstbestendig is en alle partijen in de waardeketen – inclusief de eindgebruiker - hier maximaal profijt van hebben?

Algemene doelstellingen hierbij zijn:

- (a) te demonstreren dat theoretisch aangetoonde reductie van de energievraag met de gekozen smart grid-inrichting praktisch mogelijk is;
- (b) nadere kennis op te doen over de wijze waarop de energie-infrastructuur op consument-niveau zo ingericht kan worden dat deze bijdraagt aan een optimale inzet van de net- en energiec capaciteit (nu en in de toekomst).

De proeftuin bestond uit twee delen. Deel één (fase 1 en 2 in dit verslag) was erop gericht om het smart grid technisch in te richten, operationeel te krijgen en informatie te verzamelen. Daarmee komt het potentieel van vraag- aanbodsturing in beeld. Deel twee (fase 3 en 4) was gericht op het betrekken van de consument bij het verder optimaliseren van de net- en energiec capaciteit.

Belangrijkste conclusie ten aanzien van het eerste deel van de proeftuin is dat de PowerMatcher technologie een werkende oplossing is en dat het piekscheren in combinatie met onbalanscompensatie functioneert. Belangrijk leerpunt is ook dat een warmtepomp geschikt is om flexibiliteit te creëren. Maar de flexibiliteit (om het verbruik te sturen) van de warmtepompen is niet voldoende. Het verbruik van de warmtepomp is beperkt tot bepaalde momenten per dag en is seizoen afhankelijk. Om de flexibiliteit te vergroten zouden méér (of meer verschillende) apparaten aangesloten moeten zijn. De conclusie is dat het smart grid goed heeft gewerkt en dat daarover interessante inzichten zijn opgedaan. Naast de overall doelstelling, is het voor alle partners ook een waardevolle proef geweest om inzicht te krijgen in individuele leerdoelen.

Deel twee (fase 3 en 4) van de proeftuin was gericht op het vergroten van de flexibiliteit door de consument actief te betrekken. Door uitgebreid onderzoek in het kader van de proeftuin onder een grote groep consumenten, is inzicht ontstaan in de drijfveren en motivatie van de klant om hier al dan niet aan mee te werken. Het onderzoek toont aan dat dit een complex vraagstuk is. Aspecten als geld, tijd en het belang van autonomie en de controle houden maken het moeilijk om hierop snel passende producten en diensten te ontwikkelen. Het is, kortom, lastig gebleken om het technische karakter van het project te vertalen naar de klant.

Couperus SG is uiteindelijk uitgevoerd zonder actieve handelingen van de bewoners en heeft bewezen dat er dan tóch flexibel vermogen gerealiseerd kan worden. De klantinzichten uit het consumentenonderzoek dat in het kader van de proeftuin is gedaan, bieden wel aanknopingspunten om consumenten hier in de toekomst actiever bij te betrekken.

Het project Couperus SG is gerealiseerd door verschillende stakeholders, die allemaal eigen leerdoelen en wensen hadden. Terugkijkend blijkt dat het waardevol is geweest om vanuit verschillende perspectieven samen te werken aan de vraagstelling.

Kijkend naar de toekomst, luidt de conclusie dat invoering van variabele elektriciteitsstarieven, het uitbreiden van het aantal bestuurbare apparaten en de inzet van PowerMatcher software op meerdere plekken (lagere overhead) bij kunnen dragen aan een grotere (financiële) waarde voor de klant en betrokken partners. Daarnaast is een betere (geautomatiseerde) monitoring en de verdiepingsslag van de data naar inzichten ook waardevermeerderend. Samengevat hebben de partners vastgesteld dat door de opgedane ervaringen met betrekking tot oplossingen, techniek, klant en uitvoering zeer waardevolle lessen zijn geleerd.

Een vervolg van Couperus SG kan liggen in een voortzetting op de fysieke locatie in Den Haag, maar ook gestoeld zijn op de verzamelde inzichten van bijvoorbeeld PowerMatcher of consumentengedrag. Met Couperus SG hebben we een aantal belangrijke vragen beantwoord, maar er staan ook nog genoeg (vervolg-)vragen open.

INTRODUCTIE



Het innovatieprogramma Intelligente Netten (IPIN) is van start gegaan in 2011. Het programma had een vooruitziende blik, kun je achteraf zeggen. De wereld zag er in 2011 op energiegebied heel anders uit dan vandaag. Duurzame en decentrale energieproductie en bijvoorbeeld elektrisch vervoer hebben een onverwacht grote vlucht genomen. En veel eerder dan voorzien komt zelfs decentrale opslag van energie binnen bereik, met bijvoorbeeld de Tesla-accu en het delen van energie uit elektrische auto's.

Dit maakt de ervaringen des te relevanter die zijn opgedaan in de twaalf proeftuinen die IPIN heeft gesteund om de introductie van smart grids te versnellen en verbeteren. De proeftuinen hebben de ruimte geboden om te experimenteren met nieuwe smart grid-technologieën, maar ook met nieuwe samenwerkingsketens en partnerships. En natuurlijk om de kennis die is opgedaan in de proeftuinen te delen en de samenwerking op landelijk niveau te versterken.

Eén van de IPIN proeftuinen is Couperus Smart Grid (SG) in Den Haag. In het nieuwe appartementencomplex Couperus (295 woningen) is uitgebreid, op een behoorlijke schaal en vanuit alle invalshoeken beproefd hoe distributie en gebruik van elektriciteit geoptimaliseerd kan worden in voor alle betrokken partijen nieuwe omstandigheden. Denk daarbij aan decentraal opgewekte elektriciteit, inclusief bijbehorende onbalansvraagstukken, en duurzame, elektrisch aangedreven warmte/koudevoorziening die "bij ongewijzigd beleid" voor piekbelasting zorgt. In die optimalisatie speelt niet alleen techniek een rol, maar ook gedrag. Dat is allemaal aan bod gekomen in de Couperus proeftuin.

De proeftuin Couperus Smart Grid is in 2012 feitelijk van start gegaan en in 2015 afgerond. In deze eindrapportage blikken we kort terug op de start van Couperus SG, de verwachtingen, de uitvoering, de resultaten en de geleerde lessen.

OPENBARE SAMENVATTING [OPGESTELD IN 2011]

Couperus is een wooncomplex in aanbouw met een kleine 300 woningen. Het complex is vlamloos, wat onder andere betekent dat de verwarming van alle woningen met behulp van een collectief Warmte/Koude Opslagsysteem (WKO) met individuele warmtepompen plaatsvindt. Door middel van software genaamd PowerMatcher wordt in Couperus een Smart Grid aangelegd.

Deze Smart Grid kan de energievraag vanuit de warmtepompen sturen, door er vroegtijdig aan te voldoen. Deze sturing is afhankelijk van informatie over de beschikbare energievraag en netcapaciteit.

Na een jaar zullen ook andere toepassingen aan de PowerMatcher gekoppeld worden. In eerste instantie worden alleen toepassingen gekoppeld die gestuurd kunnen worden zonder dat daar actief ingrijpen van de bewoner bij nodig is. In het derde jaar komt hier ook andere witgoedapparatuur bij, waarbij de bewoner zelf ander gedrag moet vertonen om bij te dragen aan het effect. Vanaf het tweede jaar zal tevens een communicatieplatform aangeboden worden aan de consumenten.

Dit platform is te bereiken via een webpagina en een display in de woning. Op deze manier zal de bewoner inzicht krijgen in het verbruik van zijn of haar woning, maar vooral ook de mogelijkheden die hij of zij zelf heeft om zijn energierekening naar beneden te krijgen.

Aan het consortium voor Couperus Smart Grid nemen zeven partijen deel: Eneco, IBM, Itho Daalderop, Vestia, Provincie Zuid-Holland, Stedin en TNO. Vestia is de verhurende en verkopende partij van Couperus, waarin de warmtepompen door Itho Daalderop geleverd worden. De PowerMatcher is ontwikkeld door het vroegere ECN Smart Grid Research, nu onderdeel van TNO. IBM heeft de PowerMatcher doorontwikkeld voor grootschalige toepassing. Energieleverancier Eneco beoogt met de PowerMatcher een betere landelijke afstemming tussen vraag en aanbod te bereiken, en hierdoor ook nieuwe interessante klantenproposities te ontwikkelen. Netbeheerder Stedin richt zich op het uitsmeren van de piekvraag die wordt verwacht bij hoge volumes warmtepompen. Voor provincie Zuid-Holland draagt Couperus bij aan de bewustwording rondom Smart Grids en hun noodzaak bij het inpassen van duurzame energie bij zowel particulieren als organisaties.

Kader: de openbare samenvatting van de subsidieaanvraag voor de proeftuin bij IPIN. Die geeft de plannen weer van Couperus SG aan het begin van het traject.

AANLEIDING & VRAAGSTELLING

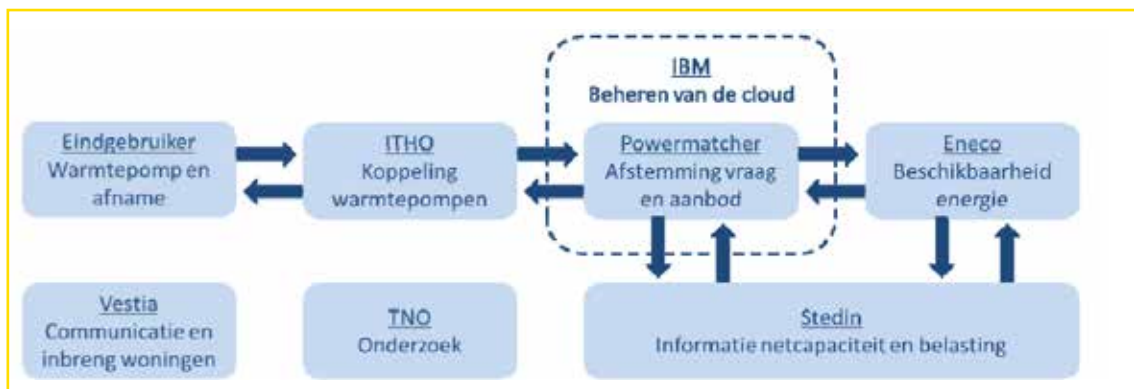
Smart grids zijn een essentiële schakel in de transitie naar een duurzame decentrale energievoorziening. Maar met het realiseren, operationeel en efficiënt maken van smart grids is nog relatief weinig ervaring. Dit is de aanleiding en het startpunt van de proeftuin Couperus SG.

Dit is, heel beknopt, het concept dat is beproefd in Couperus SG: Stel je voor, je woning is – net als alle woningen bij jou in de buurt – uitgerust met een warmtepomp, waardoor het in de winter behaaglijk warm is en in de zomer prettig koel. De elektriciteit voor de pomp komt vanuit een windpark uit de omgeving. Een 'stille kracht' op de achtergrond zorgt voor een perfecte afstemming tussen de productie van het windpark, capaciteit van het distributienetwerk en het verbruik in de omgeving. Het systeem voorkomt extreme pieken op het distributienet, waardoor dat niet verzawaard hoeft te worden. En het rendement van windenergie schiet omhoog: de onbalans veroorzaakt door de onvoorspelbaarheid van windenergie vermindert de opbrengst ervan met ongeveer 10 procent, dus daar is veel te winnen. En dat terwijl de balans qua betaalbaarheid en comfort positief blijft.

Het nieuwbouwcomplex Couperus is ideaal voor deze proeftuin: groot genoeg om de leerdoelen te behalen en beheersbaar genoeg om de impact op gebruikers binnen de perken te houden.

Om tot een zinvolle proef met smart grid technologie te komen is een complete keten van belanghebbende partijen bij elkaar gebracht in een consortium, zie figuur 1:

- Eneco: de energieleverancier (leveringsvraagstukken (on)balans/prijs),
- Stedin: de netbeheerder (distributie),
- Itho Daalderop: de hardwareleverancier (warmtepompen),
- TNO: de softwareontwikkelaar (PowerMatcher - intelligente distributie en allocatie),
- IBM: de dataverkeersleiding (communicatie in de keten),
- Vestia: de woningeigenaar/corporatie (kwaliteit en toekomstvast vastgoed) ,
- Provincie Zuid-Holland: vertegenwoordiger van het algemene belang (verduurzamen energievoorziening in de regio),



Figuur 1: Opzet proeftuin

In 2011 zijn deze ketenpartners tot één centrale vraagstelling gekomen:

- Hoe kan de energie infrastructuur bij de klant zo ingericht worden dat deze toekomstbestendig is en alle partijen in de waardeketen – inclusief de eindgebruiker - hier maximaal profijt van hebben?

Welke onderdelen van die infrastructuur zijn dan beïnvloedbaar? Dan gaat het om

- de netwerkcapaciteit,
- de inzet van beschikbare energiebronnen en
- de (beïnvloedbare) energievraag.

Dit leidt tot de volgende drie **deelvragen**:

1. Hoe kan de netwerkcapaciteit maximaal benut worden terwijl tegelijkertijd de investeringen in het net worden geminimaliseerd? (Specifiek: het verminderen van de piekbelasting, ofwel peakshaving)
2. Hoe kunnen beschikbare traditionele, duurzame, en meer onvoorspelbare energiebronnen efficiënt worden ingepast in het net (Specifiek: ZonPV of Wind en het verminderen van onbalans)
3. Hoe kan de energievraag van de eindgebruiker worden gereduceerd door de gebruiker te informeren of te beïnvloeden? (Specifiek: welke prikkels zetten aan tot ander gedrag?)

Couperus Smart Grid proeftuin stelt zich daarbij ten doel:

- (a) te demonstreren dat theoretisch aangetoonde reductie van de energievraag met de gekozen smart grid-inrichting praktisch mogelijk is;
- (b) nadere kennis op te doen over de wijze waarop de energie-infrastructuur op consument-niveau zo ingericht kan worden dat deze bijdraagt aan een optimale inzet van de net- en energiecapaciteit (nu en in de toekomst).

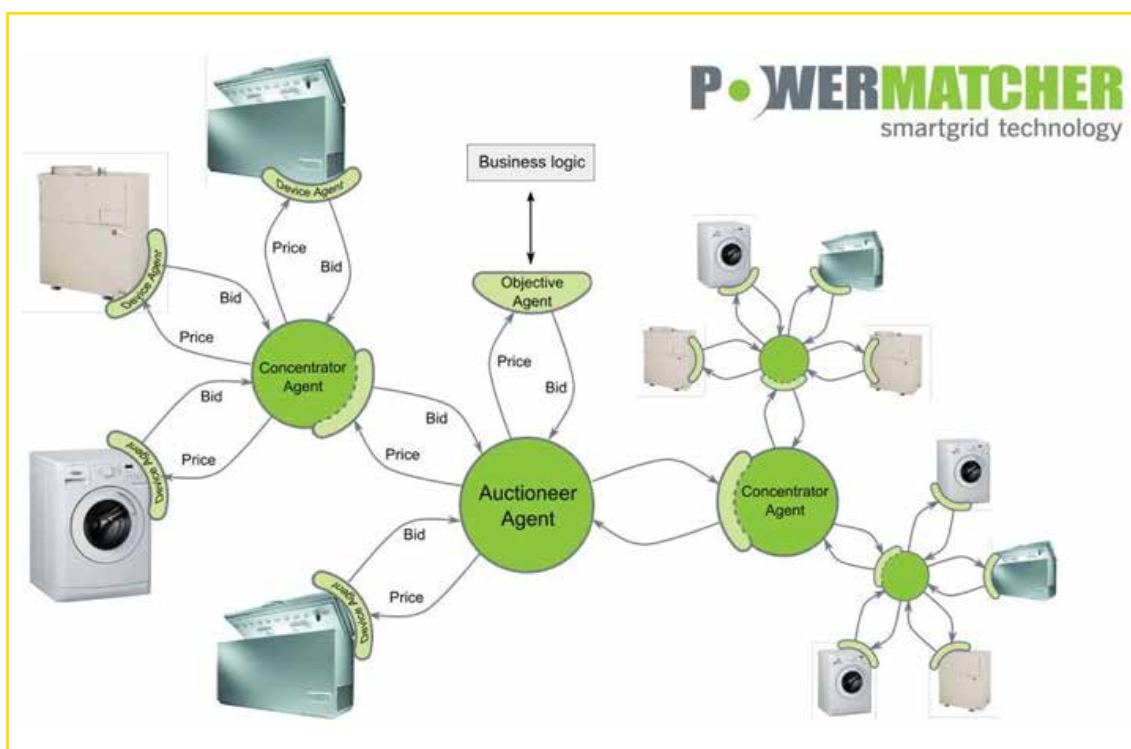
De consortiumleden hebben daarnaast elk eigen, meer specifieke doelen, waarvan ze verwachten dat de proeftuin er een bijdrage aan kan leveren (zie tabel). Op lange termijn zijn consortiumleden ook geïnteresseerd in de realisatie van potentiële (commerciële) spin-off van Couperus.

Consortiumpartij	Doelstelling
Eneco	<ul style="list-style-type: none"> • Efficiënt balanceren van de portfolio door het inzetten van flexibele energievraag • Verbreden van dienstenpakket en verdergaande interactie met de klant door het aanbieden van displays
IBM	<ul style="list-style-type: none"> • Inpassen van de PowerMatcher (software agents) in de Cloud en deze succesvol laten communiceren met de verschillende lokale agents
Itho Daalderop	<ul style="list-style-type: none"> • Versterken van een bestaand product door toegevoegde functionaliteit • Vergroten van de (potentiële) duurzaamheid van een bestaand product
Provincie Zuid-Holland	<ul style="list-style-type: none"> • Faciliteren van een toename van het aandeel duurzame energie in de provincie • Succesvol stimuleren van duurzame innovatie in de provincie Zuid-Holland
Stedin Netbeheer BV	<ul style="list-style-type: none"> • Beperken van kostbare netverzwaring door efficiënte verspreiding van energievraag
TNO	<ul style="list-style-type: none"> • Uitrollen van de PowerMatcher technologie op grotere schaal
Vestia / Steadion	<ul style="list-style-type: none"> • Verlagen woonlasten van de bewoners • Verhogen aantrekkelijkheid woningen • Bieden van extra functionaliteit en diensten aan de eindgebruiker

POWERMATCHER EN DE STILLE KRACHT VAN COUPERUS

In de proeftuin Couperus SG hebben alle bijna 300 appartementen een eigen warmtepomp, aangesloten op een warmte-koude bron, en een eigen thermostaat waarmee de warmtevraag individueel wordt geregeld. In de proeftuin dient maximaal gebruik gemaakt te worden van lokaal opgewekte windenergie. In werkelijkheid staat er geen windpark in de buurt dat elektriciteit opwekt, maar dit is gevirtualiseerd: de meetgegevens van een windpark elders gedragen zich alsof de koppeling er wél is.

Het smart grid moet nu in de proeftuin de ideale omstandigheden berekenen en bereiken: een minimale piekbelasting van het netwerk, een maximale benutting van de duurzame windenergie waarmee onbalans (in dit geval bijvoorbeeld 'bijkopen' van elektriciteit elders) wordt verminderd én het comfort voor bewoners verzekerd blijft.



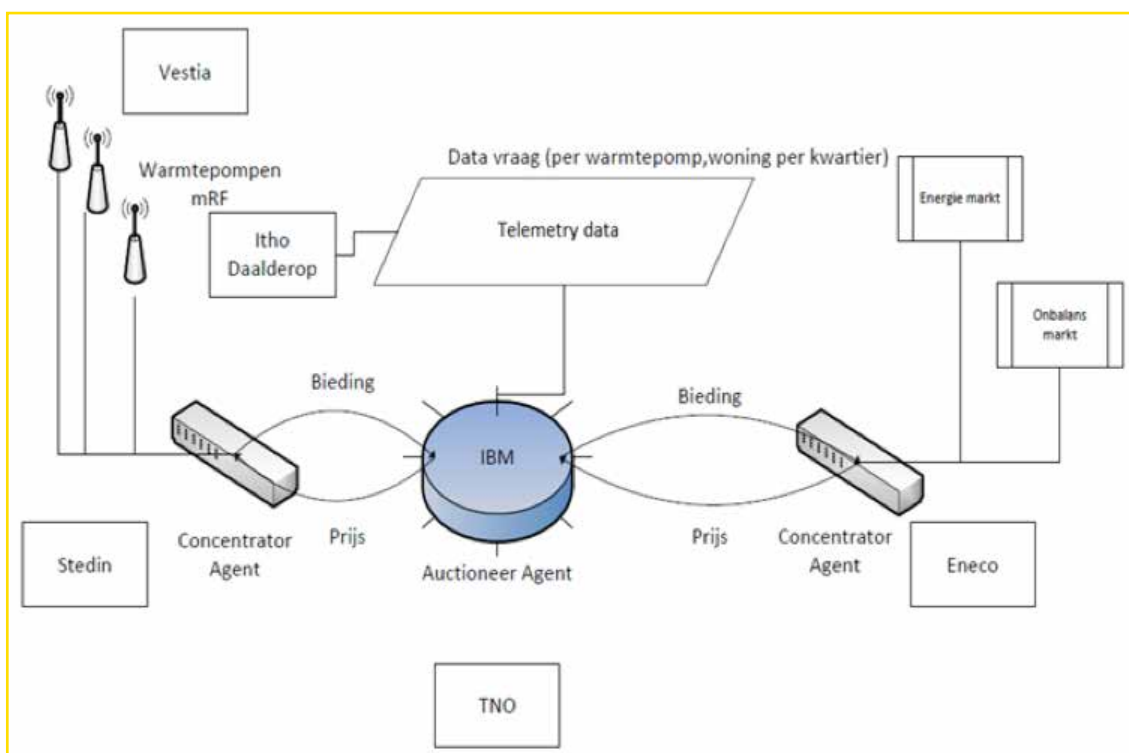
Figuur 2: Werking Powermatcher

Virtual Power Plant (VPP)

De configuratie van Couperus Smart Grid als geheel, wordt gezien als Virtual Power Plant (VPP), ofwel virtuele elektriciteitscentrale. Een VPP bestaat uit een combinatie van kleinschalige productie-eenheden, zoals windturbines, zonnecellen en warmte-kracht installaties. De combinatie wordt bestuurd alsof het één energiecentrale is, die als collectief stroom levert aan het net. De pieken en dalen van de ene kleinschalige producent worden opgevangen door de andere producenten. Door die coördinatie kan een stabiele en constante levering van stroom worden gegarandeerd. Daarmee wordt een nadeel van duurzame energiebronnen opgevangen: het is namelijk moeilijk te voorspellen hoeveel energie die zullen leveren op een bepaald moment in de toekomst, en het is bovendien lastig om het vermogen dat ze leveren bij te regelen.

In Couperus SG wordt de sturing van dit geheel gerealiseerd door gebruik te maken van het in Nederland ontwikkelde ¹ PowerMatcher. PowerMatcher is een coördinatiesysteem waarmee vraag en aanbod van elektriciteit efficiënter op elkaar kunnen worden afgestemd. Het werkt door apparaten in het netwerk uit te rusten met intelligente software (agents), zodat zij zelfstandig en automatisch kunnen reageren op schommelingen in vraag en aanbod van elektriciteit. PowerMatcher kan bovendien zo worden ingericht dat een groep verbonden apparaten als een eenheid reageert op overbelasting in het netwerk of onverwachte overproductie (van bijvoorbeeld windenergie) elders. Dat is de Stille Kracht achter Couperus SG.

PowerMatcher is open source – dat wil zeggen dat elke producent of leverancier agents kan aanpassen, zodat ze werken met zijn producten/services.



Figuur 3: Configuratie Couperus Smart Grid

Figuur 2 geeft binnen de virtual powerplant (VPP) de combinatie weer van partijen en de invulling van functies met de PowerMatcher. Hierbij zijn de functies aan de agents gekoppeld en de rollen bepaald. Dit is de startsituatie geweest voor de proeftuin Couperus SG.

¹ Ontwikkeld door ECN Smart Grid Research, dat inmiddels bij TNO is ondergebracht. TNO heeft het IPR op Powermatcher.

UITVOERING PROEFTUIN



De proeftuin Couperus Smart Grid is in eerste aanleg in vier fases gedeeld. Van elk van deze fases worden hieronder minimaal de opbouw, resultaten bevindingen samengevat. Ook de antwoorden op deelvragen van partners in het consortium komen aan bod.

- Fase 1: Validatie van het idee voor de proeftuin en plan van inrichting
- Fase 2: Verzamelen en analyseren van data tijdens de looptijd van de proeftuin
- Fase 3: Onderzoek om het flexibele (dus: beïnvloedbare) elektrisch vermogen uit te breiden met betrokkenheid van de bewoners
- Fase 4: Bepalen of de lessons learned uit fase 2 en 3 direct voeding geven tot het ontwikkelen van geheel nieuwe services/producten

FASE 1: VALIDATIE VAN HET IDEE VOOR DE PROEFTUIN EN PLAN VAN INRICHTING

1A Nulmeting

Om tot een zinvolle smart grid proeftuin te komen volgens het idee achter Couperus SG, moet er uiteraard wel voldoende ruimte zijn om het verbruik van de bewoners te beïnvloeden. Dat is onderzocht met een nulmeting, die begin 2012 is uitgevoerd. De aanname voor het opzetten van de proeftuin Couperus SG was dat het zinvol zou zijn om er de PowerMatcher toe te passen, omdat warmtepompen voldoende stuurbaar (beïnvloedbaar) vermogen hebben. Met de nulmeting is geverifieerd of deze aanname juist is.

Omdat het appartementencomplex op dat moment nog niet gebouwd was, is gebruik gemaakt van verzamelde data uit een vergelijkbaar vastgoedproject. Met de geanonimiseerde data uit een nieuwbouwproject in Brielle - 31 woningen met warmtepompen – is een inschatting gemaakt van het potentieel aan flexibiliteit. Uit deze analyse is een schatting gemaakt over hoe vaak, wanneer en hoelang de warmtepompen draaien en in welke variaties. Daaruit is de mogelijke bandbreedte bepaald, die stuurbaar/beïnvloedbaar is.

Uit de nulmeting blijkt - niet onverwacht - dat de optimalisatie in de herfst, winter en lente moet komen vanuit de huisverwarming en in de zomermaanden vanuit de tapwatervoorziening.

In theorie zou de beschikbare bandbreedte binnen Couperus voor optimalisatie tot 150 kW aan vermogen zijn, maar dit is afhankelijk van de buitentemperatuur, de ingestelde binnentemperatuur en de toegestane variatie hierin (± 0.25 °C). Ook de draai- en rusttijden van de warmtepompen hebben invloed op de flexibiliteit en beïnvloedbaarheid.

De **conclusie** van de nulmeting was positief: er is binnen de proeftuin voldoende stuurbaar vermogen beschikbaar voor het gebruik van de PowerMatcher.

De nulmeting leidde daarnaast tot:

- Meer inzicht in stuurbaar vermogen van de warmtepompen;
- aangescherpte onderzoeksvragen van de partners;
- versterkte intentie om door te gaan naar de volgende project fase.

1B Testen nieuwe technologie

Na de positieve uitkomst van de nulmeting, is een functioneel en technisch ontwerp gerealiseerd, voor de op de PowerMatcher gebaseerde Virtual Power Plant (VPP). Doel was het testen van de koppeling van de warmtepomp die wordt gebruikt in Couperus en de PowerMatcher. Itho Daalderop heeft dit in twee stappen gerealiseerd:

- Opbouwen van een prototype van het communicatienetwerk om de technische haalbaarheid aan te tonen.
- Ontwikkeling van een PowerMatcher agent voor de warmtepompen.

Voor het opbouwen van het communicatienetwerk is gekozen voor het in gebruik zijnde monitoringssysteem voor warmtepompen van Itho Daalderop als platform. Daarmee wordt gewaarborgd dat bewoners minimaal worden belast met het experiment en dat er bijvoorbeeld upgrades kunnen worden gedaan zonder dat hiervoor servicebezoeken aan huis moeten worden afgelegd.

Onderdeel van deze fase was een uitgebreide test in het laboratorium van Itho Daalderop. Daar is een complete opstelling gebouwd met een warmtepomp en het monitoringssysteem. Hier zijn alle verbindingen getest en is er een integratietest uitgevoerd om correcte werking te verzekeren.

De tweede stap in deze fase was het maken van een PowerMatcher agent voor de warmtepomp. Om hiervoor de correcte data te krijgen, zijn allereerst de data geanalyseerd uit het monitoringssysteem. Vervolgens is een model opgesteld van diverse woningtypen en van de regeling van de warmtepomp. Na validatie is een passende PowerMatcher agent gebouwd en opgeleverd.

De **resultaten** van deze acties in deze fase:

- Het communicatienetwerk voldoet, met de kanttekening dat er door de gekozen oplossingen soms wat vertraging optreedt. Deze vertraging is door het consortium geaccepteerd omdat Couperus Smart Grid een "proof of concept"-project is.
- Een werkende PowerMatcher agent voor de warmtepompen die inzetbaar is voor fase 2.
- De interactie tussen de PowerMatcher agent en de Itho Daalderop Warmtepomp functioneert goed in een laboratoriumomgeving en op beperkte schaal in praktijk.

Conclusie: na het doorlopen van Fase 1 (A & B): de technologie werkt en er is voldoende potentie qua stuurbaar vermogen, zodat de proeftuin verder kan naar fase 2 (start: Q4 2012).

In voorbereiding op fase 2 zijn in het vierde kwartaal van 2012 de centrale en gedistribueerde PowerMatcher Virtual Power Plant componenten ontwikkeld en succesvol getest.

FASE 2: VELDTEST

Eind 2012 en begin 2013 heeft IBM het cloudplatform opgebouwd voor het centrale deel en de business intelligence functionaliteit ontwikkeld. Intussen installeerde Itho Daalderop de warmtepompen. Daarbij is extra zorg besteed aan de oplevering van de installaties en de appartementen. Met medewerking van de installateur en bouwondernemer is bijvoorbeeld extra gecontroleerd of de appartementen voldoende luchtdicht zijn. Eneco heeft de koppeling gerealiseerd met het meetsysteem van het windturbinepark en Stedin de koppeling met het meetsysteem van het onderstation van waaruit Couperus wordt gevoed.

Na oplevering van het appartementencomplex op 1 april 2013 zijn de warmtepompen stap voor stap in het smart grid gebracht. Hiervoor is bij Itho Daalderop een server ingericht die de communicatie met de warmtepompen en de PowerMatcher (auctioneer) verzorgt. Hierop draaien ook de PowerMatcher agenten (iedere individuele warmtepomp heeft zijn eigen agent). Het systeem ging live met 61 woningen, in eerste instantie alleen met aansturing voor de compensatie van onbalans (het – kostbare – verschil tussen werkelijk verbruik versus het schommelende energierendement (opwek van het windpark) door Eneco. Eind mei werden 150 van de 295 warmtepompen actief bestuurd. Uitbreiding bleek op dat moment niet mogelijk door beperkte bandbreedte van de draadloze communicatie met de warmtepompen. Dit is eind 2014 opgelost, waarna alle 295 woningen actief in de proeftuin meedraaiden.

De veldproef in de periode 2013-2015

De veldproef is begonnen met het bijsturen van de eventuele onbalans tussen het verwachte gebruik en de productie van (in dit geval) duurzame elektriciteit uit wind. De onbalans veroorzaakt door de onvoorspelbaarheid van windenergie vermindert de opbrengst ervan met ongeveer 10 procent. Dit gebeurt met behulp van een onbalansstuursignaal. Het stuursignaal is afkomstig van één van de windparken van Eneco. Het betreffende windpark beschikt over real-time metering waardoor de elektriciteitsproductie door het park continu wordt doorgegeven aan Eneco. Door de real-time meetdata af te zetten tegenover de day-ahead voorspelling voor dit betreffende windpark, ontstaat een real-time onbalanssignaal. Het onbalanssignaal van het windpark is vervolgens door Eneco geschaald naar een voor de veldproef bruikbaar volume.

In de beginfase werden enkele problemen geconstateerd met de kwaliteit van het onbalansstuursignaal van Eneco. Na verbeteringen aan het algoritme en omschakeling naar de data van een ander windturbinepark, zijn deze problemen opgelost. In juli 2013 begonnen de eigenlijke metingen.

De volgende stap werd gevormd door het bijsturen (verminderen) van piekbelasting op de infrastructuur van de netbeheerder. Eind november 2013 was het meetsysteem voor het onderstation van netbeheerder Stedin volledig operationeel en konden bij het begin van het stookseizoen de piekscheerexperimenten uitgevoerd worden. Het systeem draait met alle vooraf bedachte agents en signalen.

Halverwege 2014 is een analyse gemaakt van de meetresultaten van het eerste jaar Couperus SG.

Daarbij is besloten de proef te continueren tot en met de winter van 2014/2015, omdat de winter van 2013/2014 zeer zacht was en de grenzen van de capaciteit niet werden bereikt.

Uiteindelijk bleek ook de winter van 2014/2015 zeer zacht te worden, en is besloten de veldproef aan het eind van het eerste kwartaal van 2015 te beëindigen, omdat de extra meetresultaten geen andere resultaten lieten zien dan de eerste meetperiode.

Resultaten en bevindingen 1e Meetperiode

Na de eerste meetperiode (Q2 2013 t/m Q2 2014) zijn de meetresultaten geanalyseerd. Alle betrokken partijen, behalve Vestia en Provincie Zuid Holland, hadden specifieke onderzoeksvragen, waar ze graag een antwoord op wilden:

Onderzoeksvragen Fase 2 vanuit ENECO

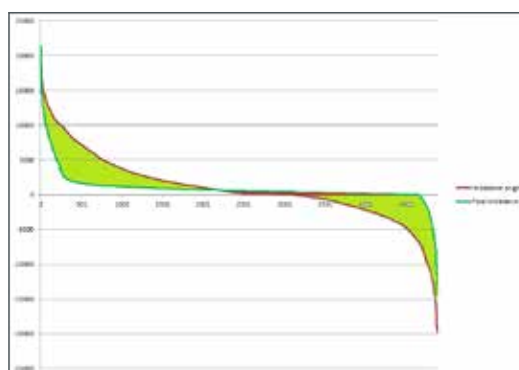
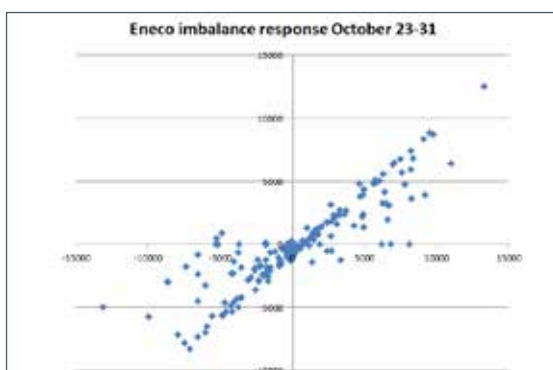


1. Wat is de mate van onbalansreductie met de warmtepompen bij Couperus
2. Wat zijn de technische en business mogelijkheden die gecreëerd worden door de PowerMatcher

Aan het begin van de meetperiode zijn er vanuit Eneco een 2-tal onderzoeksvragen gesteld. Na afloop van de meetperiode Q2 2013 – Q2 2014 kunnen we deze beantwoorden.

[1] Er waren gedurende de meetperiode ongeveer 150 warmtepompen in bedrijf. De (geschaalde) onbalans varieerde van -10 tot +10 kW [november].

In onderstaand figuur is te zien dat de onbalans significant is afgenomen door de PowerMatcher. Ieder punt op het lichtgroene oppervlak representeert een afname in de kosten voor de onbalans. Wat de werkelijke afname in kosten is, wordt bepaald door de waarde op de onbalansmarkt op het moment dat de reductie plaats vond. Het wordt zeer waarschijnlijk geacht dat reductie in kosten tijdens de pieken links naar boven of rechts naar beneden groter is. Uiteindelijk blijkt ongeveer 21% van het totale vermogen van alle deelnemende warmtepompen (150 stuks) in deze meetperiode flexibel te zijn, afhankelijkheid van het weer/jaargetijde.



[2] Uit de metingen kan worden afgeleid dat reductie van het Eneco onbalanssignaal in seizoenen met enige warmtevraag van de appartementen goed mogelijk is. In seizoenen met weinig warmtevraag is de huidige Couperus VPP onvoldoende in staat om voor de gewenste reductie te zorgen. Dat verbetert echter wanneer A) het Couperus appartementen gebouw nog beter

geïsoleerd is, B) de tapwaterverwarming ook overdag kan plaatsvinden en C) ook andere Demand Response in het gebouw wordt toegevoegd.

Er is berekend dat met Couperus Virtual Power Plants 80% van de geschaalde Eneco wind onbalans kan worden gereduceerd. De onbalans veroorzaakt door de onvoorspelbaarheid van windenergie zorgt voor een verslechtering van de waarde van windenergie van ongeveer 10%. Een standaard windmolen van 2 MW heeft daardoor (afhankelijk van de marktprijzen) een waardeverlies van 16.000 €/jaar. Het geschaalde onbalanssignaal is slechts een fractie van de onbalans van een werkelijke turbine. Dit betekent dat alleen bij een significante opschaling van het project financieel interessante vraagsturing kan plaatsvinden.

Voor Eneco is er momenteel geen waarde te behalen uit deze manier van vraagsturing omdat kleinverbruikersaansluitingen op standaardprofielen (vaste schatting per type aansluiting) worden gealloceerd. Een verschuiving in het verbruikspatroon per aansluiting wordt daardoor niet geregistreerd en doorgerekend aan Eneco.

De onbalansagent kan geoptimaliseerd worden, door bijvoorbeeld specifieke algoritmes in te bouwen en benodigde informatie voor de agent beschikbaar te maken. Daarbij kan bijvoorbeeld onbalans meer of minder belangrijk worden gemaakt of kunnen andere prijsbepalende markten, zoals 'day ahead', een grotere rol in het verdienmodel krijgen. Potentiele kostenreductie hangt af van de mate van de intelligentie in- en beschikbaarheid van informatie voor de onbalans agent. Dit zou verder kunnen worden ontwikkeld.

Onderzoeksvragen Fase 2 vanuit Stedin Netbeheer BV



1. Hoeveel flexibiliteit geven 300 warmtepompen (afhankelijk van seizoen, uur van de dag)?
2. Wat is de verhouding van de belasting van de warmtepompen op het totaal gevraagde vermogen?
3. Wat is het totale potentieel voor piekscheren?
4. Kan PowerMatcher zorgen dat Stedin dit potentieel kan benutten?
5. Wat is de invloed van de agent in het distributiestation op de belasting van het net?
6. Wat is de invloed van de agent in de tradingroom op de belasting van het net?
7. Wat is er benodigd om PowerMatcher optimaal voor Stedin te laten functioneren?

Aan het begin van de meetperiode zijn er vanuit Stedin een 7-tal onderzoeksvragen gesteld. Na afloop van de meetperiode Q2 2013 – Q2 2014 kunnen we deze beantwoorden.

[1] Uiteindelijk blijkt ongeveer 21 % van het totale vermogen van alle deelnemende warmtepompen, 150 stuks in deze periode, flexibel te zijn. Dit is het resultaat van deze specifieke meetperiode en kan verschillen per seizoen (weersafhankelijk) **[2]** In de avonduren vragen de stuurbare warmtepompen ongeveer 30% van het totale vermogen. Samen met de 150 niet geregelde warmtepompen zou dit in totaal rond de 60% zijn. Dit geobserveerde gedrag hangt samen met de instelling (voor alle warmtepompen) dat de boiler voor het tapwater alleen op het nachttarief mag worden verwarmd. De niet door de PowerMatcher gestuurde warmtepompen

schakelen allemaal gelijktijdig, de gestuurde warmtepompen worden over een langere periode verdeeld. **[3]** Het totale potentieel voor piekscheren is afhankelijk van het seizoen. Zomers is het gevraagde vermogen gering, dus een laag potentieel. Echter door een lagere vraag is behoefte aan piekscheren niet aanwezig. In de winter, bij koude dagen, blijkt dat bijna alle warmtepompen in Couperus warmte moeten leveren, dus een lager potentieel. De tussenseizoenen leveren dus een hoger potentieel. Het potentieel zou hoger zijn geweest indien het vermogen van de warmtepompen groter zou zijn (in Couperus 1kW per warmtepomp). **[4]** Om het potentieel voor piekscheren optimaal te benutten, zijn een aantal factoren van belang. Het vermogen, instelling en configuratie van de warmtepompen, de beschikbare tijdsperiode voor verwarmen tapwater. Warmtepompen met een hoger vermogen hebben minder tijd nodig voor het verwarmen en zodoende kan er meer in de tijd worden geschoven. Daardoor is er meer ruimte voor piekscheren. Echter: een hoger vermogen van de warmtepomp betekent mogelijk ook zwaardere belasting voor het distributiestation. **[5]** De agent (PowerMatcher) die is ontworpen voor het distributiestation, heeft de invloed op de belasting van het net, gegeven de randvoorwaarden die worden bepaald door de warmtepompen (ongestuurd en gestuurd). De distributiestation agent blijkt daarnaast onafhankelijk van het gevraagde vermogen van de onbalansagent (Eneco) in staat om de capaciteit van het distributiestation beneden het maximum te houden. **[6]** Tevens blijkt de invloed van de onbalans agent op de belasting van het net gering. In de situatie dat er piekvraag ontstaat in het distributiestation, zorgt de distributiestation agent ervoor dat bij extra of maximale vraag om vermogen door de onbalansagent, dit niet wordt toegekend.

[7] Om PowerMatcher optimaal te kunnen laten functioneren voor Stedin zijn een aantal voorwaarden van belang. (a) De juiste technische voorzieningen moeten beschikbaar zijn. (b) Er moet optimaal gebruik worden gemaakt van de intelligentie van de warmtepomp en afstemming hierin. (c) De afweging moet gemaakt worden welk vermogen van de warmtepomp in de geplande situatie wenselijk is. (d) De maximum capaciteit van het distributiestation zal altijd groter moeten zijn dan de reële warmtevraag bij extreme koude (-10 °C). (e) Het niet toepassen van dag-nacht tarief zou het tijdsventster voor het verwarmen van tapwater vergroten, waardoor er meer flexibiliteit ontstaat. (f) Isolatie tussen appartementen moet aanwezig zijn, zodat energie niet wordt vernietigd omdat verschillen in 'wens' temperatuur (koeling vs. verwarmen) tussen aangrenzende ruimtes moeten worden gecompenseerd.

1. De mate waarin warmtepompen en boilers flexibel kunnen worden ingezet om de vraag naar elektrische energie te kunnen sturen.
2. Kwaliteit communicatie tussen de warmtepompen en de server
3. De rol van de warmtepompen bij het actief sturen in het elektriciteitsnet
4. Kwaliteit implementatie van alle noodzakelijke communicatie
5. De implementatie van de PowerMatcher agent

Aan het begin van de meetperiode zijn er vanuit ITHO Daalderop een 6-tal onderzoeksvragen gesteld. Na afloop van de meetperiode Q2 2013 – Q2 2014 kunnen we deze beantwoorden.

[1] Het beschikbare flexibele vermogen is verschillend per maand. Gebleken is dat in de wintermaanden de beschikbare bandbreedte gedurende 80% van de tijd tussen de 15 en 40 kW lag. In deze periode was er genoeg flexibel vermogen voor de gevraagde onbalans reductie. Het feit dat er in de winter meer flexibiliteit beschikbaar is, kan worden verklaard door de grotere behoefte aan ruimteverwarming. Dit is weer anders wanneer de winter zeer koud is en de warmtepompen geen flexibiliteit bieden (continue must-run toestand). Uiteindelijk blijkt ongeveer 21 % van het totale vermogen van alle deelnemende warmtepompen, 150 stuks in deze periode, flexibel te zijn. **[2;4]** De verbinding tussen de warmtepompen en de server heeft een aantal uitvalmomenten gekend. Daarnaast bleek de communicatietijd voor de VPP en 150 warmtepompen 15 minuten. Door het vergroten van het aantal stuurbare warmtepompen (300) zou er meer tijd nodig zijn, wat niet wenselijk was vanwege trage reactie op de situatie. In een later stadium is dit wel succesvol vergroot naar 300 warmtepompen. De communicatie is geen belemmering geweest voor de meetresultaten, echter hier ligt wel ruimte voor verbetering **[3]** Het actief sturen van de belasting in het elektriciteitsnet door de warmtepompen is in veel situaties zeer goed mogelijk gebleken. Bij het reduceren van de onbalans zijn geen onregelmatigheden geconstateerd. Een uitzondering daarop is het sturen van de warmtepompen bij het verwarmen van de boilervaten in het geval er piekscheren moest plaats vinden. Door toepassing dag- / nachttarief schoten de warmtepompen bij opwarming van de boilervaten snel in een must-run toestand. Gezien de noodzaak van het opwarmen van water op het tijdstip, is de suggestie om hier meer flexibiliteit te bieden. Hier ligt dus ruimte voor verbetering. **[5]** De implementatie van een eerste versie van de PowerMatcher agent is geleidelijk aan verbeterd, maar kan nog verder worden verbeterd. De verbetering is o.a. waarneembaar aan een iets toegenomen spreiding van het opwarmen van de tapwater buffer 's avonds. Deze kan echter nog altijd worden verbeterd. Een verdere verbetering is mogelijk door de warmtepompagenten afgegeven prijzen meer te spreiden en gebruik te maken van het hele domein (0-127) van de prijzen. Bij analyse van de aggregated bid curve bleek dat van alle mogelijke waarden van prijzen in de biedcurve, de biedcurves van de warmtepomp agenten in het algemeen slechts 10 tot 15 van deze waarden gebruikten.



Onderzoeksvragen Fase 2 vanuit IBM

1. De werking van het ecosysteem rondom (kleinschalige) energiemanagement projecten, met name de verschillende business- en verdienmodellen;
2. Het functioneren van energiemanagement in de praktijk, met name de compleetheid en de dynamiek van de eisen aan het IT platform daarbinnen.
3. Het technisch functioneren van het IT platform voor energiemanagement in de praktijk, met name de kosten voor beheer, onderhoud, aanpassing en uitbreiding.

Aan het begin van de meetperiode zijn er vanuit IBM een 3-tal onderzoeksvragen gesteld. Na afloop van de meetperiode Q2 2013 – Q2 2014 kunnen we deze beantwoorden.

[1] Ten aanzien van energiemanagement is de primaire onderzoeksvraag: levert energieregeling door middel van PowerMatcher significante voordelen op voor de Stakeholders, in één of meerdere van de fasen c.q. configuraties (weinig / veel variëteit in apparaten, weinig/veel gebruikersbetrokkenheid).

In fase 1 en 2 is de variëteit in apparaten die is toegepast gering, namelijk alleen warmtepompen, het bijzondere is het grote aantal en dat er niet gestreefd is om uitsluitend 'friendly users' in het project te betrekken.

[2] Het Couperus IT platform levert voldoende informatie over de communicatie van warmtepompen met de server ten aanzien van tijdigheid en overzicht. Gebleken is ook dat de gegevens voldoende en betrouwbare informatie geven over het aantal warmtepompen, zowel tijdens bedrijf als achteraf. Informatie over de betrouwbaarheid van het onbalanssignaal van Eneco is niet direct beschikbaar. Gedurende de veldtest is het ontvangen en verwerkte onbalanssignaal voor een aantal dagen door Eneco handmatig vergeleken met de bronwaarden en is juistheid vastgesteld. Bij analyse van diverse grafieken over één of meerdere dagen is gebleken dat het signaal niet altijd betrouwbaar is. Gedurende de meetcampagne is het ontvangen en verwerkte vermogenssignaal voor een aantal dagen door Stedin handmatig vergeleken met de bronwaarden en is de juistheid vastgesteld. In geval van een storing zou een snelle signalering de betrouwbaarheid van het platform voor Couperus aanzienlijk vergroten. Vanuit technisch perspectief is het beheer van het Couperus Smart Grid platform 'business as usual' en beperkt het zich tot het oplossen van onverwachte storingen in de software, zoals bijvoorbeeld na (security) updates.

[3] Het technisch functioneren van het IT platform is gerelateerd aan de Couperus omgeving en niet noodzakelijk maatgevend voor andere situaties (projecten). Resultaat is zicht op een aantal minimale functionele en technische eisen voor een IT-platform en inzicht in een aantal beheeraspecten (stabiliteit platform, ontwerp platform modulair, flexibiliteit, veiligheid en betrouwbaarheid).

Vragen opgesteld die gerelateerd zijn aan de vraag of het systeem met PowerMatcher aan de verwachtingen in deze Virtual Power Plant met 300 warmtepompen voldoet.

1. Voldoet het systeem (PowerMatcher) als het gaat om de hoge concentratie van warmtepompen?
2. Voldoet het systeem als het gaat om de wisselwerking van de verschillende agenten, te weten de distributiestation agent, de onbalans agent en de warmtepomp agenten al naar gelang de verschillende doelstellingen?
3. Voldoet het systeem als het gaat om extra inzicht in het toekomstig perspectief van het in het elektriciteitsnet aanwezig zijn van andere Virtual Power Plants?

Aan het begin van de meetperiode zijn er vanuit TNO een 3-tal onderzoeksvragen gesteld. Na afloop van de meetperiode Q2 2013 – Q2 2014 kunnen we deze beantwoorden.

[1] Vanwege communicatie-technische beperkingen tussen de warmtepompen en Itho Daalderop is er onderzoek gedaan naar een Virtual Power Plant (VPP) met 150 in plaats van 300 warmtepompen. Het systeem met 150 agenten voor de warmtepompen bleek voor het gedistribueerde systeem van de PowerMatcher geen schaalbaarheidsproblemen op te leveren, zoals dat bij centraal geregelde systemen vanaf een bepaald aantal wel het geval is. Het resultaat van de meetcampagne bij Couperus onderbouwt hiermee de stelling dat de PowerMatcher bij grote aantallen van gedistribueerde consumenten en opwekkers alleen maar meer tot zijn recht komt. **[2]** Gedurende de veldtest te Couperus met een duur van meerdere maanden, is aangetoond dat de reductie in de onbalans wat betreft de intelligentie van de onbalans agent foutloos opereerde. De DSO (distributiestation) agent is tijdens de veldtest altijd getest in combinatie met de onbalansagent. Cruciaal hierin is dat bij overschrijding van de maximum capaciteit van het onderstation aan het signaal van de DSO agent prioriteit zou worden gegeven. De wens is ook dat de DSO agent alleen dan reductie toepast als situaties er om vragen. Tijdens de veldtest is gebleken dat dit altijd gerealiseerd werd. De DSO objective agent functioneerde volledig en correct. Wanneer de netcapaciteit in het Couperus cluster werd overschreden, werd ingegrepen en dit had enige invloed op de onbalansreductie. Uit de correlaties die zijn bepaald in de maanden januari, februari en maart, kan worden geconcludeerd dat het effect op de onbalans reductie gering was. **[3]** Op basis van de resultaten van Couperus kan worden gesteld dat Virtual Power Plants (VPP) aanzienlijk zullen bijdragen aan de stabiliteit van het net. De aanwezigheid van andere Virtual Power Plants met een andere samenstelling zullen hieraan nog een extra bijdrage leveren. Dit vanwege de gelijktijdigheid, zoals het verwarmen van huishoudens. Overschrijding van maximum capaciteit in combinatie met warmtepomp agenten die boiler verwarming 24 uur per dag toestaan, zal onafhankelijk zijn van de aanwezigheid van andere VPP's in lokale of topologisch anders gelegen netten. Echter: reductie van de onbalans die wordt tegengewerkt door piekscheren, kan worden gecompenseerd door de VPP's met een andere samenstelling of in een ander net-deel.

FASE 3: VERGROTEN STUURBAAR VERMOGEN EN ENTHOUSIASMEREN BEWONERS

Bij de start van de proeftuin was de intentie om in fase 3 het stuurbaar vermogen verder te vergroten - en daarmee de flexibiliteit en effectiviteit van het concept. Daarvoor is (actieve) betrokkenheid -en dus enthousiasmering - van de bewoners nodig en mogelijk veranderingen in gedrag. Maar of- en in hoeverre men hiertoe bereid is en hoe mensen daarop het beste aan te spreken zijn, was onbekend. Daarvoor is in fase 3 uitgebreid, gevalideerd onderzoek gedaan naar drijfveren en interesse onder zo'n 1200 klanten van Eneco op dit onderwerp. In eerste aanleg was het doel om op basis hiervan de communicatie met de bewoners van Couperus te starten, zodat ze in de volgende, vierde fase actief willen participeren in het smart grid project.

Onderzoek drijfveren en handelingsperspectieven

Om de drijfveren en mogelijke handelingsperspectieven van de consument te achterhalen is besloten om een doorsnee van de Nederlandse samenleving te bevragen. Dit met het oog op de mogelijkheden van opschaling en de ontwikkeling van services en producten, die niet uitsluitend worden gerealiseerd voor de bewoners van het Couperus complex.

Belangrijkste onderzoeksvragen waren:

- Welke drijfveren kunnen het beste worden aangesproken bij de invoering van vraagsturing?
- Kan er op dit moment een business case gemaakt worden, of zijn er andere drijfveren dan 'geld' die (bijna of minstens) even sterk zijn?
- Geeft men op dit moment de voorkeur aan het zelf aanpassen van het energieverbruik aan het aanbod, of aan het automatisch laten aanpassen van het energieverbruik door de energieleverancier?
- Wat zijn hiervoor redenen?

Stap 1 in dit traject was het interviewen van een twintigtal consumenten om input te verzamelen voor een grootschalige survey. Deze interviews leverden interessante inzichten op die zijn gebruikt in de online vragenlijst. Onder deze groep consumenten waren ook bewoners van het Couperuscomplex.

Vervolgens is een online survey uitgestuurd. De steekproef is benaderd via e-mail met een link naar de vragenlijst. De steekproef zag er als volgt uit:

- Random: een representatieve steekproef van de Nederlandse bevolking binnen het klantbestand van Eneco (N=7000).
- Toon®: een steekproef van Eneco klanten die een Toon® in huis hebben. Deze mensen hebben geen zonnepanelen (N=2000).
- Zonnepanelen: een steekproef van Enecoklanten met zonnepanelen (N=2000).

De resultaten van dit onderzoek:

- De respons kwam van ruim 1200 consumenten. Van de Random-groep reageerde 8% (N 555), van de Toon®-groep 12%(N 241) en van de zonnepaneel-groep 24% (N 484).
- Opvallende zaken:
 - o Het onderwerp spreekt meer aan bij de Toon® en nog meer bij de Zonnepaneel-groep.
 - o De steekproef bestaat vooral uit mannen (70%).
 - o De groep deelnemers met Toon® is gemiddeld jonger dan de andere groepen.
 - o De huishoudens van de Random-groep zijn gemiddeld kleiner dan de huishoudens van de Toon® en de Zonnepaneel-groep.
 - o De meest deelnemers wonen in een rijtjeshuis. Bij de Randomgroep woont een even grote groep in een appartement, bij de twee andere klantgroepen is dit minder (Toon®), tot veel minder (Zonnepaneel).

Bewust van energieverbruik

- Vrijwel alle deelnemers aan het onderzoek geven aan bewust om te gaan met hun energieverbruik. De voornaamste redenen om energiebewust te zijn, zijn geld en het milieu. Dit energiebewustzijn uit zich vooral in gedrag (zoals tijdig de verwarming lager zetten en wassen op lage temperaturen) en kleine investeringen in hun huis (in bijvoorbeeld LED lamp en waterbesparende douchekop).

Behoefte aan meer inzicht

- Deelnemers hebben behoefte aan meer inzicht in hun verbruik dan ze nu via de jaarlijkse afrekening krijgen. Dit hoeft voor de meeste van hen echter niet dagelijks te zijn. Deze wens is grotendeels financieel gedreven; zoals het drukken van de energiekosten en het voorkomen van verrassingen op de jaarrekening.
- Een groot deel van de deelnemers (40%) is (zeer) geïnteresseerd in inzicht in (toekomstige) tarieven die elk uur kunnen variëren, zij zien ook nadelen, zoals het gedoe en de onrust die dit oplevert. Een bijna even groot deel staat hier neutraal tegenover. De rest heeft hierin geen interesse.

Bewust van de energieproblematiek

- Het 'behoud van de wereld' wordt door de deelnemers als belangrijkste reden aangemerkt om duurzame energiebronnen te benutten.
- Een ruime meerderheid van de deelnemers geeft aan dat energieleveranciers (of anderen) ervoor moeten zorgen dat elektriciteit opgeslagen kan worden. Men geeft aan het zonde te vinden dat opgewekte energie niet opgeslagen wordt. Slechts weinig consumenten herkennen zich in de stelling dat dit een probleem is waar zij zelf mee te maken krijgen.

Aanpassen van energieverbruik aan aanbod spreekt aan

- Bijna de helft van de deelnemers spreekt het aan om energie te kunnen gebruiken op momenten dat er veel beschikbaar is, bijvoorbeeld omdat het hard waait. De voordelen hiervan zijn vooral geld besparen en geen energie verloren laten gaan.
- Ondanks dat men er niet teveel tijd aan wil besteden, gaat de voorkeur wel uit naar het zélf (consument doet het) aanpassen van het energieverbruik op basis van berichten van de energieleverancier.
Bij regelen van het verbruik door de energieleverancier spelen nadelen als het uit handen geven van controle en het onpraktisch zijn (bijvoorbeeld was die te lang in de machine kan blijven zitten).

Een steentje bijdragen

- Een ruime meerderheid van de bevroagde klanten geeft aan het belangrijker te vinden om een steentje bij te dragen aan het behoud van de wereld, dan om een bepaald bedrag te besparen via het slim omgaan met duurzame energie.
- De deelnemers die wel aangeven een bedrag te willen besparen door slim omgaan met duurzame energie voordat ze hieraan meewerken, willen vrij veel besparen. Het betreft dan bedragen die niet realistisch zijn voor de huidige business case van een energieleverancier. Tegelijkertijd geeft meer dan de helft van deze groep aan geen idee te hebben hoeveel het slim omgaan met duurzame energie daadwerkelijk zou opleveren per jaar.
- Slim aan de slag gaan met duurzame energie gebeurt bij voorkeur binnen het eigen huishouden. Wanneer deelnemers wel iets samen met andere burgers zouden willen doen (dit betreft een zeer kleine groep), zou dit georganiseerd moeten worden door de energieleverancier (en niet zozeer door bijvoorbeeld de mensen zelf, de buurtvereniging of de netbeheerder).

Reflectie

De deelnemers zijn zich bewust van hun energieverbruik en hechten belang aan duurzaamheid. Echter een minderheid van de deelnemers staat open voor het aanpassen van hun energieverbruik aan het aanbod ten tijde van de meting (2014).

- De mate van bewustzijn omtrent energie en duurzaamheid is behoorlijk groot onder de respondenten. Mogelijk is dit een vertekening, voortkomend uit het feit dat vooral bewuste (Eneco-) klanten hebben meegedaan.

Overall

- Het resultaat is een waardevol drijfverenonderzoek onder 1200 Nederlanders dat zowel in het Couperus project gebruikt kan worden als input voor fase 4, als ook daarbuiten.

Vervolg

Het drijfverenonderzoek was oorspronkelijk bedoeld om de "content" voor storytelling te bepalen. Bewoners van Couperus zouden op grond hiervan overtuigd kunnen worden om diensten af te nemen, waarmee ze actief in de proeftuin betrokken zouden worden. Dit vanuit de gedachte dat de positieve effecten het smart grid hiermee nog worden versterkt. De oorspronkelijke doelstelling van fase 4 was om in de praktijk te tonen dat het geven van prikkels aan de consument om hun gedrag aan te passen, kan leiden tot een verdere reductie van de piek – elektriciteitsvraag. Geen van consortiumpartners vond echter voldoende duidelijke aanwijzingen om op korte termijn een zinvol product te ontwikkelen dat binnen de proeftuin getoetst kon worden. Hiermee is de uitvoering van fase 4 komen te vervallen.



Figuur 4: Interieur Couperus complex

AFRONDING



TERUGBLIK DOELEN

Wanneer we terugkijken naar gestelde doelen aan het begin van de proeftuin Couperus SG, dan kunnen we stellen dat de meeste behaald zijn.

De algemene doelstellingen:

Couperus SG heeft gedemonstreerd dat reductie van piekbelasting in de netten én van onbalans mogelijk is met behulp van smart grid technologie. Daarnaast is praktische kennis opgedaan met een geheel andere inrichting van energie-infrastructuur.

De individuele doelstellingen per deelnemer in het consortium:

Eneco:

Deels behaald. Efficiënt balanceren door inzetten flexibele energievraag is behaald (fase 1&2). Niet haalbaar bleek het verbreden van het dienstenpakket met diensten die verregaande interactie met klanten vragen.

IBM:

Alle door de IBM geformuleerde onderzoeksvragen zijn beantwoord in fase 1 en 2 van de proeftuin.

Itho Daalderop:

Beide doelstellingen - versterken en verduurzamen bestaand product - zijn behaald.

Provincie Zuid-Holland:

Beide doelstellingen behaald.

Stedin Netbeheer BV:

Doelstelling is behaald. Flexibel vermogen kan bijdragen aan de beperking van kostbare netverzwaring. Dit wil niet zeggen dat deze oplossing op elke plek en tijdstip geschikt is.

TNO:

Doelstelling behaald, Powermatcher technologie is succesvol uitgerold. Het in de praktijk beproeven van storytelling als middel om bewoners te informeren en activeren is niet behaald. Wel is in fase 3 een drijfverenonderzoek uitgevoerd dat groter was dan voorzien in de oorspronkelijke plannen en dat waardevolle inzichten heeft opgeleverd.

Vestia / Staedion:

Doelstellingen deels behaald. Door de inzichten uit fase 3 en het hieruit voortvloeiende besluit om het niet uit te voeren, is het verlagen van woonlasten en het bieden van extra functionaliteit en diensten aan de eindgebruiker niet gerealiseerd. Echter: de duurzame woningen zorgen wel voor verhoging van hun aantrekkelijkheid.

ALGEMENE RESULTATEN EN BEVINDINGEN

In vorige paragrafen zijn de resultaten per fase al uitgebreid gepresenteerd. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op een aantal overall resultaten.

- De conclusie is dat de PowerMatcher-technologie al vanaf enkele tientallen aansluitingen een doelmatig en uitermate schaalbaar systeem biedt voor het ontsluiten van energieflexibiliteit. Die kan geaggregeerd ingezet worden voor meerdere doelen, waaronder congestie management en onbalans, zoals aangetoond in Couperus.
- Piekscheren door PowerMatcher in combinatie met onbalanscompensatie functioneert zoals verwacht. Overigens wordt hoogste piek in het verbruik al gedempt door de aansturing van de warmtepompen door de PowerMatcher bij het verwarmen van water in boilers: zonder sturing zouden die allemaal tegelijk starten met opwarmen en zo voor de hoogste belasting zorgen.
- Een apparaat als een warmtepomp is geëigend voor het flexibiliseren van het gebruikte vermogen vanwege het relatief hoge energieverbruik. Maar omdat de mogelijkheden voor het gebruik van die flexibiliteit zich beperken tot bepaalde momenten van de dag en bepaalde seizoenen, geeft de warmtepomp op zichzelf onvoldoende flexibel vermogen.
- De vertraagde, maar wel willekeurige, aansturing (communicatie) van de warmtepompen (met gemiddeld een 20 minuten interval) heeft in de proeftuin geen meetbare gevolgen gehad.
- De flexibiliteit uit het opwarmen van de boiler is in Couperus beperkt tot de periode met het nachttarief, terwijl onbalans in de opwek van de windturbine overdag groter is. In een andere situatie zouden de resultaten gunstiger uitvallen.
- De energieflexibiliteit per warmtepomp wordt ontsloten door de PowerMatcher. De variatie over de tijd en de waarde daarvan is met succes gemeten.
 - Mede door de milde winters was het regelbare vermogen minder dan vooraf geschat. Wel is aangetoond dat dit systeem goed inzetbaar voor het wegregelen van onbalans, zonder dat de bewoner comfort hoeft in te leveren.
 - De variatie in flexibiliteit verspreid over de dag is groot. Vooral instraling van de zon beperkt draaitijd sterk.
- Het smart grid heeft goed gewerkt. Alle agenten hebben goed gewerkt en er is nog ruimte voor verbetering (verruiming van de flexibiliteit). Het netwerk is enkele keren verstoord geraakt, waarbij is gebleken dat het voorzien in een “back-up” wel van belang is.
- De proeftuin heeft door onderzoek inzicht opgeleverd in
 - de mate van energiebewustzijn van consumenten,
 - de mate waarin consumenten zicht hebben op hun energieverbruik en zich bewust zijn van de energieproblematiek.
 - de bruikbare kennis over de drijfveren, wensen en barrières van consumenten, gerelateerd aan vraagsturing.

- Uit het onderzoek onder consumenten komen ook een aantal complexe vraagstukken naar voren. Zo zouden deelnemers vrij veel willen besparen, voordat ze meedoen aan het aanpassen van hun energieverbruik op het aanbod van energie. Ook zouden deelnemers er niet teveel tijd aan willen besteden. Tegelijk gaat de voorkeur wel uit naar het zélf aanpassen van het energieverbruik op basis van berichten van de energieleverancier, in plaats van dat de energieleverancier apparaten aanstuurt.
- Uiteindelijk is in deze proef zonder actieve handelingen van de bewoners resultaat behaald en flexibel vermogen gerealiseerd. Dit is uniek.
- Resultaten en successen zijn mede afhankelijk van de eigenschappen van het complex Couperus en kwaliteit van de warmtebronnen (WKO en warmtepomp). Andere locaties hoeven niet tot hetzelfde succes te leiden.
- De proeftuin Couperus SG heeft veel aandacht getrokken van (vak-)media, politiek, wetenschap en de utility-wereld. De bijlage geeft een beknopt overzicht van publicaties, lezingen en werkbezoeken weer.

LESSONS LEARNED

De proeftuin Couperus SG heeft naast de hierboven gepresenteerde resultaten nog een aantal leerpunten opgeleverd die voor de toekomst van de ontwikkeling van smart grids van belang kunnen zijn.

- Het is waardevol om met de diverse stakeholders (leveranciers, netbeheerder, energieleverancier, onderzoeksinstelling, etc.) vanuit verschillende perspectieven (business, techniek en bewoner/gedrag), te werken aan het onderwerp vraagsturing.
- De proeftuin heeft een overwegend technisch karakter gekregen. Er is uiteindelijk minder gebeurd op het vlak van gedrag en bewonersparticipatie dan oorspronkelijk gepland. Het is lastig om vanuit een technische insteek de transitie te maken richting consument.
- De resultaten van het drijfverenonderzoek vormen een goede basis voor toekomstige projecten/proeftuinen op het gebied van vraagsturing. De uitkomsten zijn van toepassing op de Nederlandse samenleving en reiken dus een stuk verder dan het appartementencomplex Couperus. Hier is dus al nadrukkelijk rekening gehouden met schaalvergroting.
- Een van de resultaten uit het drijfverenonderzoek luidt: De deelnemers zijn zich bewust van hun energieverbruik en hechten belang aan duurzaamheid. Een minderheid van de deelnemers staat echter open voor het aanpassen van hun energieverbruik aan het aanbod. Waar deze discrepantie vandaan komt, is niet onderzocht. Een mogelijke verklaring hiervoor dient dus nog gezocht te worden.

De onderzoekers zien een mogelijke verklaring in het feit dat mensen (zelfs de bewustere energieconsumenten) nu gewend zijn dat energie altijd beschikbaar en voorradig is, zoals 'water uit de kraan'. Het wordt nog niet goed begrepen dat energie een schaars goed is dat op kan raken en daarom slim en actief beheerd moet worden, met vraagsturing als mogelijk beheermechanisme. De introductie van vraagsturing vergt naast een aanpassing van (gewoonte) gedrag, daarom ook een mentale aanpassing.

- Door een variabel elektriciteitsstarief in plaats van een dag/nachttarief zou de energieflexibiliteit van de warmtepomp beter ingezet kunnen worden, maar meer bestuurbare apparaten zijn nodig voor het vergroten van flexibiliteit.
- Het zou voordelig zijn om de PowerMatcher-omgeving in te richten als een shared service die wordt gedeeld tussen meerdere veldproeven. Op die manier lukt het om tegen lage kosten een betrouwbare en veilige omgeving te onderhouden, ook voor veldproeven met kleine aantallen aansluitingen.
- Vanwege het gedistribueerde karakter van het PowerMatcher-systeem zijn er veel punten in de keten waar fouten op kunnen treden. Volledig geautomatiseerde monitoring en beheer van alle apparaten en onderdelen van het systeem is noodzakelijk.
- Om de stap te kunnen zetten van data naar inzicht, bleek de business intelligence oplossing in de proeftuin essentieel. Hieraan is uiteindelijk veel meer tijd en aandacht aan besteed dan oorspronkelijk voorzien
- Het is complex gebleken om de communicatie van- en met de componenten in de appartementen helemaal goed te laten verlopen. Uiteindelijk zijn er extra monitoring gateways in het complex gebouwd. Dit heeft ertoe geleid dat de warmtepompen gedurende de eerste meetperiode nooit allemaal gelijktijdig in het smart grid hebben gewerkt. Later zijn wel alle warmtepompen in het smart grid opgenomen (eind 2014)

VERVOLG

- De resultaten en lesson learned bieden interessante input voor de toekomst, zowel inhoudelijk en procesmatig, als voor nieuwe projecten. De inzichten uit de proeftuin (bijv. klantbehoeftes) bieden waardevolle input bij het ontwikkelen van nieuwe voor producten en diensten.
- Het appartementencomplex Couperus is uitgerust met een smart grid en kan worden ingezet voor vervolgotrajecten. Deze mogelijkheden moeten worden onderzocht.
- Vanaf de tweede helft 2015 wordt de koppeling met andere of nieuwe initiatieven (bijvoorbeeld Den Haag Smart City) bekeken.
- Uitkomsten van de proeftuin laten zien dat het interessant is om grootschalige oplossingen te implementeren – bijvoorbeeld voor IBM.

- Een volgende stap is koppeling van de PowerMatcher aan het nieuwe USEF marktmodel voor energieflexibiliteit, in het SEC Heerhugowaard project (IPIN). In dit project wordt ook ervaring opgedaan met meerdere apparaten in een mix van flexibiliteit en een hogere complexiteit van infrastructuur.
- Vanuit de branchevereniging voor fabrikanten en importeurs van warmtepompen (DHPA) is veel interesse in het onderzoeksonderwerp van de proeftuin. Couperus wordt hier steevast als succes gezien. Hieruit kunnen spin-offs ontstaan.

BIJLAGE :

OPENBARE PUBLICATIES EN NIEUWSBERICHTEN

- Artikel in magazine Installatie XL - 01-11-12
- Flyer for potential residents / tenants - 11-09-2012
- Presentatie op bewonersavonden in maart 2013
- Brochure "Een duurzaam robuust energiesysteem" - 2013-03-14
- Flyer voor IPIN dagen - 21 mei 2013
- Factsheet agentschap.nl - 06-06-13 Artikel in de InStedin, het medewerkersblad van Stedin - July 2013.
- Presentatie op locatie aan Tweede Kamerleden Leegte (VVD) en Jansen (SP) – februari 2014
- Smart Grid Summit Nice – June 2014
- Abstract voor CIRED 2015 - Sept 2014
- "Transactive Energy: Market-based Approaches to Smart Grids" IEEE ISGT Europe 2014 (Istanbul)
- Presentatie European Utility Week 2014 - Amsterdam
- Paper en presentatie voor CIRED 2015 conferentie - 1258 - Simultaneous imbalance reduction and peak shaving using a field operational Virtual Power Plant with heat pumps
- Couperus presentation Smart Grid Exhibition Japan – februari 2015
- Factsheet RVO - Zomer 2015
- European Utility Week 2015 – Vienna
- Een veelvoud aan artikelen gedurende looptijd project: oa Energieia, Duurzaam Gebouwd, Duurzaam bedrijfsleven, Energiegids.
- Couperus Smart Grid heeft bijgedragen aan scripties van studenten in de laatste fase van hun opleiding (HBO / Universitair)

© maart 2016

Dit rapport over Couperus Smart Grid in een gezamenlijke uitgave van:

Eneco, IBM, Itho Daalderop, Provincie Zuid Holland, Staedion, Stedin Netbeheer, TNO en Vestia

Fotografie: Zes X Zes Visuele Communicatie - Den Haag



