



Wonen en ondernemen in de energiewereld van morgen





INHOUDSOPGAVE

PowerMatching City: pitstop in de energietransitie	04
PowerMatching City take-aways	05
Leven in PowerMatching City	06
Wat vinden de bewoners?	07
Wat is de waarde van flexibiliteit?	10
Wat is nodig om dit toekomstbeeld te verwezenlijken?	12

Slimmer netbeheer: capaciteitsmanagement	14
Flexibiliteitsprofielen voor vraagsturing	15
De slimme energietechnologie: smart by design	16
De basis voor intelligentie	18
Prisoner's dilemma	20
De volgende stap	22

POWERMATCHING CITY: PITSTOP IN DE ENERGIETRANSITIE

We vinden het vanzelfsprekend dat het licht altijd brandt. De energievoorziening in Europa is niet alleen zeer betrouwbaar, maar ook betaalbaar voor iedereen. Dat is echter niet langer voldoende. Energie moet het liefst duurzaam worden opgewekt en zelfs de meest innovatieve installaties moeten zonder problemen in het bestaande energienetwerk kunnen worden opgenomen.

Duurzame energie is inmiddels niet meer weg te denken. Dagelijks rijden we langs windmolens en zien we zonnepanelen op daken. Lang niet iedereen realiseert zich dat daarmee een geheel nieuwe dynamiek in onze energievoorziening is ontstaan. Wanneer de wind gaat liggen, gaan de elektriciteitscentrales automatisch sneller draaien, omdat anders de elektriciteit uitvalt. Andersom, als de zon achter de wolken vandaan komt, beginnen zonnepanelen volop stroom te produceren. De centrales moeten dan weer een tandje lager schakelen. Zou het niet mooi zijn als de wasmachine juist dan gaat draaien? Of als je de stroom uit zonnepanelen die je zelf niet nodig hebt, kunt delen met de burens die net thuis zijn gekomen en hun elektrische auto willen opladen? Of kan die energie beter naar de overburen die hun huis verwarmen met een warmtepomp? Belangrijk daarbij is de flexibiliteit: de mogelijkheid van apparaten om de vraag of het aanbod van energie aan de omstandigheden aan te passen.

Het zijn allemaal manieren waarop consumenten actief zouden kunnen bijdragen aan een duurzamere energievoorziening. En omdat alle huishoudens samen goed zijn voor grofweg een derde van al het energieverbruik, kunnen zij het verschil maken. Het is zelfs denkbaar dat woonwijken in de toekomst zelf helemaal in hun energiebehoefte voorzien of zelfs energie gaan leveren.

Om de overgang naar zo'n duurzame energievoorziening kans van slagen te geven, moeten consumenten dus in staat zijn actief een bijdrage te leveren aan deze energietransitie. Naast consument zijn burgers ook professional. Als zij thuis ervaren hoe zij duurzaam kunnen leven, dan nemen ze dat mee in hun keuzes als professional. Dan kan het hard gaan met de energietransitie.

Voor veel consumenten is het een hele uitdaging om te bepalen welke duurzame technieken het meest geschikt voor hen zijn. Ze moeten leren hoe nieuwe apparaten aangesloten moeten worden en hoe ze werken. Tegelijk moeten ze weten hoe de aanschafkosten van zonnepanelen bijvoorbeeld opwegen tegen de opbrengsten. Dit is al moeilijk genoeg. Laat staan als ze meerdere apparaten tegelijk willen aanschaffen of hun eigen opgewekte energie met de buurt willen delen.

Al kunnen we de contouren door onze oogballen zien, ervaring met deze nieuwe energiewereld is er nagenoeg niet. Daarom is eraan 'proeven' in de praktijk van groot belang. Hoe kunnen we de energietransitie versnellen? Wat is nodig om consumenten in actie te krijgen? En hoe maken we de energievoorziening duurzaam zonder in te leveren op betaalbaarheid en betrouwbaarheid?

Om antwoorden te krijgen uit de praktijk is PowerMatching City gebouwd. In deze praktijkproef ervaren bewoners hoe het is om te leven in een wijk met een duurzame energievoorziening.

Wat vinden bewoners van de innovatieve apparaten en diensten? Wat levert het de BV Nederland op als we het systeem overal zouden invoeren? En bovenal: hoe kunnen we de energiewereld van morgen zo inrichten dat we de nieuwe dynamiek de baas kunnen en wel zo dat we recht doen aan de belangen van iedereen.

POWERMATCHING CITY TAKE-AWAYS

PowerMatching City is hét voorbeeld van dé duurzame energiewijk van de toekomst. Het uitvoeren van dit project heeft geleid tot de volgende inzichten en op basis daarvan zijn onderstaande adviezen geformuleerd:

Diensten

- ✓ De bewoners zijn gemotiveerd om samen een duurzame buurt in te richten. Flexibiliteit van vraag en aanbod bij bewoners is ontsloten door in samenwerking met hen aansprekende diensten te ontwikkelen.
- ✓ Bewoners verkiezen om hun eigen opgewekte stroom zelf te gebruiken en zijn bereid hun gebruikspatroon aan te passen. De aanpassing doen ze liever via automatische sturing dan via handmatig programmeren.
- ✓ De ontwikkelde energiedienst die stuurt op concrete besparing van kosten, is populairder dan een abstractere dienst die duurzamer energiegebruik in de buurt promoot.

Techniek

- ✓ De apparatuur, die nodig is om het slimme energiesysteem te realiseren bestaat al, is toepasbaar in de bestaande bouw en geschikt voor grootschalige invoering. In het project is de apparatuur gekoppeld en komt via slimme interactie de flexibiliteit beschikbaar.
- ✓ Er is voor een combinatie van verschillende apparaten gekozen om optimaal gebruik te maken van verschillende energievormen: gas, elektriciteit en warmte.
- ✓ Er is een real-time besturingssysteem ontwikkeld, dat gebruik maakt van PowerMatcher agenten met een voorspellend vermogen en dat daardoor aansluit op bestaande energiemarkten en dat knelpunten in het lokale net kan oplossen.

Waarde

- ✓ Flexibiliteit biedt waarde voor elk van de belanghebbenden: de leverancier, de netbeheerder én de consument.
- ✓ De baten van flexibiliteit geleverd door consumenten voor de BV Nederland zijn berekend op basis van praktijkmetingen en lopen op van 1 tot 3,5 miljard Euro. Deze baten bestaan uit vermeden of uitgestelde netkosten en waarde voor de energiemarkten.
- ✓ Barrières zijn in kaart gebracht: slimme meter allocatie is nodig om vraagsturing economische waarde te geven. Invoering van slimme meter allocatie is makkelijk inpasbaar in bestaande netbeheerder processen en de maatschappelijke kosten zijn relatief beperkt.
- ✓ Juist door het koppelen van centrale en decentrale energiesystemen via een slim besturingssysteem realiseren we een betaalbare, betrouwbare en duurzame energievoorziening, waarbij zowel centrale als decentrale bronnen optimaal kunnen worden ingezet.

Aanbevelingen

- ✓ Er is een nieuw marktmodel nodig, waarin de flexibiliteit optimaal verdeeld en de waarde van de flexibiliteit maximaal benut wordt. Het correct verdelen van de waarde met de belanghebbenden is cruciaal voor een positieve business case.
- ✓ In dit marktmodel is een marktpartij nodig die de flexibiliteit bundelt en verdeelt: de aggregator.
- ✓ Standaardisatie is nodig om de cost-to-serve en de cost-to-connect omlaag te brengen, zodat grootschalige uitrol economisch haalbaar wordt.

LEVEN IN POWERMATCHING CITY

PowerMatching City telt veertig woningen. De bewoners maken gebruik van het energiesysteem van de toekomst. Zij beschikken over innovatieve apparatuur die slim wordt aangestuurd en voor comfort zorgt. Zonnepanelen produceren stroom. Sommige woningen hebben een microWKK die naar behoefte elektriciteit en warmte produceert. De warmte wordt zo nodig tijdelijk in een buffervat opgeslagen.

Bij andere woningen is een warmtepomp aangesloten op een warmtevat om flexibel in de wisselende vraag naar stroom en warmte te voorzien. Aan slimme huishoudelijke apparaten als wasmachines kunnen de bewoners doorgeven dat de was op het gunstigste moment gedraaid moet worden. Ten slotte geven slimme meters informatie aan de bewoners over hun eigen opgewekte en verbruikte energie. Dat kunnen ze vergelijken met de rest van de straat.

Om dit allemaal mogelijk te maken, is samen met de bewoners een tweetal energiediensten ontwikkeld die aansluiten bij hun wensen. In principe kunnen dit talloze diensten zijn.

Twee diensten zijn volledig ontwikkeld: 'slim kosten besparen' en 'samen aangenaam duurzaam'.

Met 'slim kosten besparen' kunnen bewoners de kosten voor hun energieconsumptie en energieopwekking zo laag mogelijk houden. 'Samen aangenaam duurzaam' voorziet in de behoefte van bewoners om als buurt zo duurzaam mogelijk te leven. De twee diensten zijn uitersten en zijn willekeurig over de veertig woningen verdeeld. In het project worden drie vormen van sturing gebruikt:

Automatische sturing: van de warmtepomp of de micro wkk

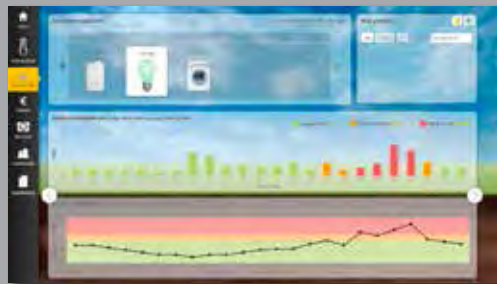
Semi-automatische sturing: van de wasmachine

Handmatige sturing: het handmatig aansturen van bijvoorbeeld vaatwasser en droger



Een energiemonitor helpt de bewoners om keuzes te maken bij het gebruik van de energiediensten. De monitor geeft aanwijzingen over de juiste aansturing van het apparaat, bijvoorbeeld het gunstigste moment om de droger aan te zetten. De energiemonitor geeft bovendien informatie over het functioneren van de energiedienst. Elk kwartier kan een bewoner op de monitor zien hoe hoog de energiekosten zijn. Hiervoor is speciaal een factureringssysteem op kwartierbasis ontwikkeld. Daarnaast stelt de monitor de bewoner in staat om investeringsbeslissingen te nemen, bijvoorbeeld om zonnepanelen aan te schaffen teneinde meer uit zijn energiedienst te halen.

In één van de straten van PowerMatching City, de Thomsonstraat, staat een wijkmonitor. Deze monitor geeft informatie over het verbruik en de opwekking van energie van de hele straat. Zo worden bewoners zich meer bewust van het thema energie, zowel thuis als lokaal als op nationaal niveau.



WAT VINDEN DE BEWONERS?

Hoe is het om in PowerMatching City te wonen? De bewoners van de veertig woningen hebben hun ervaringen gedeeld tijdens testen, enquêtes, interviews en discussiebijeenkomsten.



Voordat de bewoners de nieuwe energiediensten in huis kregen, hebben ze aangegeven wat voor hen belangrijk is. Hun mening over kostenbesparing, duurzaamheid, onafhankelijkheid, technologie en comfort is vergeleken met een controlegroep. Het blijkt dat de bewoners van PowerMatching City duurzaamheid en technologie belangrijker vinden dan een doorsnee Nederlands gezin en kostenbesparing en comfort juist minder belangrijk dan een doorsnee Nederlands gezin.

Met deze kennis in het achterhoofd zijn samen met een aantal bewoners de twee energiediensten ontwikkeld. De bewoners hebben deze aanpak als erg positief ervaren. Ze voelen zich daardoor zeer betrokken bij PowerMatching City en de energiediensten.

Omwille van de objectiviteit mochten de bewoners niet zelf kiezen voor een van de twee diensten. Voor en na de invoering hebben de bewoners regelmatig hun mening over de dienst in het algemeen gegeven ('ik vind de energiedienst attractief') en meer in het bijzonder over de verschillende onderdelen van de dienst.

De energiedienst 'Slim kosten besparen' blijkt het meest populair.

De bewoners geven aan dat informatie over kosten tastbaar is en motiverend werkt. In de energiedienst 'Samen aangenaam duurzaam' wordt het overschot van zelf opgewekte energie in de buurt gebruikt. De 'blaadjes' die de mate van duurzaamheid aangeven op de monitor worden minder goed ontvangen dan de harde euro's, omdat het toch minder tastbaar is. Onderling vergelijken in hun buurt doen de bewoners ook liever op basis van euro's dan op de duurzaamheidsscore. Daarnaast geven bewoners er de voorkeur aan om hun opgewekte energie zoveel mogelijk zelf te gebruiken.

Opvallend is verder dat de bewoners met de 'slim kosten besparen' dienst meer bezig waren met het op het juiste moment handmatig instellen van de droger en vaatwasser dan de bewoners met de andere dienst. De bewoners met 'samen aangenaam duurzaam' zetten deze apparaten gewoon aan als het hen uitkwam. Ook kijken de 'slim kosten besparen' bewoners gemiddeld twee keer zo vaak op de energie-monitor als de andere groep.

De bewoners hebben het gevoel dat de automatisch aangestuurde apparatuur het meeste bijdraagt aan het doel van de dienst. Dat kost ook de minste moeite en is daarmee de populairste vorm van sturing. Het is dan wel belangrijk dat bewoners vertrouwen hebben in het juist functioneren van het apparaat en de partij die de dienst aanbiedt. Soms merkten de bewoners dat de apparatuur aan of uitging op een voor hen onlogisch moment. Als het vertrouwen in de apparatuur eenmaal geschaad is, is het erg lastig terug te winnen. Dit is gelukt door groepsdiscussies en uitleg op deelnemersavonden: aan het eind was de waardering voor de diensten beduidend hoger dan in het begin.

Bewoners vinden dat het zelf aansturen van de apparatuur hen meer voldoening en controle over het systeem geeft. Voor deze handmatige bediening hebben ze wel informatie van de monitor nodig. Na verloop van tijd leren de bewoners echter wat het juiste moment voor het aan- of uitschakelen van een apparaat is. Vervolgens zetten ze ook liever zelf de slim aan te sturen wasmachines handmatig aan.

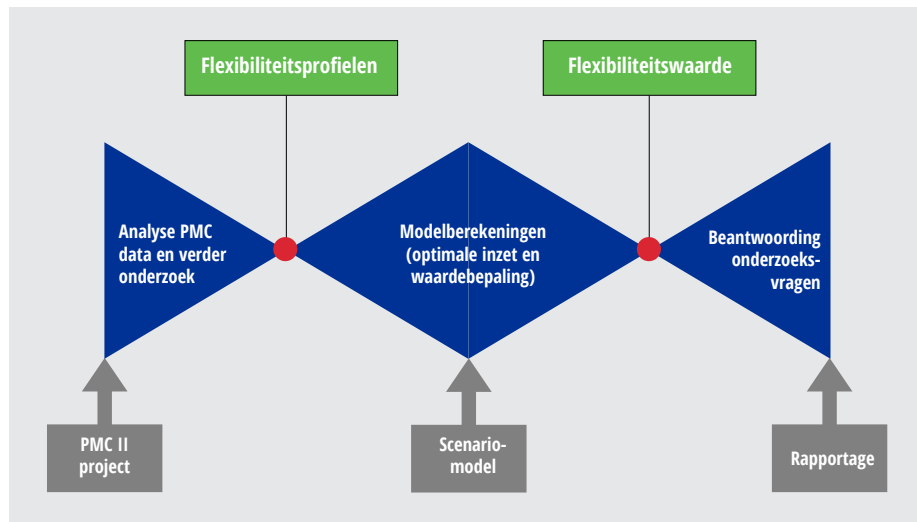
Al met al moeten energiediensten simpel en transparant zijn en zijn ze pas succesvol als ze goed aansluiten bij wat bewoners belangrijk vinden. Twee derde van de bewoners geeft na alle ervaringen de voorkeur aan 'slim kosten besparen'.



AANPAK

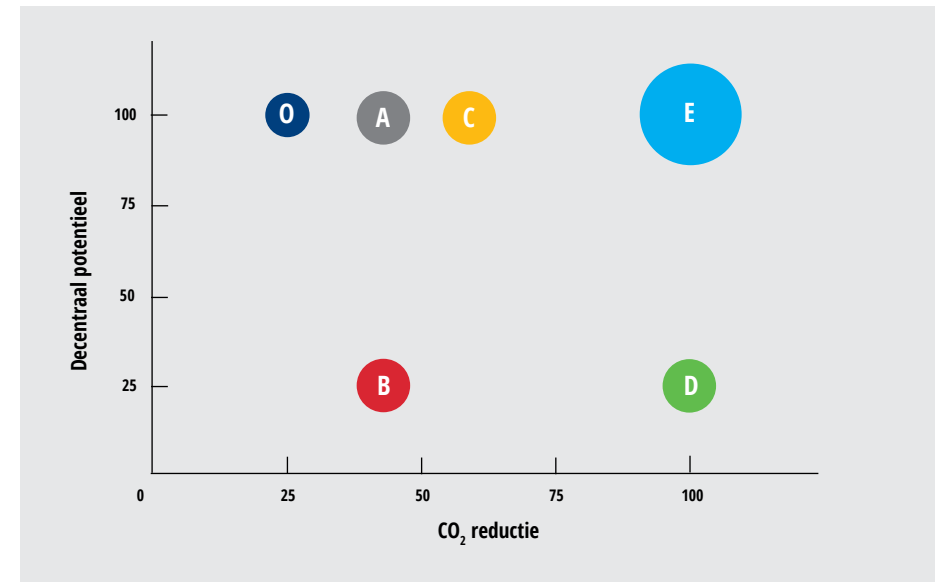
In PowerMatching City is gedurende zeven maanden de werkelijke energieafname en energieproductie van elk apparaat gemeten. Extra aandacht kregen de apparaten die veel flexibiliteit te bieden hebben: microWKK's, warmtepompen en elektrische auto's¹.

Voor deze apparaten zijn zogeheten flexibiliteitsprofielen opgesteld (zie hoofdstuk Flexibiliteitsprofielen). Een flexibiliteitsprofiel is een curve van de gemiddelde stroomafname of stroomproductie over een etmaal. Een brede band langs deze curve geeft de speelruimte, de flexibiliteit voor sturing, weer.



De flexibiliteitsprofielen zijn ingevoerd in een scenario model. Dit model is ontworpen om voor verschillende toekomstige energie scenario's de waarde van de beschikbare flexibiliteit te berekenen voor de BV Nederland.

De scenario's zijn oorspronkelijk ontwikkeld voor Netbeheer Nederland² en aangevuld met een scenario 'huidig beleid'. De scenario's variëren bijvoorbeeld in de mate waarin warmtepompen, elektrisch vervoer, microWKK en zonnepanelen zijn ingeburgerd, in de hoogte van de energieprijzen en in de kosten van CO₂-uitstoot.



Overzicht toekomstige scenario's 2030. Het oppervlak van de bollen geeft het aandeel hernieuwbare bronnen weer. A, B, C en D = 25%, E = 100%, O = 18%, het huidig beleid.

¹ Voor de elektrische auto's zijn data gebruikt uit het CBS mobiliteitsonderzoek en een studie van Enexis.

² CE Delft en DNV GL, 'Scenario ontwikkeling energievoorziening 2030', Delft, 2014.

WAT IS DE WAARDE VAN FLEXIBILITEIT?

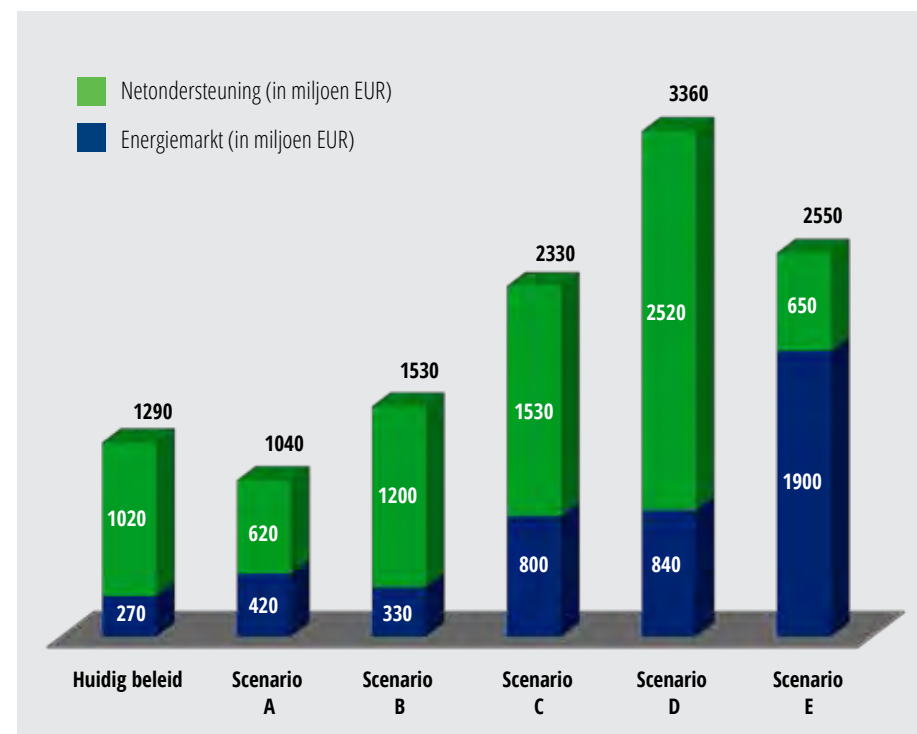
Uit de analyse van PowerMatching City blijkt dat de baten van slimme energiesystemen in de consumentenmarkt tussen de 1 en 3,5 miljard euro liggen³. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen baten voor netondersteuning en baten voor de energiemarkt.

Wanneer netbeheerders een beroep kunnen doen op de flexibiliteit van de apparaten van consumenten, hoeven ze minder in het netwerk te investeren, zowel in nieuwe netten als in onderhoud van bestaande netten. Dat geldt op alle spanning sniveaus en tussenliggende transformatorstations. Bovendien dalen de energieverliezen door het transport over langere afstand. Hoe hoog de waarde van flexibiliteit voor de netbeheerder is, hangt af van de toekomstige energiescenario's.

De flexibiliteit op de groothandelsmarkt zit vooral in de fluctuaties in marktprijzen en in het vermijden van onbalanskosten. Een energieleverancier kan variaties in de prijs op de groothandelsmarkt gebruiken om energie gunstig in te kopen voor zijn klanten. Dan moet hij wel staat zijn om het energieverbruik bij zijn klanten te sturen, wat nu nog niet het geval is bij consumenten, maar wel wordt toegepast voor zakelijke klanten.

Naast het optimaliseren op basis van prijsvariaties kan een leverancier kosten vermijden door decentraal opgewekte energie beter te benutten omdat lokaal vraag en aanbod op elkaar zijn afgestemd: dit scheelt in de variabele kosten van centrale energieopwekking en centrale opslagcapaciteit en daarmee in kosten voor CO₂-uitstoot.

Gedurende de hele dag moeten de energievraag en aanbod in balans zijn. Het is de taak van de system operator om deze balans te handhaven en zo nodig bij te sturen. Hij doet dit door van elke aanbieder en afnemer van energie (de programmaverantwoordelijke partijen) een prognose te vragen van hun energieprofiel. Als ze hiervan afwijken, moeten ze een boete betalen. Aanbieders en afnemers hebben er dus baat bij om hun prognose gestand te doen en om de system operator te helpen de balans te handhaven. Daarvoor bieden leveranciers de flexibiliteit aan die hen ter beschikking staat.



De baten van slimme energiesystemen in de consumentenmarkt liggen tussen de 1 en 3,5 miljard EUR.

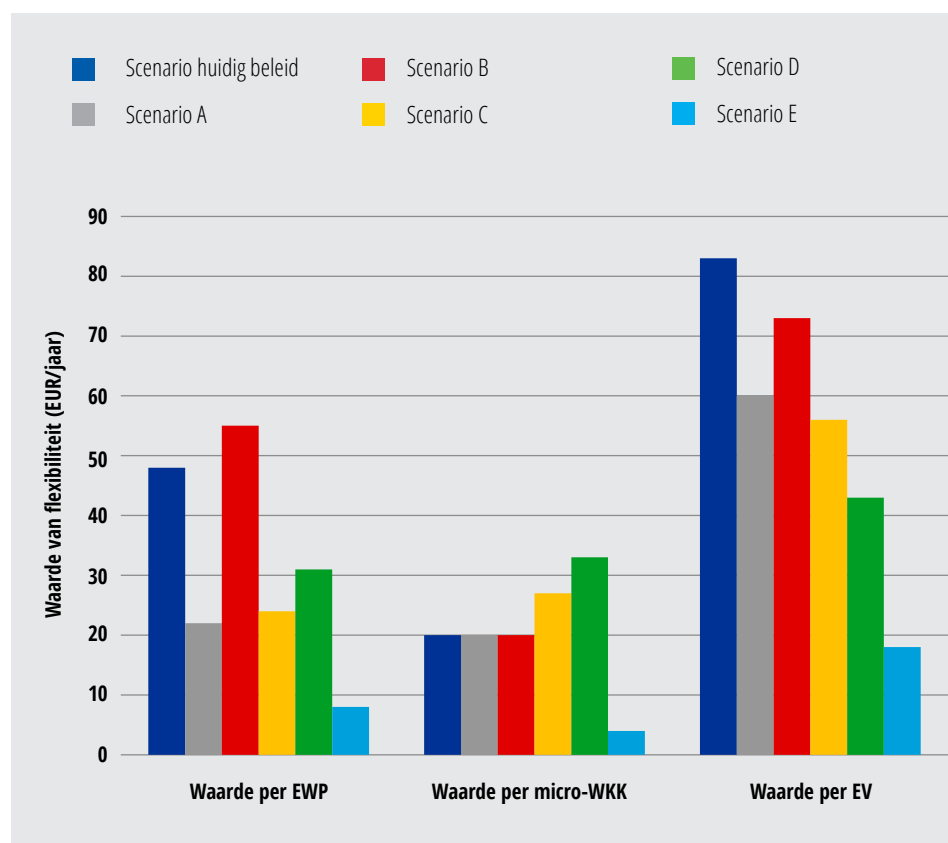
³ In 2012 hebben CE-Delft en KEMA een soortgelijke studie gedaan. Daaruit bleken er significante baten te zijn, variërend van 7 tot 14 miljard EUR. Dit betrof enkel de toegevoegde waarde van het intelligente energiesysteem zelf en was exclusief de toegevoegde waarde van de individuele energietoepassingen. De uitkomsten van de PowerMatching City analyse zijn niet direct te vergelijken met deze eerdere studie omdat wij alleen naar de waarde van flexibiliteit bij consumenten hebben gekeken. Daarnaast zijn nieuwere scenario's gebruikt.

De baten voor de energiemarkt pakken lager uit dan die voor netbeheer. Dit komt omdat het model optimaliseert op het afvlakken van de netbelasting. De baten voor de energiemarkt zouden hoger uitvallen, wanneer het model het meeste gewicht aan de energiemarkt zou toekennen. Aangezien dat niet gebeurt is, is uit het model niet de maximale waarde van flexibiliteit voor de energiemarkt af te leiden.

Met de gemeten flexibiliteitsprofielen kan ook per apparaat berekend worden hoeveel flexibiliteit waard is in euro's.

De flexibiliteit van elke microWKK is goed voor gemiddeld 21 EUR per jaar, een warmtepomp 28 EUR en een elektrische auto zelfs 58 EUR.

Deze opbrengsten worden puur verkregen door het slim aansturen van het apparaat als daarbij met variabele marktprijzen kan worden afgerekend. Daar komen de opbrengsten uit energiebesparing of een hogere efficiency nog bij.



WAT IS NODIG OM DIT TOEKOMSTBEELD TE VERWEZENLIJKEN?

Op dit moment koopt een leverancier zijn energie in volgens een standaard consumentenprofiel. Dat profiel is gebaseerd op de verwachting hoeveel een consument per uur, elke dag van het jaar gebruikt. Pas aan het eind van het jaar, als de meterstand is opgenomen, is het daadwerkelijke verbruik bekend en wordt het profiel eventueel bijgesteld. Het sturen van vraag en aanbod bij consumenten levert de consument en de leverancier nu geen enkel voordeel op, want het is niet meetbaar en daarmee dus ook niet verrekenbaar.

Dat verandert met de slimme meter die de komende jaren bij alle Nederlandse huishoudens geïnstalleerd wordt. Deze meter levert elk kwartier gegevens over verbruik en teruglevering. Zo krijgt de leverancier een actueel inzicht hoe het totale energieprofiel er daadwerkelijk uitziet. Met andere woorden: het effect van sturing wordt meetbaar. Dit proces om gebruik te kunnen maken van actuele meetgegevens, heet slimme meter allocatie. Slimme meter allocatie is absoluut noodzakelijk om flexibiliteit te benutten.

In PowerMatching City is uitgezocht wat de gevolgen zijn van slimme meter allocatie op bestaande marktprocessen. Afgezien van een aantal geringe aanpassingen, blijven deze processen grotendeels intact. Ook de robuustheid kan worden gewaarborgd. Er zijn goede administratieve procedures te bedenken om fouten af te handelen en om goede inschattingen te maken als data ontbreken. Er is geen ingewikkeld systeem voor nodig om het aantal berekeningen steeds verder uit te breiden; bestaande netbeheerder IT systemen volstaan. Alle processen zijn uitgewerkt en gevalideerd: ze zijn transparant, eerlijk en goed te verifiëren.

De maatschappelijke kosten voor invoering slimme meter allocatie zijn getoetst en komen uit op circa 0,25 EUR per klant per jaar.

Deze kosten vallen weg tegen de potentiële waarde van de flexibiliteit van een warmtepomp of microWKK, een waarde die kan oplopen tot boven de 20 euro. Dat is nog niet het complete verhaal: wil de leverancier de flexibiliteit benutten, dan zal ook hij aanvullende kosten moeten maken om de slimme meter allocatie in te passen in zijn eigen processen. Deze aanpassing zal enkel doorgevoerd worden wanneer er ook een positieve business case tegenover staat en de waarde van flexibiliteit voor de leverancier en zijn klant voldoende hoog zijn. Verder maakt de leverancier extra kosten voor de dataverwerking.





Het staat consumenten uiteraard vrij om gebruik te maken van energieproducten die vraag en aanbod beogen te sturen. Leveranciers van hun kant hebben alle ruimte om aantrekkelijke voorstellen te doen om consument te verleiden zoveel mogelijk flexibiliteit ter beschikking te stellen. Consumenten die hiervoor kiezen zijn dus niet langer profielklanten maar groeien uit tot 'slimme meter allocatie' klanten op een vergelijkbare manier als waarop leveranciers nu samenwerken met zakelijke telemetrie klanten.

De PowerMatcher

Het elektronisch hart van PowerMatching City is het besturingssysteem. De PowerMatcher brengt real time vraag en aanbod van verschillende bronnen en afnemers bij elkaar. Het ontwerp is gebaseerd op een zogenaamd 'multi-agent' systeem. Zoals elke voetballer zijn eigen agent heeft, zo wordt elk apparaat in PowerMatching City, van de warmtepomp tot de wasmachine, vertegenwoordigd door een software agent. Deze agent biedt op een energiemarkt tegen welke prijs zijn apparaat energie wil kopen of verkopen. Door alle biedingen op te tellen kan de PowerMatcher een evenwicht vinden tussen vraag en aanbod. Bij dit evenwicht hoort een evenwichtsprijs, een prijs die door de fluctuerende vraag en aanbod constant varieert.

De intelligente aansturing van de apparaten zit hem dus in het slim bepalen van deze biedingen. In de PowerMatcher gebeurt dat op het niveau van de apparaten. Het is echter niet alleen mogelijk om per huis de biedingen te verzamelen en naar een hoger niveau te sturen, het is geen probleem om dat voor een hele wijk of per leverancier te doen.

Naast agenten voor de apparaten kunnen ook zogeheten objective agents worden aangesteld. Deze agenten vertegenwoordigen het belang van een bepaalde partij. In PowerMatching City zijn een aantal van deze partijgebonden agenten actief:

De DSO agent vertegenwoordigt het belang van de netbeheerder. Deze agent laat zich leiden door de actuele status van het netwerk en de beschikbare flexibiliteit in de woningen.

De handelsagent 'Trade Dispatch Objective Agent' zorgt voor een optimale verhandeling van de energie uit PowerMatching City. Hij maakt gebruik van gegevens over de energiemarkt en de weersverwachting. Het doel van deze agent is om de voorspellingen uit te laten komen.

De Inhome agent vertegenwoordigt het belang van de bewoners door de energiedienst als leidraad te nemen. Voor de bewoners in PowerMatching City houdt de agent ofwel rekening met de verwachte prijzen, ofwel met de voorspelling van het aandeel duurzame energie in de buurt.

SLIMMER NETBEHEER: CAPACITEITSMANAGEMENT

Ook in PowerMatching City moet de netbeheerder het energienet betaalbaar en betrouwbaar beheren. In de toekomst neemt het elektriciteitsverbruik toe en treden er naar verwachting grotere pieken en dalen op in het net. Om het energienet in deze situatie betrouwbaar te houden, zou de netbeheerder normaliter de capaciteit van zijn netwerk moeten vergroten.

Door meer elektriciteit decentraal en duurzaam op te wekken en de vraag van bewoners te sturen, krijgt de netbeheerder een alternatief geboden. Hierdoor kan hij onnodige investeringen uitstellen of zelfs voorkomen. De netbeheerder van PowerMatching City kan daartoe een beroep doen op een slim controle-mechanisme. Het transformatorhuisje in de Thomsonstraat verschaft de DSO agent real time de benodigde informatie over de beschikbare flexibiliteit bij de bewoners.

Zeer regelmatig wordt gemeten hoe zwaar de transformator wordt belast. Deze metingen worden gebruikt om de daadwerkelijke belasting op de kabel in de Thomsonstraat te vergelijken met het ideale profiel van de straat. De agent, die de extra belasting aan ziet komen, zal vroegtijdig proberen dit verschil te verkleinen door met prijsprikkels genoeg flexibiliteit tot zijn beschikking te krijgen. De beschikbare flexibiliteit wordt gebaseerd op de verzamelde biedingen van de andere agenten. Uiteindelijk stuurt de DSO agent een signaal naar de slimme apparaten achter de transformator om hun flexibiliteit te benutten.

De DSO-agent baseert zijn handelingen op gefundeerde prognoses. Voordeel hiervan is dat de agent en netbeheerder meer ruimte krijgen om pieken af te vlakken. Als puur naar de actuele transformatorbelasting gekeken zou worden, kan hij alleen de belasting naar een later tijdstip verschuiven. In PowerMatching City doet zich de unieke situatie voor dat een netbeheerder de piek in zijn netwerk kan voorkomen of op zijn minst vroegtijdig kan afvlakken.

Omdat de netbeheerder voorziet dat de vraag naar energie op een bepaald moment te veel gaat toenemen, kan hij deze vraag gedeeltelijk naar voren halen en zo het net gelijkmatiger belasten.

Alsof de wegbeheerder ruim voordat een file ontstaat, auto's de weg opstuurt die anders in de file terecht zouden komen. Dat laat onverlet dat ongetwijfeld foutieve voorspellingen gedaan zullen worden.

Wat levert dit op voor de bewoners? Op dit moment betaalt een gezin jaarlijks een vast tarief voor het gebruik van het netwerk. In PowerMatching City hangt dit tarief af van het daadwerkelijke gebruik. Als bewoners hun gebruik of levering aanpassen aan de wensen van de netbeheerder dan krijgen ze korting. Doen ze dat niet, dan gaat het tarief omhoog maar nooit meer dan het standaardtarief. Bewoners zijn dus altijd voordeliger uit. Dit is slechts één manier om bewoners te belonen voor het beschikbaar stellen van flexibiliteit, uiteraard zijn er ook andere manieren denkbaar om ze te belonen voor de geboden flexibiliteit door bijvoorbeeld een vaste jaarlijkse vergoeding. In PowerMatching City blijkt de DSO agent op het juiste moment prijsprikkels aan de bewoners te geven om hun gedrag aan te passen. Dat is gunstig voor de netbeheerder die zo de beschikbare flexibiliteit kan benutten en minder hoeft te investeren in het netwerk.



FLEXIBILITEITSPROFIELEN VOOR VRAAGSTURING

De analyse van PowerMatching City is gebaseerd op de gemeten flexibiliteitsprofielen van de apparaten. Maar ook de flexibiliteitsprofielen zelf geven interessante inzichten. Neem het profiel van een microWKK op een doordeweekse dag. Zonder sturing treden twee pieken op in de stroomproductie.

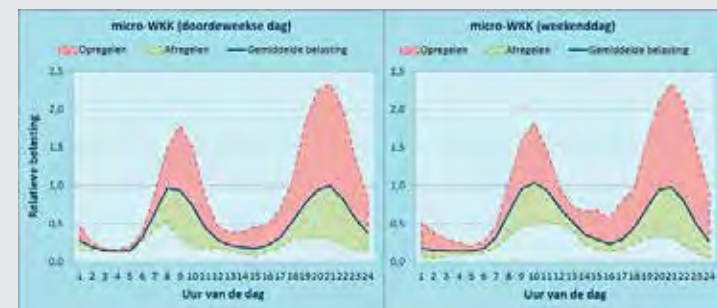
's Ochtends als de verwarming aangaat en 's avonds als de verwarming hoger wordt gezet en meer water wordt gebruikt (blauwe lijn). Het buffervat, dat de productie van stroom en warmte ontkoppelt, biedt flexibiliteit (rode en groene vlakken). Op elk moment kan de microWKK opgeregeld worden om meer stroom (rood) of afgeregeld om minder (groen) stroom te produceren. De extra warmte wordt opgeslagen in het buffervat. Aangezien de warmtevraag van het huishouden in zijn totaliteit niet verandert, hoeft daarom op een later moment minder energie geproduceerd te worden. Omdat de warmtevraag gelijk blijft, is het opervlak onder een profiel ook altijd constant (en even groot als die onder de blauwe lijn); de ruimte tussen groen en rood geeft een maat voor de speelruimte, de flexibiliteit.

Warmtepompen en elektrisch auto's nemen stroom af. Voor deze apparaten betekent opregelen een extra afname (groen) en afregelen minder afname (rood). Zo laat de curve van het opladen van een elektrische auto zien dat, zonder sturing, de auto na werktijd bij thuiskomst direct wordt opgeladen (blauw). Door het opladen uit te stellen, neemt de auto minder of geen stroom af (rood). Later, op een gunstiger moment, kan de auto om op te laden wel stroom afnemen (groen). Overdag is minder flexibiliteit beschikbaar omdat de auto's dan niet thuis staan.

Opvallend is dat er in de praktijk veel meer flexibiliteit aanwezig blijkt te zijn dan op grond van eerdere studies was verwacht.

In deze studies⁴ werd uitgegaan van een flexibiliteitsband van 5% rondom het energieprofiel. In Power-Matching City is de speelruimte beduidend groter. Elk apparaat biedt een flexibiliteit van rond de 1kW per apparaat. Afhankelijk van het aantal apparaten in huis, betekent dit voor heel Nederland een flexibel vermogen tussen de 300 en 6000 MW.

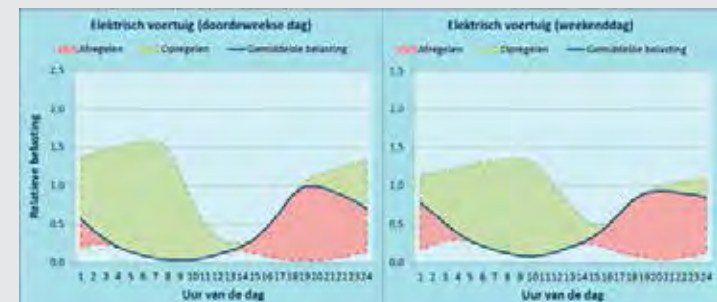
⁴ CE-Delft and KEMA, "Maatschappelijke Kosten en Baten van Intelligente Netten [in Dutch] (The Social Costs and Benefits of Smart Grids)", Delft, 2012.



Flexibiliteitsprofiel voor micro-WKK op basis van PMC II data



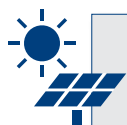
Flexibiliteitsprofiel voor warmtepompen op basis van PMC II data



Flexibiliteitsprofiel voor elektrische voertuigen op basis van analyse van mobiliteitsdata

DE SLIMME ENERGIETECHNOLOGIE: SMART BY DESIGN

De woningen in PowerMatching City zijn voorzien van allerlei apparatuur om het slimme energiesysteem op te bouwen. De juiste combinatie van technologieën, de juiste keuze tussen gas, elektriciteit en warmte, en het gebruik van het huidige gas- en elektriciteitsnet, maken PowerMatching City 'smart by design'.



Alle bewoners van PowerMatching City hebben zonnepanelen, die zonlicht omzetten in elektriciteit. Ze hebben gemiddeld een vermogen van 1400 Wp per woning. De energie wordt optimaal binnen de wijk gebruikt. Omdat de zon alleen overdag schijnt is een combinatie met andere energiebronnen en opslag van overtollige zonne-energie noodzakelijk om in de energiebehoefte te voorzien en flexibiliteit te creëren.



Sommige bewoners in PowerMatching City beschikken over een microWKK die aan een warmwatervat is gekoppeld. Een microwarmtekraftkoppeling is een gastoestel dat naast warmte ook elektriciteit opwekt. Als het apparaat aanstaat, produceert hij ongeveer 1 kW aan elektriciteit. Deze microWKK produceert stroom op verzoek. De warmte kan op een later tijdstip worden gebruikt voor woningverwarming of warm water. Dit zorgt voor flexibiliteit.



Bij andere bewoners is het warmwatervat aan een warmtepomp gekoppeld. Een warmtepomp haalt warmte uit de buitenlucht en gebruikt dit om de woning te verwarmen, als een soort omgekeerde koelkast. Dit gaat erg efficiënt: er is slechts 1 kW elektrisch vermogen nodig om ongeveer 4 kW aan warmte terug te krijgen. Net als bij de microWKK dient het warmwatervat om elektrisch verbruik los te koppelen van warmte. Dit creëert flexibiliteit in het systeem.



Alle bewoners van PowerMatching City hebben een slimme wasmachine. Op de wasmachine stellen ze de eindtijd in. De PowerMatcher stuurt het wasprogramma zodanig dat optimaal gebruik wordt gemaakt van goedkope dan wel duurzame energie. Een was kost ongeveer 1 kWh aan stroom. De verschuiving in tijd levert flexibiliteit.



Alle woningen in PowerMatching City hebben een slimme meter, de bron voor inzicht in het energieverbruik. De meter meet real time de standen van gas en elektriciteit en stuurt ze via de P1 poort door aan het centrale systeem. Zo kunnen in PowerMatching City voortdurend vraag en aanbod van de hele wijk op elkaar worden afgestemd.



De deelnemers hebben een tablet gekregen met daarop de energiemonitor. Op de energiemonitor worden alle energiestromen in het huis getoond en zijn overzichten van eerder verbruik te zien. Ook kunnen ze hiermee de thermostaat bedienen. Tot slot geeft de monitor een indicatie wanneer het gunstig is om energie te gebruiken voor de vaatwasser, droger of stofzuiger. Centraal in de wijk staat een wijkmonitor. Hierop is te zien wat het energieverbruik en de energieproductie van de hele wijk is.



In de Thomsonstraat staat een slimme transformator. De belasting van deze wijktransformator wordt in de gaten gehouden. Als de transformator te zwaar wordt belast, grijpt de PowerMatcher in en regelt dat de belasting omlaag gaat. Dankzij de slimme transformator hoeft het net in de wijk minder capaciteit te hebben dan in een traditionele wijk.



Enkele woningen in PowerMatching City zijn voorzien van een PowerRouter. De PowerRouter van Nedap combineert lokaal opgewekte energie met slimme batterijopslag. De PowerRouter regelt dat overtollige elektriciteit uit microWKK of zonnepaneel opgeslagen wordt om later weer te gebruiken om een auto op te laden: een optimaal gebruik van groene energie.



In de PowerMatching City rijden elektrische scooters rond die slim worden opgeladen met duurzaam opgewekte energie. De scooters zijn voorzien van een ingebouwde PowerMatcher. NXP heeft deze ingebouwde versie speciaal voor PowerMatching City ontwikkeld. Alle benodigde technologie zit in een enkele chip. In principe kan op die manier elk apparaat slim meedoen.



DE BASIS VOOR INTELLIGENTIE

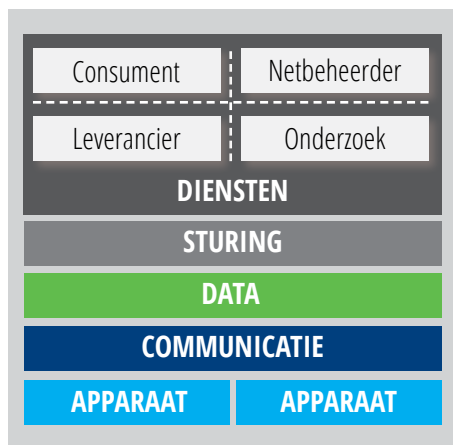
Achter het fysieke bouwwerk van PowerMatching City gaat een hele intelligente architectuur schuil. Deze IT-architectuur bestaat uit een aantal lagen.

Apparaten

PowerMatching City heeft ervaring opgedaan met de aansturing van apparaten die niet ontworpen zijn om op vraag te sturen. Soms was het nodig het besturingssysteem van het apparaat aan te passen. In de slimme energiewereld is de beschikbaarheid van apparaten die geschikt zijn voor vraagsturing noodzakelijk. Het is daarom van uitermate groot belang dat de energiesector en daarin actieve kennisinstellingen, de fabrikanten van apparaten meenemen in deze ontwikkeling en aangeven wat de behoeften en eisen zijn voor het geschikt maken van apparaten voor vraagsturing.

Communicatie

Aanvankelijk speelden de kosten voor de communicatieverbindingen in PowerMatching City een ondergeschikte rol. Er waren aparte ADSL-verbindingen en er hingen complete PC's in de meterkast. Om de kosten voor de verbinding (cost-to-connect) en de diensten (cost-to-serve) laag te houden, zijn deze verbindingen later ingeruild voor de bestaande internetverbinding van de bewoners en zijn de PC's vervangen door goedkopere ingebouwde elektronica.



Data

PowerMatching City is gebaseerd op innovatieve cloud technologie. Dit komt de schaalbaarheid, onderhoudbaarheid, betrouwbaarheid en beveiliging ten goede. Daarnaast is ze relatief goedkoop en verlaagt zo direct de kosten van de energiediensten. Omdat een groot deel van de besturing al eerder was gerealiseerd, zijn de aanpassingen tot een minimum beperkt en als Infrastructure-as-a-Service (IaaS) ingericht. Dit bespaart op kosten maar levert niet alle voordelen van cloud-technologie. Het alternatief, Platform-as-a-Service (PaaS), is beter omdat de cloud-aanbieder dan ook de verantwoordelijkheid neemt voor onderhoud, betrouwbaarheid en schaalbaarheid. In het toekomstige PowerMatching City zal dan ook het maximale uit de cloud worden gehaald.

Sturing

De PowerMatcher staat aan de basis voor de sturing. De speciale agenten zoals de agenten voor de apparaten, handelsagent en de netbeheerders agent beschikken echter ook over veel kennis. Soms zijn de belangen van deze agenten tegengesteld zodat het niet altijd gemakkelijk is ze te combineren: een 'prisoner's dilemma'. De PowerMatcher blijkt vraag en aanbod prima te kunnen sturen al verdient het aanbeveling om IT architectuur onafhankelijk te maken van één algoritme. De PowerMatcher kan dan als een plug-in worden toegepast, naast alternatieve plug-ins.

Diensten

Bewoners kunnen kiezen uit de diensten 'samen aangenaam duurzaam' en 'slim kosten besparen'. Dat gaat technisch gezien niet alleen om de user interface maar ook om de set van onderliggende IT processen die specifiek zijn voor de dienst, zoals de administratie van certificaten en een community service die de energiebalans van alle huishoudens in de gaten houdt. De netbeheerder kan gebruik maken van de dienst 'capaciteitsmanagement'. Deze dienst stuurt op basis van de maximale belasting van de wijktransformator de PowerMatcher agent aan. Voor de leverancier is het kunnen handelen in flexibiliteit op de handelsvloer dankzij de slimme meter allocatie de belangrijkste dienst. Tot slot zijn er diensten voor het beheer en onderhoud van het systeem en voor onderzoekers om meetdata uit de database te kunnen halen.

COST-TO-CONNECT

Alle kosten om de apparatuur bij de consument te ontsluiten. Zowel eenmalige als periodieke kosten. Denk aan home gateways, internet verbindingen, etc.

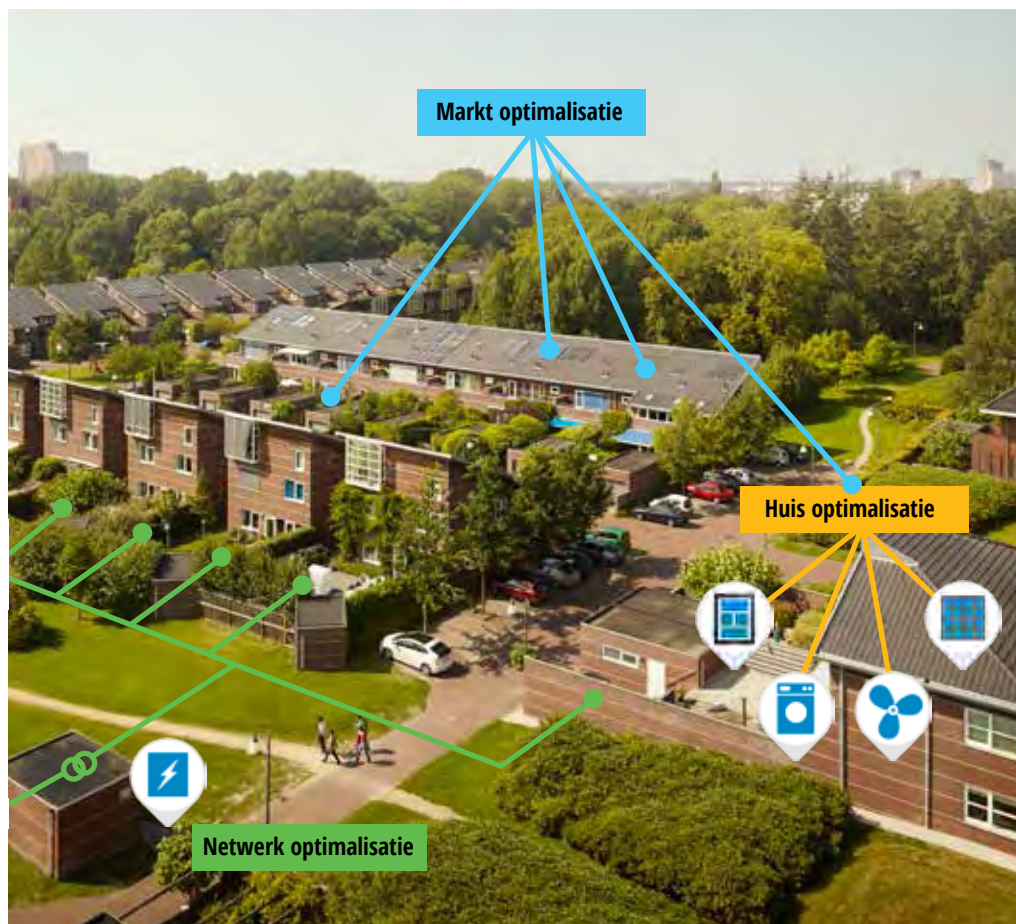
COST-TO-SERVICE

Alle kosten om een dienst in de lucht te houden. Denk aan cloud abonnementen, onderhoudskosten, data opslag, etc.



PRISONER'S DILEMMA

De apparaten in PowerMatching City leveren flexibiliteit. Zowel de bewoners als de netbeheerder als de leverancier/programma verantwoordelijke kan hier baat bij hebben. Flexibiliteit is geld waard. De cruciale vraag daarbij is hoe de opbrengsten over de verschillende belanghebbenden verdeeld kunnen worden.



De agenten van de PowerMatcher behartigen de belangen van bewoners, netbeheerder en leveranciers. Deze drie agenten werken elk op hun eigen niveau en communiceren niet met elkaar. Zo stemmen de netbeheerder en programma verantwoordelijke hun behoefte aan flexibiliteit niet af. In PowerMatching City is de afweging tussen de verschillende belangen vrij arbitrair. Elke agent heeft een bepaalde mate van flexibiliteit toegewezen gekregen. Hoewel het principe werkt, is het lastig met cijfers aan te tonen dat het systeem in zijn geheel goed functioneert. Vaak blijkt dat een partij alle flexibiliteit nodig heeft maar slechts zijn eigen deel kan aanspreken of blijkt dat alle partijen gelijktijdig alle flexibiliteit nodig hebben.

Om tot een eerlijke verdeling van de flexibiliteit te komen, is een objectieve waardebeoordeling nodig. Bijvoorbeeld door de echte waarde van flexibiliteit uit te drukken in euro's per kW. Daarbij moeten ook de risico's worden meegewogen. Vanuit PowerMatching City bevelen we aan dat één marktpartij verantwoordelijk is voor de verdeling van de flexibiliteit. In PowerMatching City heeft de leverancier deze rol op zich genomen door alle benodigde gegevens te verzamelen. De agent van de leverancier blijkt goed in staat om voorspellingen over de markt en de energievraag om te zetten in een geoptimaliseerd profiel en deze ook gedurende de dag te volgen.

Eén marktpartij is verantwoordelijk voor de verdeling van de flexibiliteit.



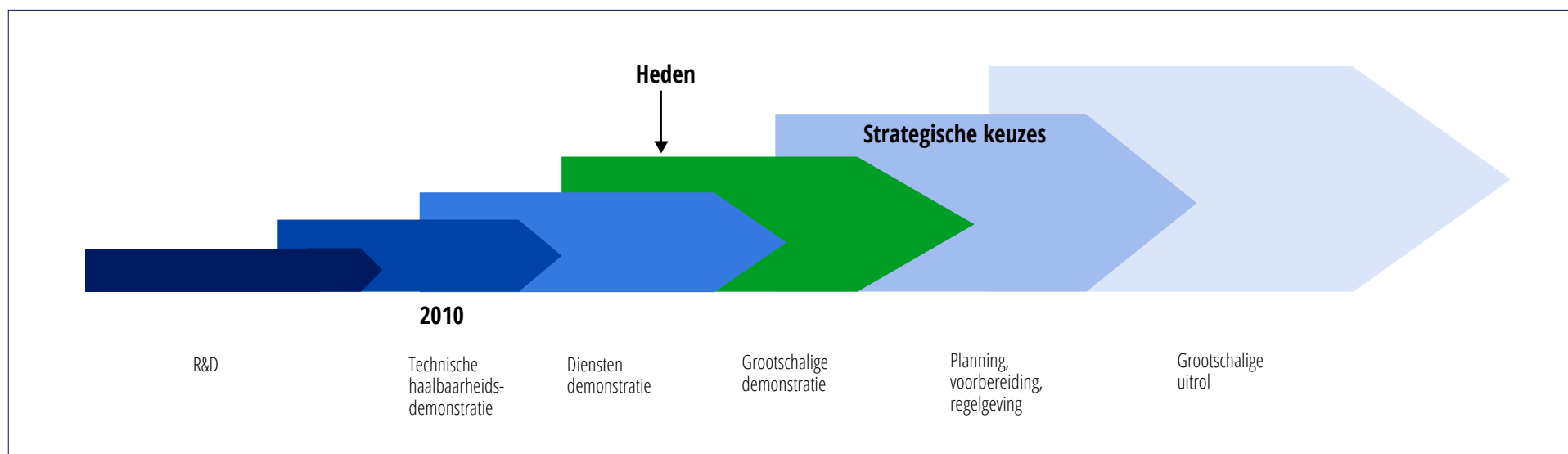
DE VOLGENDE STAP

Voor velen is de vraag niet langer of het wijs is om slimme energiesystemen in te voeren, maar veel meer hoe we dit kunnen realiseren.

In PowerMatching City is aangetoond dat:

- Slimme energiesystemen technisch haalbaar zijn
- Flexibiliteit van economische waarde is voor de BV Nederland
- Energiediensten mogelijk zijn die nauw aansluiten bij de behoefte van consumenten
- Marktbarrières die het te gelde maken van de flexibiliteit belemmeren, tegen lage kosten kunnen worden opgeheven

Daarmee dringt zich de vraag op wat de volgende stappen moeten zijn om op grote schaal slimme energiesystemen te kunnen realiseren. Op hoofdlijnen zien die stappen er als volgt uit:



Ontwikkelp proces smart grids



Voor grootschalige introductie moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan:

Acceptabele verdeling van de waarde van flexibiliteit

De business case moet voor alle belanghebbenden positief uitpakken. Geen van hen zal accepteren om een aandeel van de kosten voor zijn rekening te moeten nemen zonder daar een evenredig deel van de opbrengsten voor terug te krijgen.

Reductie van risico's

De schaalgrootte van de slimme energiediensten is momenteel onvoldoende. Zowel de technologie als het achterliggende economische model zijn nog te onvolwassen om de risico's bij opschaling naar Europees niveau voldoende te kunnen beheersen.

Schaalgrootte

Voor een positieve business case is het noodzakelijk dat de cost-to-serve en cost-to-connect significant dalen. Dit is mogelijk door een oplossing te kiezen die op Europese schaal inzetbaar is. Dit betekent de ontwikkeling van:

- Een gestandaardiseerd raamwerk waarbinnen deze systemen gerealiseerd worden.
- Gestandaardiseerde interfaces en protocollen die passen binnen dit raamwerk.

Strategische beleidskeuzes

Om het gewenste reguleringsregime in de Europese lidstaten te realiseren, moeten op Europees niveau beleidskeuzes gemaakt worden. Cruciaal in dit proces is het verschaffen van dusdanig heldere tijdslijnen dat de investeringsrisico's voor de energiesector en de toeleverende industrie beheersbaar blijven en de kans op desinvesteringen minimaal wordt.

Momenteel zien we in het zakelijke segment in verschillende Europese lidstaten de eerste concrete aggregatormarkten voor vraagsturing ontstaan. Dat toont aan dat flexibiliteit daadwerkelijk van waarde is voor de Europese energiemarkt. Mondiaal zijn vergelijkbare ontwikkelingen waar te nemen.

Tegelijkertijd komen een aantal grootschalige demonstratieprojecten van de grond. De omvang en dus ook de kosten van deze slimme energieprojecten zijn dusdanig hoog dat het noodzakelijk is de waarde van flexibiliteit te kunnen benutten. Hiervoor moeten dus (tijdelijke) marktcondities gecreëerd worden om baten en lasten met elkaar in balans te brengen. Een dergelijke opschaling leidt ertoe dat de producten, diensten en oplossingen die in PowerMatching City een succes zijn in een positieve business case uitmonden met een acceptabel risico voor alle belanghebbenden.

CONSORTIUMPARTNERS:



ONDERZOEKSPARTNERS:



CONTACT DETAILS

DNV GL
Utrechtseweg 310, 6812 AR Arnhem
Postbus 9035, 6800 ET Arnhem
Nederland
T +31 26 356 9111
F +31 26 443 4025
Email: contact.energy@dnvgl.com
www.dnvgl.com
Handelsregisternummer KvK 09080262

PowerMatching City II is mede mogelijk gemaakt door subsidie uit het innovatie programma intelligente netten (IPIN) van het Ministerie van Economische Zaken.

© KEMA Nederland B.V./April 2015/Alle rechten voorbehouden.