

Openbaar eindrapport FlexiForFuture

Penvoerder: Rijksuniversiteit Groningen
Medeaanvragers: Westland Infra, Gasunie, Rooftop Energy, Hanzehogeschool Groningen
Project periode: 01-03-2015 tot 28-02-2018
Projectnummer: TES0114016

1 Samenvatting

Uitgangspunten

Achtergrond en grenzen aan het huidige energiesysteem

Naar mate het geïnstalleerd vermogen aan duurzame decentrale productiecapaciteit groter wordt, zal de discrepantie tussen vraag en aanbod verder toenemen en het balanceringsprobleem vergroten. Het huidige energiesysteem loopt echter nu al tegen zijn (fysieke) grenzen aan, wat de effectieve inzet van duurzame energieproductiecapaciteit beperkt. De eerste tekenen zijn daar al van te zien. In België blijkt door decentrale energieproductie onduidelijkheid over verantwoordelijkheden voor de continuïteit van energievoorziening. In Duitsland leiden de klassieke energiecentrales zwaar verlies en zijn in tijden van extreme onbalans in vraag en aanbod negatieve energieprijzen ontstaan. In Nederland bestaat er voortdurend debat over rollen en verantwoordelijkheden bij decentrale opwekking van bijvoorbeeld biogas. Daarnaast wordt duurzaam opgewekte warmte bijvoorbeeld weggegooid omdat de juiste infrastructuur niet aanwezig is om effectief te balanceren en wordt bestaande infrastructuur niet optimaal benut. Daarnaast begint op sommige locaties distributiecapaciteit te knellen in tijden van hoge zonnestroom productie en dreigen congesties te ontstaan. Dit laat zien dat het huidige energiebestel niet goed meer functioneert met de opkomst van deze nieuwe vormen van duurzame decentrale energieproductie. De leveringszekerheid, veiligheid, duurzaamheid en betaalbaarheid kunnen hierbij in het geding komen.

Probleemstelling

De balanceringsproblematiek kan worden verholpen door het inbedden van flexibiliteit in het energiesysteem. Flexibiliteit kan middels verschillende vormen en technieken in het energiesysteem geïntegreerd worden. Te denken valt aan opslag van energie, flexibele opwekking door bijv. gascentrales, vraagsturing van energie, en conversie van energie door het verbinden van energievormen (elektriciteit, gas, warmte).

Het inbedden van deze vormen van flexibiliteit vereist dat er investeringen moeten worden gedaan door partijen die een rol spelen in het energiesysteem. Deze noodzakelijke investeringen in flexibiliteit vinden echter nog beperkt en onvoldoende plaats. De huidige inrichting van het energiesysteem biedt hierin onvoldoende steun en werkt op veel vlakken zelfs tegen. Bestaande juridische kaders verbieden het bijvoorbeeld dat bedrijven die zich met infrastructuur bezighouden (bijvoorbeeld de netwerkbedrijven die energie transporteren) op enigerwijze effect kunnen uitoefenen op de commodity pricing en daarmee in aanraking komen met de handel van energie. Naast dit probleem van regelgeving is er ook een probleem van het businessmodel rondom investeringen in flexibiliteit. De markt voor flexibiliteit ontwikkelt zich mede niet omdat er contraproductieve prikkels in het systeem zitten. Het is hierdoor bij een investering in flexibiliteit nog vaak onduidelijk of, en in welke mate, de baten van die investering terecht komen bij de partij die investeert. Hierdoor worden leveranciers van flexibiliteit niet beloond en hoeven consumenten van flexibiliteit niet te betalen. Een duidelijk voorbeeld hiervan zijn investeringen in opslag. Het is onduidelijk wie deze investeringen het beste op zich kan nemen en hoe deze investeringen vervolgens terugverdiend kunnen worden. De voordelen van flexibiliteit komen echter terecht bij alle stakeholders in het energiesysteem. Het heeft voordelen voor marktpartijen omdat markten beter gaan functioneren en dit de handel bevordert, maar ook voor de eigenaren van de infrastructuur omdat assets beter benut worden. Daardoor zijn investeringen in flexibiliteit ook gunstig voor de consument omdat dit kan resulteren in een goedkopere energieprijis en uiteindelijk ook voor de maatschappij, door beperking van de CO₂-emissies en een betrouwbare energievoorziening.

Het blijkt dus binnen de huidige inrichting van de markt en de daaraan verbonden juridische kaders niet goed mogelijk om het gebruik van flexibiliteit te waarderen en vervolgens ook tot prijsvorming te komen op een zodanige manier dat investeringen worden gedekt voor de verstrekkers van deze flexibiliteit. Dit wordt mede veroorzaakt door een gebrek aan kennis betreffende flexibiliteit in het energiesysteem en de manier hoe dit op een effectieve en rendabele manier geïntegreerd kan worden.

Kernvragen van het probleem

Kernvragen zijn daarom hoe verschillende vormen van flexibiliteit (opslag, conversie, demand management) ingezet kunnen worden, hoe deze vormen zich verhouden tot elkaar en hoe flexibiliteit op een generieke manier kan worden uitgedrukt in meetbare eenheden en verhandeld worden als een commodity tussen verschillende partijen. Maar ook welke partijen betrokken dienen te zijn bij deze handel en welke nieuwe rollen zij op zich dienen te nemen, wat zijn bijbehorende diensten en hoe die op een efficiënte manier ingericht kunnen worden.

In de kern komt het er dus voor op neer hoe al die vormen van flexibiliteit, die gezien kunnen worden als subsystemen, geïntegreerd kunnen worden tot één energiesysteem waarin de samenhang en interacties tussen die subsystemen een essentiële rol spelen. Een belangrijk onderdeel van dergelijke investeringen in flexibiliteit zijn de, op IT gebaseerde, bijbehorende nieuwe diensten. De voordelen van investeringen in flexibiliteit kunnen pas tot uiting komen wanneer deze ondersteund worden door een stelsel van op informatietechnologie gebaseerde diensten. Die informatiediensten maken bijvoorbeeld zichtbaar waar uitstel van vraag of aanbod mogelijk is en hoe flexibiliteit op een rendabele manier in de markt gezet kan worden voor de partij die investeert in een bepaalde vorm van flexibiliteit.

Doelstellingen

Dit project had als doelstelling om een theorie van flexibiliteit in het energiesysteem te ontwikkelen. Deze theorie moet duidelijk maken hoe de vraag naar flexibiliteit over verschillende dimensies en parameters *gekwantificeerd* kan worden en hoe verschillende technieken (bijv. opslag en vraagsturing) die flexibiliteit kunnen bieden. Met deze theorie moet het mogelijk worden om flexibiliteit te kwantificeren en daarmee uitwisselbaar en verhandelbaar te maken zodat het op een integrale manier in het energiesysteem toegepast kan worden.

Tevens zal een *flexibiliteitsdienstenmodel* ontwikkeld worden waarin een samenhangende set van diensten rondom verschillende vormen en technieken van flexibiliteit zijn geformuleerd. Dit moet het mogelijk maken om deze verschillende vormen van flexibiliteit op een effectieve en rendabele manier in het energiesysteem van de toekomst te implementeren. Het is hierbij het doel dat de flexibiliteitstheorie en ontwikkelde diensten direct bijdragen aan de systeemintegratie van verschillende vormen en technieken van flexibiliteit in het energiesysteem. Uiteindelijk zal de in het project ontwikkelde kennis worden gedemonstreerd in een fysieke testomgeving.

2 Resultaten

2.1 Behaalde resultaten

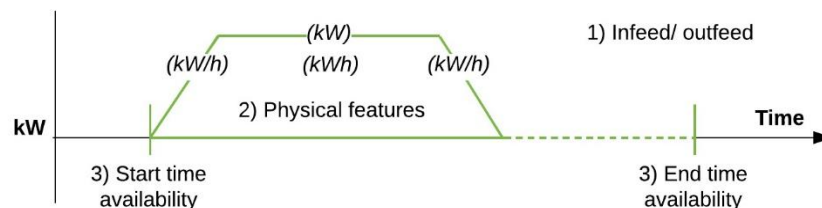
Het onderzoeksproject heeft geleid tot de volgende resultaten.

1. Theorie van flexibiliteit: verhandelbare flexibiliteitseenheden

In dit project is een theorie van flexibiliteit ontwikkeld. Flexibiliteit is geconceptualiseerd en geoperationaliseerd in zogenaamde *Flex-packages* (Figuur 1). Deze *Flex-packages* beschrijven de beschikbare flexibiliteit in meetbare eenheden (Tabel 1) die relevant zijn voor de handel in flexibiliteit (flexibiliteitsvorm, fysische eigenschappen, beschikbare tijd en locatie). Hiermee kan flexibiliteit verhandeld worden als een gestandaardiseerd 'goed' tussen verschillende partijen via bijbehorende diensten. Deze operationalisering van flexibiliteit is generiek opgezet en daardoor van toepassing op alle bronnen van flexibiliteit (opslag, DSM, SSM, conversie). Dit maakt het daardoor mogelijk om verschillende bronnen van flexibiliteit met elkaar te vergelijken en te aggregeren en toe te passen op alle soorten flexibiliteitsdiensten. Om de handel en interactie in termen van flexibiliteit te bevorderen is naast het aanbod van flexibiliteit, de vraag naar flexibiliteit in dezelfde termen beschreven.

Dimensies van flexibiliteit	
1) <u>Flexibiliteitsvorm</u>	- Infeed flexibiliteit of Outfeed flexibiliteit
2) <u>Fysische eigenschappen</u>	- Power provision capability (kW) - Ramp-rate capability (kW/h) - Energy provision capability (kWh)
3) <u>Beschikbare tijd</u>	- Starttijd beschikbaarheid - Eindtijd beschikbaarheid
4) <u>Locatie</u>	- De fysieke locatie in het net

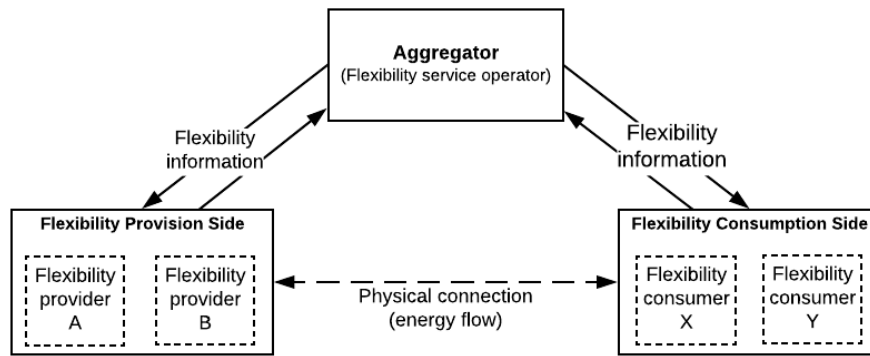
Tabel 1: Dimensies van flexibiliteit



Figuur 1: Visualisatie van een flex-package als een meetbare en verhandelbare eenheid

2. Theorie van flexibiliteitsdiensten: rollen en interacties

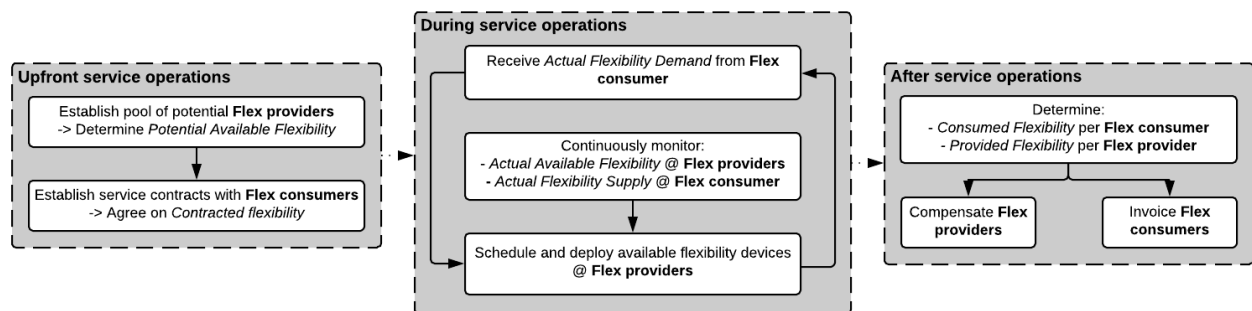
Naast een theorie van flexibiliteit is er ook een theorie van flexibiliteitsdiensten ontwikkeld. Deze theorie beschrijft de business context waarin flexibiliteit (zoals hierboven beschreven) wordt verhandeld tussen verschillende partijen. In deze theorie worden de verschillende rollen (flexibility supplier, flexibility aggregator en flexibility consumer) gedefinieerd die betrokken zijn bij deze handel en de onderlinge interacties beschreven. In deze theorie wordt de Aggregator beschreven als een 'platform operator' die flexibility suppliers met flexibility consumers verbindt.



Figuur 2: Visualisatie van de primaire rollen in flexibility service systems, waarbij de Aggregator als een platform operator fungeert

3. Flexibiliteitsmanagementproces Aggregators

Vanuit bovenstaand perspectief, waarin de aggregator als een *platform operator* fungeert wordt vervolgens ingegaan op de verschillende activiteiten van een Aggregator in het managen van flexibiliteit gedurende de verschillende fases van het servicemanagementproces (upfront service operations, during service operations en after service operations). Hierbij worden inzichten gegeven in de verschillende flexibiliteitsconcepten die aggregators nodig hebben in het managen van flexibiliteit en het aanbieden van flexibiliteitsdiensten.



Figuur 3: Flexibiliteitsmanagementproces van een Aggregator

2.2 Perspectief voor toepassing

Ondanks dat er de afgelopen jaren steeds meer partijen op de markt zijn gekomen die flexibiliteitsdiensten aanbieden, ontwikkelt de markt zich nog niet heel snel. Potentiele afnemers van flexibiliteit zijn nog erg terughoudend om echt te vertrouwen op nieuwe flexibiliteitsdiensten en stellen hoge eisen met betrekking tot de beschikbaarheid en de potentiële hoeveelheden die geleverd kunnen worden. Voor flexibility serviceproviders (bijv. Aggregators) is het daarom belangrijk om garanties van beschikbaarheid te bieden, en de service on-demand kunnen leveren. Dit dient daarom ook opgenomen te worden in het service ontwerp en de uiteindelijke levering. Het is voor Aggregators daarbij van belang om toegang te hebben tot voldoende bronnen van flexibiliteit. Het blijkt in de praktijk echter nog vaak een zoektocht te zijn naar economisch rendabele bronnen van flexibiliteit omdat de marges veelal nog klein zijn. Veel potentiële bronnen zijn hierbij nog niet goed onderzocht en blijven daarom nog onderbenut. Een ander lastig aspect voor Aggregators blijkt vaak de diversiteit aan betrokken partijen die allemaal hun eigen specifieke service eisen hebben. Dit geldt voor zowel partijen in de (potentiele) aanbod kant van flexibiliteit als in de (potentiele) vraag kant van flexibiliteit. Om met deze diversiteit om te kunnen gaan dienen Aggregators een goed opgezette service architectuur te hebben, waarin diversiteit op een effectieve manier geboden kan worden.

Onderzoek naar flexibiliteit in het energiesysteem is de laatste jaren, zowel binnen als buiten Nederland, enorm toegenomen. De meeste aandacht is echter altijd uitgegaan naar de (IT) technische aspecten van flexibiliteit, bijvoorbeeld in het ontwikkelen van smart grids, energy

managementsystemen of specifieke hardware zoals opslag of conversie (bijvoorbeeld P2G). Onderzoek naar bedrijfskundige aspecten van flexibiliteit zijn daarin echter altijd relatief beperkt geweest. Onderzoek naar bedrijfskundige aspecten kan echter een oplossing bieden voor bovengenoemde uitdagingen met betrekking tot flexibiliteitsdiensten. De resultaten van dit onderzoeksproject zijn daarbij dan ook een eerste aanzet van zowel fundamenteel als toegepaste bedrijfskundige kennis over flexibiliteit en flexibiliteitsdiensten, wat ook de bedoeling was bij aanvang van dit project. De ontwikkelde conceptualisatie en operationalisering van flexibiliteit is goed toepasbaar in een service context waar flexibiliteit verhandeld wordt tussen verschillende partijen via diensten. De conceptualisatie en operationalisering het van flexibiliteitsconcept kan gebruikt worden om zowel vraag als aanbod van flexibiliteit in precieze termen te beschrijven en daardoor te 'verhandelen' als een meetbaar goed. Door de generieke opzet is het van toepassing op alle bronnen van flexibiliteit (opslag, demand side management, supply side management en conversie), waardoor deze verschillende bronnen ook met elkaar vergeleken kunnen worden. Deze conceptualisatie van flexibiliteit als verhandelbaar goed kan daarbij als blauwdruk gelden voor een universele benaming van flexibiliteit. Dit kan interactie en communicatie met betrekking tot flexibiliteit tussen verschillende partijen vereenvoudigen en vervolgens de handel in flexibiliteit bevorderen. Deze kennis kan onmiddellijk worden gebruikt door aanbieders van flexibiliteitsdiensten (bijv. aggregators), die zó markten voor flexibiliteit kunnen ontwikkelen.

Daarnaast heeft deze generiek toepasbare, maar ook precieze, beschrijving van flexibiliteit verschillende praktische toepassingen die van nut zijn in het aanbieden en managen van flexibiliteitsdiensten. Een aggregator kan dit bijvoorbeeld gebruiken bij het analyseren en afstemmen van zowel de vraag als aanbod kant van flexibiliteit. Aangezien de marges op flexibiliteit (nog) klein zijn is het belangrijk om een netwerk van flexibility suppliers te hebben dat goed aansluit bij de behoefte van de flexibiliteitsafnemers. Dat wil zeggen dat de potentiële pool van flexibility suppliers niet te groot moet zijn (aangezien dit resulteert in onnodige kosten voor de Aggregator), maar uiteraard ook niet te klein aangezien verplichtingen m.b.t. levering dan niet nagekomen kunnen worden. Naast dit aspect van *Netwerkmanagement* kan de conceptualisatie van flexibiliteit op operationeel vlak ook gebruikt worden voor het inplannen en inzetten van de beschikbare flexibiliteitsbronnen (capaciteitsmanagement) en voor het contracteren, beprijzen en factureren van flexibiliteit. Hierbij kunnen de verschillende dimensies van flexibiliteit (flexibiliteitsvorm, fysische eigenschappen zoals kW, kWh & kW/h, beschikbare tijd en locatie) belangrijke pricing parameters zijn.

3 Bijdrage doelstellingen van de regeling

Het onderhavige project, FlexiForFuture, is met name betrokken op de derde hoofdlijn, *Keteninteracties*, van de doelstelling van het *Programma Systeemintegratie*, zoals beschreven voor aanvang van het project. Het FlexiForFuture project richt zich op een probleem dat zich voordoet op elke schaal van een energiesysteem, namelijk op het mobiliseren van de flexibiliteit die in het systeem aanwezig is of op het scheppen van de benodigde flexibiliteit, om het systeem in balans te houden of om congestie te vermijden. Onderzoek naar flexibiliteit in het energiesysteem is de laatste jaren, zowel binnen als buiten Nederland, enorm toegenomen. De meeste aandacht is echter altijd uitgegaan naar de (IT) technische aspecten van flexibiliteit, bijvoorbeeld in het ontwikkelen van smart grids, energy managementsystemen of specifieke hardware zoals opslag of conversie (bijvoorbeeld P2G). Onderzoek naar bedrijfskundige aspecten van flexibiliteit zijn daarin echter altijd relatief beperkt geweest. Nu de technologie rondom flexibiliteit zich in een dusdanig gevorderd stadium bevindt dat dit geïmplementeerd kan worden in de praktijk kan onderzoek naar bedrijfskundige aspecten een oplossing bieden voor de huidige uitdagingen met betrekking tot flexibiliteitsdiensten. De resultaten van dit onderzoeksproject zijn daarbij dan ook een eerste aanzet van zowel fundamenteel als toegepaste bedrijfskundige kennis over flexibiliteit en flexibiliteitsdiensten, wat ook de bedoeling was bij aanvang van dit project.

De energietransitie gaat onvermijdelijk gepaard met handel in energie, op kleine of op grote schaal. Markten waar energie wordt verhandeld vragen om ook om handel in flexibiliteit. Er zullen op elk niveau markten ontstaan om deze handel te faciliteren. Dit zal soms gebeuren op kleine schaal, een wijk of een dorp, maar het zal ook gebeuren op grote schaal, zoals een land als Nederland¹. Het streven naar lokale autonomie, dat men in veel kringen ontmoet, kan niet zonder de introductie van dergelijke lokale energiemarkten en de daarbij behorende flexibiliteit en flexibiliteitsmarkten en diensten. Zonder een uitspraak te doen over de zin van het streven naar lokale autonomie kan worden gesteld, dat op allerlei niveaus markten zullen ontstaan van elektriciteit en andere vormen van energie. Al deze markten, en de bijbehorende interactie/conversie tussen vormen van energie, functioneren beter wanneer men een gemeenschappelijk concept van flexibiliteit hanteert. Dit project levert daarvoor de grondslag en draagt daarbij direct bij aan de doelstelling van het programma systeemintegratie.

Die markten ontstaan echter niet vanzelf. Er zullen partijen nodig zijn, om zulke markten tot ontwikkeling te brengen, en op deze wijze de beschikbare flexibiliteit te mobiliseren. Zulke partijen worden soms Aggregators genoemd². Hoewel de huidige partijen wel het begrip 'flexibiliteit' in hun taalgebruik hanteren, is het begrip als zodanig niet voldoende scherp om er op een efficiënte manier mee te kunnen handelen. In dit project is het begrip flexibiliteit zodanig aangescherpt, dat flexibiliteit zelf als een verhandelbaar goed vorm kan krijgen. Bovendien is onderzocht, hoe dienstverlening rondom flexibiliteit gestalte kan krijgen als een dienst die 'op afroep' beschikbaar is.

Natuurlijk bestaan ook op dit moment reeds diensten die als flexibiliteitsdiensten kunnen worden aangemerkt, maar een generieke beschrijving vanuit bedrijfskundig perspectief bestaat nog niet. Door de kennisontwikkeling in dit project wordt het mogelijk om handel in flexibiliteit als zodanig op te zetten, hetgeen leidt tot een verbeterd functioneren van markten op elke schaal (lokaal, regionaal, nationaal en internationaal). Bovendien wordt het mogelijk om markten voor flexibiliteit op verschillende schaal met elkaar te verbinden, wat bijvoorbeeld de functie van de *aggregator* is. Voorwaarde voor bovengenoemde ontwikkeling van flexibiliteitsmarkten en flexibiliteitsdiensten is wel, dat de wetgeving m.b.t. transport en handel in energie (en in het bijzonder elektriciteit) wordt verruimd. De huidige wetgeving belemmert het tot stand komen van flexibiliteitsmarkten, doordat sommige partijen zelf geen investeringen mag doen in bijvoorbeeld opslag om daarmee marktwerking te bevorderen.

1 Dat laatste gebeurt al, zoals de markten georganiseerd door Tennet en Gasunie laten zien, maar daarbij zijn steeds bepaalde vormen van flexibiliteit aan de orde. Met ons stelsel van concepten kan men deze vormen onder één noemer brengen.

² Ook dit gebeurt al, bijvoorbeeld door partijen die gebruik maken van de capaciteit van de batterijen van elektrische auto's om flexibiliteit aan te bieden aan Tennet.

4 Spin-off

De volgende aan dit onderzoeksproject gerelateerde mogelijkheden voor spin-off en vervolgactiviteiten worden voorzien.

1. Implementatie van (commerciële) flexibilitiediensten

Gebaseerd op theoretische kennis en ontwikkelde modellen in het Flexi For Future project overwegen wij (commerciële) flexibilitiediensten te implementeren in de praktijk. Mogelijkheden voor dergelijke implementatie zullen de komende maanden onderzocht worden. Wij gaan hiervoor onder andere in gesprek met potentiële afnemers, waarbij wij in de eerste plaats denken aan lokale energie coöperaties en DSOs.

2. Onderwijs

Gebaseerd op de ontwikkelde kennis binnen het Flexi For Future project is een aantal colleges ontwikkeld welke gegeven worden in het vak *Intelligent Information Services* dat onderdeel uitmaakt van het European Master Programme in Sustainable Energy System Management (SESyM). Dit is een Master die aangeboden wordt door de Hanze Hogeschool in samenwerking met de Energy Academy Europe en het EUREC-consortium. Naast een hoorcollege en een aantal ondersteunende werkcolleges voeren de studenten ook een groepsopdracht uit waarin zij zelf een flexibilitiedienst moeten ontwikkelen.

Daarnaast wordt de kennis ook actief gebruikt in een college in het kader van de opleiding *Community-centered Energy Transition*. Dit is een executive course die wordt uitgebracht door de University of Groningen Business School (UGBS).

3. Schrijven van wetenschappelijke publicaties

Gebaseerd op de in dit project ontwikkelde kennis en inzichten m.b.t. flexibilitiediensten zullen nog twee wetenschappelijke papers geschreven worden. Eén publicatie zal gaan over het on-demand aspect van flexibilitiediensten (d.w.z. om als flexibilitiedienst in staat te zijn om op elk gewenst moment, gegarandeerd, flexibilitieit te kunnen leveren). De andere publicatie zal gaan over de modulaire service architectuur van flexibilitiediensten.

4. Schrijven van proefschrift

Gebaseerd op de onderzoeksresultaten, zoals beschreven in dit eindrapport, en de wetenschappelijke publicaties zal een proefschrift worden geschreven. Dit proefschrift geeft uiteindelijk een diepgaand en gedetailleerd inzicht in de in dit project ontwikkelde kennis en inzichten met betrekking tot flexibilitiediensten.

5 Publicaties

Uit het project is (op dit moment) één academische paper voortgekomen met de titel *A business perspective on Energy System Flexibility: conceptualizing flexibility and flexibility services*. Deze paper is ingezonden naar het wetenschappelijke tijdschrift *The Energy Journal*, waar het momenteel onder review is. Wanneer dit artikel gepubliceerd is kan het verkregen worden door contact op te nemen met de in Hoofdstuk 6 aangegeven contactpersoon. Naast dit artikel worden nog twee andere wetenschappelijke artikelen geschreven en een proefschrift, welke ook openbaar verkrijgbaar zullen zijn.

6 Contactinformatie

Exemplaren bestellen

Extra exemplaren van dit document kunnen verkregen worden door contact op te nemen via onderstaand e-mailadres.

Contactpersoon

Voor meer informatie over dit project en de behaalde resultaten kunt u contact opnemen met prof. dr. ir. J.C. (Hans) Wortmann.

- e-mail: j.c.wortmann@rug.nl
- telefoon: 050 36 33438

Informatie m.b.t. subsidieverstrekker

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