Nationaal Actieplan Energieopslag

Energy Storage NL

POWERED BY DUTCH TECHNOLOGY

Inhoudsopgave

Voorwoord 3

1. Managementsamenvatting 4

2. Toekomstige energiemix vereist meer flexibiliteit 6
2.1 Omvang/behoefte aan flexibiliteit 6

3. Unieke rol van opslag te midden van de flexibiliteitsopties 8
3.1 Vormen van flexibiliteit (big four) 8
3.2 Specifieke kenmerken opslag 9

4. Soorten energieopslag en hun toepassingen 11
4.1 Soorten 11
Chemisch 11
Elektrisch 11
Elektrochemisch 11
Mechanisch 11
Thermisch 11
4.2 Plaats en functies van energieopslag 12
Functie van decentrale opslag bij kleinverbruikers (achter de meter) 12
Functie van opslag bij grootverbruikers (achter de meter) 12
Functie van opslag bij distributienetbeheerders 13
Functie van opslag voor transmissienet beheerders 13
Functies van grootschalige centrale opslag 14

5. Energieopslag: multifunctioneel en veelzijdig 15

6. Marktontwikkeling en innovatie 17

7. Markten voor ontsluiting van waarde uit flexibiliteit en opslag 18
7.1 Bestaande markten/ Nederlandse elektriciteitsmarkt 18
Termijnmarkten 19
APX day-ahead markt 19
Intraday markt 19
Kwartierproducten 19
TenneT regelvermogen (secundaire reserve) 20
TenneT primair reservevermogen 20
7.2 Andere en toekomstige markten (huidige aantrekkelijke markten voor opslag) 21
7.3 Nieuwe marktmodellen en nieuwe rollen 22
Prijsprikkel 22
Marktwerking in congestiemanagement 22

8. Belemmeringen voor energieopslag in Nederland 24
8.1 Huidige wet- en regelgeving hinderen inzet van energieopslag als bron van flexibiliteit 24
8.2 Hoge kostprijs, onzekerheid en onbekendheid belemmeren inzet van opslag 26
8.3 Door een gebrek aan opslagcapaciteit wordt meer CO_2 uitgestoten dan noodzakelijk is 26

9. Conclusie 27

10. Bijlagen 28
10.1 Energiesysteem en actoren 28
10.2 Enhanced Frequency Response in de UK – National Grid 28
10.3 Fast-Frequency Regulation in de VS - PJM 29

Voorwoord

Energieopslag is een onmisbare technologie die ons energiesysteem verduurzaamt en tegelijk betrouwbaar en betaalbaar houdt. Energieopslag is duurzamer omdat het onnodig afschakelen van duurzame energieopwekking voorkomt, betrouwbaar omdat het verschillen in vraag en aanbod kan overbruggen en betaalbaar omdat het prijspieken dempt.

Door de groei van het aandeel duurzame energie is wereldwijd een snelle groei van energieopslag te zien. Koplopers als de VS, Australië, China en Duitsland laten 'double digit' groeicijfers zien en ontwikkelen nieuwe industrieën en diensten rondom opslag.

In Nederland zijn we nog niet aangehaakt op deze wereldwijde trend en wordt de waarde die energieopslag levert nog onvoldoende benut. De huidige wet- en regelgeving in Nederland belemmert de toepassing van energieopslag en verstoort het speelveld waarin energieopslag moet concurreren met andere vormen van flexibiliteit. Dit zorgt ervoor dat markten onvoldoende kunnen profiteren van de mogelijkheden die opslag biedt. Ook blijven hierdoor kansen voor innovatieve, groene en duurzame bedrijvigheid liggen. Hierdoor raakt de Nederlandse technologische industrie achterop in deze internationale groeimarkt.

Het Nationaal Actieplan Energieopslag brengt zowel de kansen als belemmeringen in beeld waarmee de energieopslagsector wordt geconfronteerd. Het plan reikt oplossingsrichtingen aan waarmee een technologieneutraal en gelijk speelveld gecreëerd kan worden. Als de genoemde belemmeringen worden weggenomen, kunnen markten optimaal functioneren en ligt er voor burgers en bedrijven een betrouwbare en schone energievoorziening, tegen de laagst mogelijke kosten, in het verschiet.

Wij roepen overheid, politiek en andere belanghebbenden op om serieus werk te maken van de acties en aanbevelingen in dit plan zodat de Nederlandse technologische industrie kan meegroeien in deze internationale groeimarkt.

Ineke Dezentjé
Voorzitter FME

Jillis Raadschelders
Voorzitter Energy Storage NL

1. Managementsamenvatting

In de transitie naar een toekomstbestendig en duurzaam energiesysteem zijn de toenemende hoeveelheid hernieuwbare energie met variabele patronen, de toename van elektrificatie en de toename van decentrale opwekking van energie de belangrijkste trends. De toenemende wisselingen in vraag en aanbod in het energiesysteem zorgen voor een groeiende behoefte aan flexibiliteit.

Opslag is belangrijke bron van flexibiliteit

Een belangrijk middel om te kunnen voorzien in deze flexibiliteit is opslag. Ook andere vormen van flexibiliteit, zoals flexibele productie (nu nog verreweg de belangrijkste vorm van flexibiliteit), flexibilisering van de vraag en netverzwaring (vergroting van de capaciteit van het elektriciteitsnet) zijn belangrijke middelen. Deze flexibiliteitsbronnen hebben niet allemaal dezelfde karakteristieken en toepassingsmogelijkheden en zullen daarom naast elkaar worden ingezet.

Markt groeit zeer snel, innovatie blijft nodig

Hoewel op mondiaal niveau de vraag naar (elektrische) energieopslag de afgelopen twee jaar met ruim 500% is toegenomen, is opslag nog altijd relatief duur. Innovatie is en blijft nodig om de kostprijs van energieopslag verder omlaag te brengen. Daarvoor is onderzoek, ontwikkeling en grootschalige demonstratie van energieopslag in zowel gebouwde omgeving, industrie en energie-infrastructuur noodzakelijk.

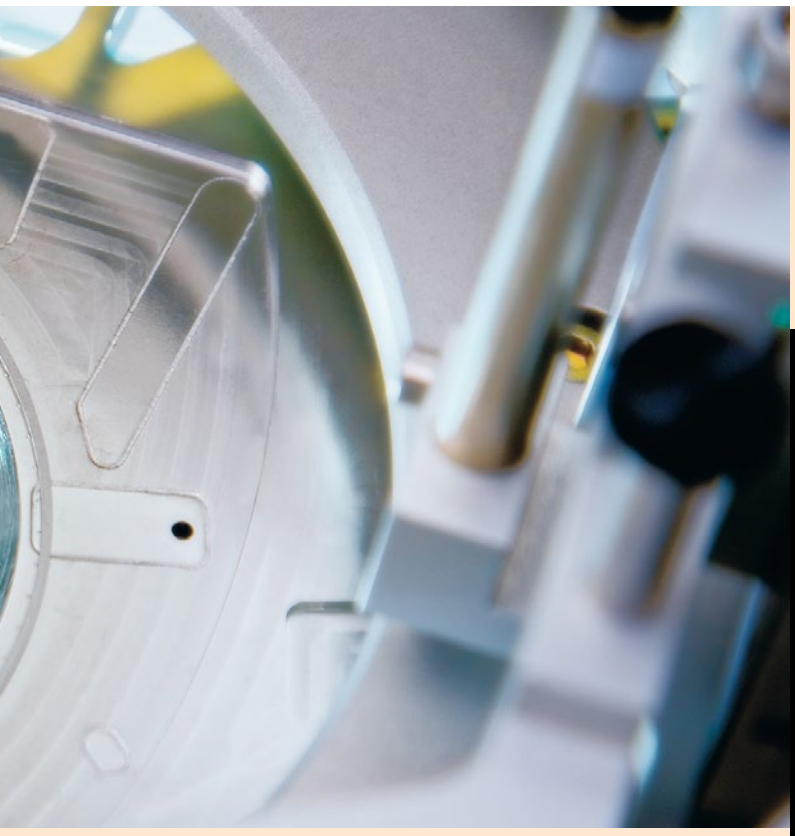
Iedere technologie zijn eigen toepassing

Om energie op te slaan zijn tientallen technologieën beschikbaar. Elk van die technologieën heeft specifieke kenmerken in tijd, capaciteit, snelheid en kosten. Uiteindelijk bepaalt de functie van energieopslag welke technologie in een bepaalde toepassing het best ingezet kan worden.

De toepassingen van energieopslag zijn onder te verdelen in verschillende onderdelen en schaalniveaus van het energiesysteem. Waar centrale opslag wordt geplaatst op het transmissienetwerk, wordt decentrale opslag geplaatst bij de kleingebruiker (woningen, utiliteitsgebouwen), grootverbruikers (industrie) of bij de beheerders van de distributiesystemen (regionale netbeheerders). De locatie, centraal of decentraal, bepaalt vaak ook de schaal van een opslagsysteem. Energieopslag is mogelijk in zowel gas-, warmte- en elektriciteits-infrastructuren met de mogelijkheid tot onderlinge uitwisseling.

Opslag kan veel meer dan energie opslaan

Energieopslag kan op meerdere terreinen waarde leveren. Klantwaarde voor gebruikers, systeemwaarde voor netbeheerders en economische waarde voor nagenoeg alle deelnemers aan het energiesysteem. Die verschillende waarden komen voort uit de verschillende functies die energieopslag kan vervullen. Functies als het tijdelijk opslaan van energie (voor kortere of langere termijn), het leveren van systeemdiensten, het optimaliseren van leveringsprogramma's, portfoliomanagement voor (energie)bedrijven



en het verhogen van de betrouwbaarheid van de energievoorziening. Het is zelfs mogelijk om in één opslagsysteem meerdere functies te combineren.

De waarde die opslag levert aan de gebruikers van het energiesysteem kan worden verzilverd via marktmechanismen, waarvan de onbalansmarkten nu de belangrijkste zijn. Er zijn echter ook (potentiele) markten die nog 'op slot' zitten of nog niet zijn ontwikkeld. Naar verwachting zullen markten en platforms voor de handel in flexibiliteit (zowel nationaal, internationaal als op decentraal niveau) zich verder ontwikkelen.

Nederland loopt achter: 30 belemmeringen in kaart gebracht

De potentie van energieopslag wordt in Nederland onvoldoende benut. Nederland loopt achter bij andere Europese landen en laat daardoor kansen voor een betaalbaarder, betrouwbaarder en duurzamer energiesysteem aan zich voorbijgaan.

Energy Storage NL heeft onderzoek gedaan naar de kansen en belemmeringen voor energieopslag. Dit onderzoek heeft ruim dertig onderwerpen aan het licht gebracht die de toepassing van energieopslag in Nederland belemmeren. De belangrijkste daarvan kunnen worden samengevat in drie punten:

1. **De huidige wet- en regelgeving verstoort een gelijk speelveld voor opslag**
   Door de onduidelijke positie van opslag in de wet- en regelgeving (opslag is zowel een 'generator' als 'gebruiker') heeft opslag te maken met dubbele heffing van energiebelasting, nadelige effecten van de netwerktarievensystematiek en de gevolgen van de salderingsregeling. Dit laatste maakt opslag voor kleinverbruikers oninteressant.

2. **Hoge kostprijs, onzekerheid en onbekendheid belemmeren de inzet van opslag**
   Opslag is een relatief nieuwe technologie. Daarom zijn gebruikers en investeerders nog onzeker over de langjarige prestaties en het rendement. Economies of scale en leereffecten kunnen worden bereikt door grootschalige demonstratieprojecten en door het ontwikkelen van standaarden.

3. **Door een gebrek aan opslagcapaciteit wordt meer CO_2 uitgestoten dan noodzakelijk**
   Als er op bepaalde dagen te veel duurzame energie wordt opgewekt, moeten wind- en zonne-energie worden afgeschakeld (zogenaamde *curtailment*). Het verlies van deze 'verloren', duurzame, energie moet worden gecompenseerd met energie uit fossiele bronnen. Door het stimuleren van de inzet van klein- en grootschalige opslag kan curtailment worden voorkomen.

Snelle actie kan weer tot voorsprong leiden

Het Nationaal Actieplan Energieopslag legt de vinger op de zere plekken en geeft suggesties voor het wegnemen van deze belemmeringen. Als we door het wegnemen hiervan snel een aantrekkelijke thuismarkt creëren, zullen innovatieve technologie- en energiebedrijven hiervan profiteren en de huidige achterstand kunnen omzetten in een voorsprong die wereldwijd kan worden verzilverd!

2. Toekomstige energiemix vereist meer flexibiliteit

Om ons energiesysteem toekomstbestendig en duurzaam te maken, zijn er een aantal zaken belangrijk. De hoofdkenmerken van de transitie naar een toekomstbestendig en duurzaam energiesysteem zijn de toenemende hoeveelheid hernieuwbare energie met variabele patronen, de toename van elektrificatie en de toename van decentrale opwekking van energie. Door toenemende wisselingen in vraag en aanbod in het energiesysteem, is er groeiende behoefte aan flexibiliteit. De mate van flexibiliteit van het energiesysteem kan gedefinieerd worden als het vermogen om te kunnen omgaan met toenemende onvoorspelbaarheid en onbalans in vraag en aanbod terwijl de prestatie en betrouwbaarheid gewaarborgd moet blijven.

Ontwikkelingen

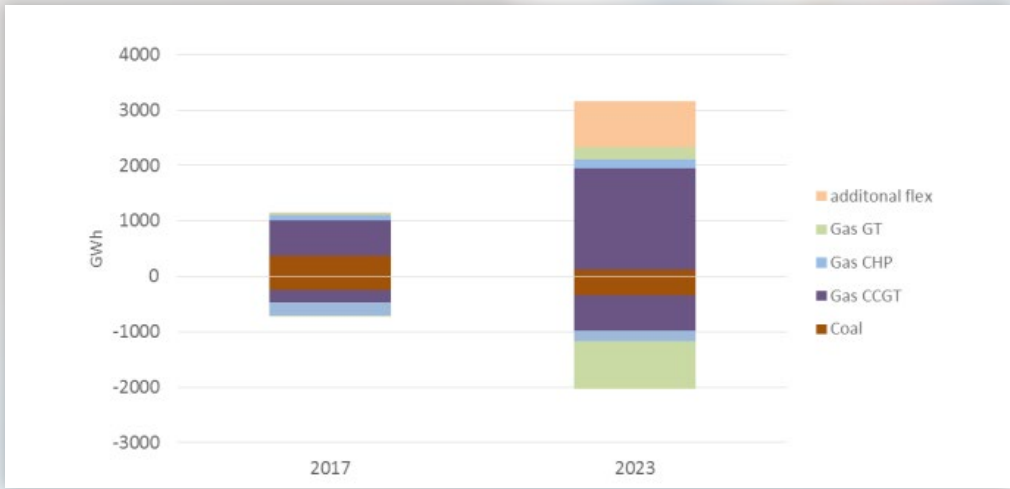
De afgelopen jaren hebben er in de Nederlandse energievoorziening belangrijke ontwikkelingen plaats gevonden. Naar verwachting worden deze ontwikkelingen de komende jaren voortgezet. Vooral de combinatie van de verschillende ontwikkelingen, veroorzaakt een snelle toename naar behoefte aan flexibiliteit. In de tabel hiernaast worden deze trends kort benoemd en toegelicht.

De behoefte aan meer flexibiliteit zal hogere systeemkosten met zich meebrengen, omdat er bijvoorbeeld geïnvesteerd moet worden in kabels of transformatoren met een hogere capaciteit. Daarnaast zal het (economisch) suboptimaal inzetten van conventionele energiecentrales de efficiëntie verlagen, wat zich vertaald in hogere kosten voor de eindgebruiker.

Bovendien zijn veel conventionele installaties, zoals kolencentrales, beperkt in staat de gevraagde flexibiliteit te leveren omdat ze niet snel genoeg kunnen reageren. Met andere woorden; het inzetten van traditionele generatoren om de groeiende flexibiliteitsvraag te beantwoorden is een oplossing die minder effectief zal worden naar gelang er meer vraag naar flexibiliteit ontstaat.

2.1 Omvang/behoefte aan flexibiliteit

Deze behoefte aan flexibiliteit kan worden onderverdeeld in systeemtechnische en economische categorieën op meerdere schalen, zoals op distributie- en transmissieniveau.



Figuur 2.1: Vraag naar op- en afregelflexibiliteit op de intraday markt in 2017 en 2023 (ECN, 2014)

Ontwikkeling	Toelichting
Groeiend aandeel hernieuwbare energie	Een steeds groter aandeel van het Europese energiesysteem bestaat uit variabele hernieuwbare energie. Dit resulteert in meer fluctuatie en onzekerheid in het aanbod van elektriciteit.
Decentrale energie-opwekking	Er is een toename van decentrale energieopwekking (zonnepanelen, warmte-krachtkoppeling, warmte-koude opslag etc.) waarvan de energie slechts ten dele direct wordt verbruikt en het overschot of tekort aan energie wordt (terug) geleverd via het centrale energiesysteem. Ook is het voor energieverbruikers makkelijker geworden om, dankzij bijvoorbeeld de slimme meter, inzicht en controle te krijgen op hun energievraag.
Elektrificatie	Een toename van het gebruik van elektrische apparatuur (warmtepompen, elektrische koken), een toename van elektrisch vervoer en een afnemende warmtevraag (o.a. door betere isolatie) zorgen ervoor dat het aandeel van elektrische energie in de totale energievraag toeneemt en daarmee de rol van elektrische energie groter wordt.
Opkomst warmtenetten	Het gebruik van (industriële) restwarmte en andere bronnen voor warmtenetten neemt toe. Dit komt door de maatschappelijke druk om energie efficiënter te benutten
Complexiteit en multi-modaliteit van het energiesysteem	Doordat steeds meer nieuwe technologieën voor vraagsturing, energieopwekking, -transport en -opslag op de markt komen, neemt de complexiteit van het energiesysteem toe. Energie wordt daardoor meer (bi-directioneel) uitgewisseld en energiesystemen worden plaatselijk meer geïntegreerd (bijvoorbeeld tussen industrie en woonwijken en in de koppeling tussen verschillende energiedrager door middel van bijvoorbeeld power-to-heat).
Europese integratie	Het Nederlandse energiebeleid wordt in toenemende mate op Europees niveau bepaald. Ook komen er steeds meer internationale connecties en marktkoppelingen. Hierdoor wordt het Nederlandse energiesysteem steeds meer beïnvloed door Europees beleid en Europese markten.

Op distributieniveau zijn er nu al voorbeelden van locaties waar het elektriciteitsnet niet sterk genoeg is om de combinatie van hogere variabele lokale opwek met sterkere lokale vraag te combineren. Door de verwachte toename in decentrale opwekking zal daarnaast een decentrale behoefte aan flexibiliteit ontstaan. Afhankelijk van de geïnstalleerde hoeveelheid zonne-energie en warmtepompen en het elektrisch vervoer en het ontwerp van de elektrische infrastructuur kunnen bottlenecks ontstaan. Deze bottlenecks kunnen de betrouwbaarheid en kwaliteit van de lokale energievoorzieningen beïnvloeden.

Op transmissieniveau zorgen de systeemtechnische uitdagingen voor onbalansprijzen op de reservemarkt. De toenemende grootte van de reservemarkt en de stijgende volatiliteit van onbalansprijzen zijn indicatief voor de groter wordende onbalans in het elektriciteitssysteem. Een rapport van ECN[1] geeft aan dat de toenemende opwekking van windenergie in Nederland de behoefte aan energie in de intraday en balanceringsmarkt zal doen toenemen. Tevens is volgens het rapport te verwachten dat prijsvolatiliteit door de toename van de hoeveelheid hernieuwbare energieproductie vanaf 2023 sterk zal toenemen.

Daarnaast stelt ISPT (2015)[2] dat de behoefte aan balansvermogen in 2023 40% hoger is dan zoals deze was in 2013. Deze extra behoefte is dus per uur, aangezien het bepaald is door het verschil te nemen van de residuele vraag van uur op uur. Behoefte van het balansvermogen is geschat op ongeveer 1,2 GW in 2023, een stijging van 40% ten opzichte van het vermogen in 2013 (ook op basis van verschil residuele vraag van uur tot uur).

De algemene constatering is dat de additionele behoefte aan flexibiliteit op de intraday en balanceringsmarkt zal toenemen. Hoeveel die toename is, is niet eenvoudig te voorspellen en kan enkel met diverse modellen in verscheidene scenario's en onder bepaalde aannames gesimuleerd worden.

[1] Zie http://www.tennet.eu/nl/fileadmin/downloads/About_Tennet/Publications/Technical_Publications/TenneT_ECN_Quantifying_flexibility_markets.pdf

[2] De totale vraag minus de opwek van hernieuwbare energiebronnen.

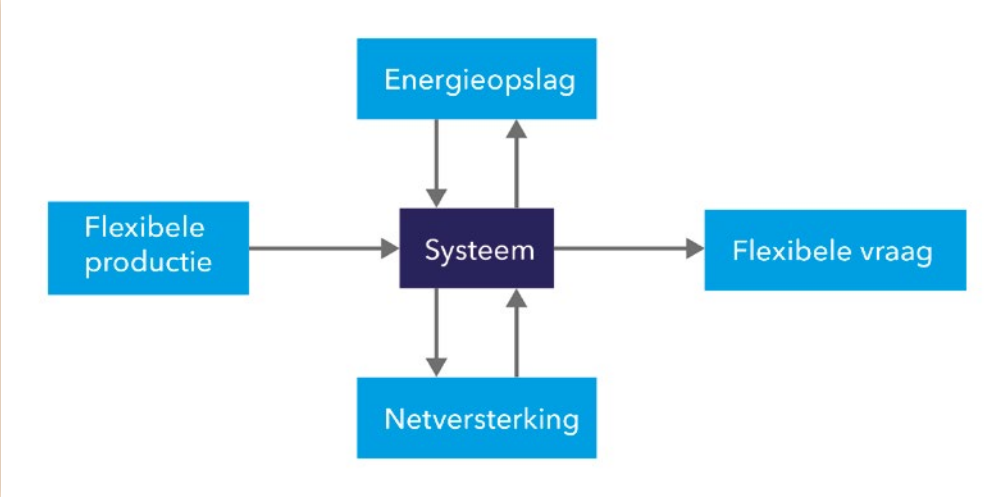
3. Unieke rol van opslag te midden van de flexibiliteitsopties

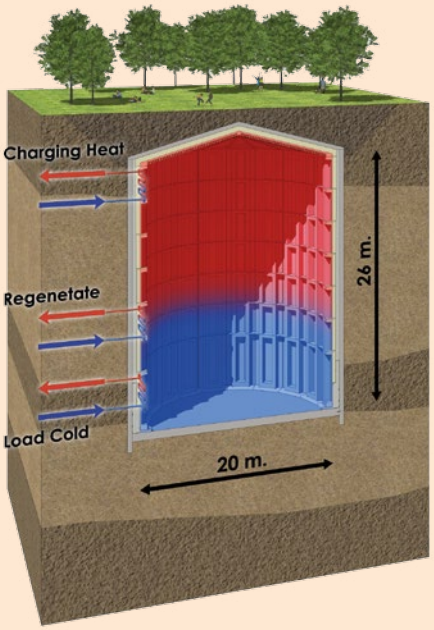
In de energievoorziening is opslag een van de vier belangrijkste mogelijkheden om flexibiliteit te creëren. Energieopslag heeft als kenmerk dat 'opgenomen' energie op een later moment kan worden 'afgegeven'. De energievoorziening bestaat uit energiedragers als elektrische energie, warmte en gas. Deze energiedragers kennen elk mogelijkheden en beperkingen bij het leveren van flexibiliteit. Gas en warmte zijn vrij gemakkelijk op te slaan, zelfs in het netwerk. Elektrische energie is daarentegen lastiger op te slaan en vereist conversie naar een andere energievorm. Een koppeling tussen verschillende energie-infrastructuren maakt het mogelijk om via conversie de opslagcapaciteit van het ene systeem te benutten voor het andere systeem.

3.1 Vormen van flexibiliteit (big four)

In de nabije toekomst kan opslag een belangrijk middel worden om te voorzien in flexibiliteit. Het zal daarbij echter concurreren met andere vormen van flexibiliteit, zoals flexibele productie (nu nog verreweg de belangrijkste vorm van flexibiliteit), flexibilisering van de vraag en netversterking (vergroting van de elektriciteitsnet capaciteit).
Deze flexibiliteitsbronnen hebben niet allemaal dezelfde karakteristieken en toepassingsmogelijkheden en zullen daarom naast elkaar worden ingezet. Om te laten zien wanneer welke flexibiliteitsbron ingezet kan worden, is een eerste technische karakterisering van de verschillende soorten bronnen gemaakt. Vooral de tijdsdimensie is hierbij belangrijk: hoe ver vooruit kan een bepaalde optie worden ingepland, hoe lang kan een bron worden ingezet, hoe snel kan een ingezette bron worden op- en afgeregeld?

Figuur 3.1: de big four aanbieders van flexibiliteit, de peilen geven de richting van de energie aan





Opslag van warmte in ondergrondse vaten voor warmte infrastructuur.

De middelen voor flexibiliteit verschillen op een aantal dimensies:

- de hoeveelheid energie die in de tijd verschoven kan worden (in bijv. MWh)
- het vermogen dat flexibel beschikbaar is (in bijv. MW)
- de snelheid waarmee het vragend vermogen op- en afgeregeld kan worden (in bijv. MW/uur)
- de tijd die het duurt voordat de flexibiliteit kan worden aangesproken (in bijv. minuten)
- de tijdsduur waarover de flexibiliteit kan worden afgeroepen (in bijv. uren)
- de te maken kosten (in bijv. EUR/MW of EUR/MWh)zoals directe kosten, transactiekosten, kapitaalkosten.

Al deze middelen zullen in de behoefte aan flexibiliteit moeten voorzien. Als bijvoorbeeld de aard van het elektriciteitssysteem verandert, doordat wind- en zonne-energie een grotere rol gaan spelen, kan er ook een verschuiving worden verwacht in de benodigde volumes voor deze functies en in het aanbod van flexibiliteitsopties. Extra netwerkcapaciteit kan deze markten geografisch vergroten, waardoor meer flexibiliteitsmiddelen beschikbaar komen. Zo wordt, door het uitmiddelen van fluctuaties in elektriciteitsproductie en -consumptie, de behoefte aan flexibiliteit op bepaalde tijdsschalen verkleind*.

De mogelijkheid tot het aanbrengen van verbindingen tussen landen (interconnectiecapaciteit) om de mate van flexibiliteit te vergroten, is voornamelijk relevant voor elektrische netten. In een land zoals Nederland, met een gematigd klimaat, is de warmtevraag relatief groot. Waar warmte tot nu toe veelal in de woning werd geproduceerd door gasketels, bestaan er ook warmtenetten waarmee centraal geproduceerde warmte vervoerd wordt naar de plaats van warmtevraag. Warmtenetten hebben inherente flexibiliteit aan boord doordat de temperaturen in het net kunnen fluctueren zonder de kwaliteit van de geleverde warmte te beïnvloeden. Dit is een voordeel voor warmte-infrastructuren ten opzichte van elektrische infrastructuren. Het is mogelijk om warmte op te slaan in de warmtecapaciteit van het net. Dit is absoluut onmogelijk in het elektrische net. Daar staat tegenover dat de eerdergenoemde interlandelijke verbindingen met warmte vrijwel ondenkbaar zijn, aangezien de verliezen sterk toenemen afhankelijk van de afstand.

3.2 Specifieke kenmerken opslag

Om de vraag te beantwoorden welke van de vier flexibiliteitsopties het meest geschikt is voor een bepaalde flexibiliteitsbehoefte, is het belangrijk om niet te denken vanuit de technologie, maar vanuit de dienst die aan het energiesysteem geleverd moet worden. Er zijn verschillende diensten die door een flexibiliteitsoptie kunnen worden vervuld. Hieronder worden de belang- ▶

* *Betreft overname uit het rapport: "Routekaart Energieopslag 2030 – Systeemintegratie en de rol van energieopslag", 2015, tekst door Technische Universiteit Delft verzorgd.*

rijkste genoemd, met als doel het handhaven van kwaliteit en betrouwbaarheid van de energievoorziening:

- Balanshandhaving (zowel op transmissie- als op distributieniveau)
- Energiemanagement (zowel op korte-, middel- en lange termijn, seizoen fluctuaties)

De hierboven genoemde mogelijkheden voor energieopslag dienen natuurlijk gekoppeld te zijn aan technologieën die ook daadwerkelijk in staat zijn deze toepassingen te realiseren.

Vier elementen zijn hierbij belangrijk:

- De energiedichtheid: is de hoeveelheid benodigde opslagcapaciteit ruimtelijk in te passen in, bijvoorbeeld, een huis?
- De opslagtijd: kan de technologie de energie de vereiste tijd opslaan zonder al te veel verlies?
- Het vermogen: Is de opslagtechnologie in staat het vereiste vermogen te leveren die benodigd is voor de toepassing?
- De responstijd: kan het opslagsysteem snel genoeg reageren om binnen de vereiste tijd het vereiste vermogen te leveren?

De functies van flexibiliteit met hun eigenschappen kunnen als volgt worden ingedeeld:*

Functie	Verantwoordelijke partij	Huidige middelen	Relevante tijdsschaal	Relevante vermogensschaal (MW)	Energiebehoefte (ordegrootte) (MWh)
Beheer van spanningskwaliteit	TSO/DSO	Wordt beperkt geregeld. (filters, regeltransformatoren, blindvermogensinjecties)	0.01-1 sec	0.001-1	Klein
Spannings-blindvermogenshuishouding	TSO/DSO	Regelvermogen, transformatortapstanden, regeltransformatoren	1-1000 sec	0.01-10	< 1
Frequentieregeling	TSO	Regelvermogen	0,1-100 sec.	1-1000	< 10
Balanshandhaving (<15 min.)	TSO	Reservevermogen	15 min.	1-1000	0.1 - 100
Balanshandhaving (>15 min.)	TSO	Noodvermogen	1-10 uur	10-1000	10 - 1000
Congestiemanagement, transmissie	TenneT	Redispatch, netverzwaring	0.1-10 uur	10-1000	1-1000
Congestiemanagement, distributie	DSO's	Netverzwaring	0.1-10 uur	0.1-10	0.1-10
Energiemanagement achter de meter	Consument	Niet/netverzwaring/ salderen	0.1-10 uur	0.001-0.01	0.001-0.01
Ramp rate control	Producent	Economische dispatch, unit commitment	0.01-1 uur	10-100	1-100
Economische inzet van centrales	Markt	Economische dispatch, unit commitment	1-100 uur	10-1000	10-10.000
Onderhoudsplanning	Producent	Individuele planning per bedrijf	10-1000 uur	100-1000	1-1000 (GWh)
Seizoensfluctuaties in vraag en aanbod opvangen	Op dit moment geen	wordt verzorgd door producenten	1000-10000 uur	100-1000	100-10.000 (GWh)

* *Betreft overname uit het rapport: "Routekaart Energieopslag 2030 – Systeemintegratie en de rol van energieopslag", 2015, tekst door Technische Universiteit Delft verzorgd.*

4. Soorten energieopslag en hun toepassingen

Opslag kan op verschillende manieren plaatsvinden: elektrostatisch of elektrochemisch, mechanisch (potentieel of kinetisch), chemisch en thermisch. De omzetting is niet vanzelfsprekend mogelijk; van elektriciteit kun je niet zomaar gas maken, terwijl van gas in een elektriciteitscentrale regelmatig elektriciteit wordt gemaakt.

4.1 Soorten energieopslag

Dit zijn de voornaamste technologieën voor energieopslag:

Chemisch

Waterstof | Gebruik van waterstof als energiedrager en de opslag van energie. Door middel van elektrolyse kan elektriciteit worden omgezet naar waterstof en worden opgeslagen, waarna het weer terug kan worden omgezet naar de gewenste energievorm (elektriciteit, warmte, etc.).

Elektrisch

Condensatoren | Opslag van energie in elektrostatische velden tussen twee geleidende platen waartussen een kleine afstand zit. Elektriciteit kan snel worden opgeslagen en weer worden ontladen, hierdoor kunnen korte vermogensschokken worden geproduceerd.
Superconducting magnetic energy storage (SMES) | Energie wordt opgeslagen in een magnetisch veld dat wordt gecreëerd door gelijkstroom elektriciteit in een gekoelde spiraal. In gekoeld geleidend materiaal is er nauwelijks weerstand, waardoor elektrische stroom kan rondgaan in de spiraal zonder veel verliezen.

Elektrochemisch

Conventionele batterijen | In batterijen worden chemische reacties gebruikt met twee of meer elektrochemische cellen om een stroom van elektronen mogelijk te maken. Voornaamste soorten zijn lithium-ion en loodzuur.
Flowbatterijen | Twee vloeibare oplossingen zijn gescheiden door een membraan waar ionen doorheen kunnen worden uitgewisseld. Hierdoor kan energie worden opgeslagen.

Mechanisch

Vliegwiel | Een vliegwiel zet elektriciteit om in roterende energie door een mechanisch apparaat op hoge snelheid rond te laten draaien. Deze roterende energie kan dan vervolgens weer herwonnen door de rotor af te remmen. Vliegwielen kunnen gedurende een korte periode een typisch hoogvermogen leveren.
Samengeperste lucht | Elektriciteit wordt gebruikt om lucht samen te persen in ondergrondse grotten of tanks voor energieopslag. Door de lucht weer vrij te laten komen kan er elektriciteit worden opgewekt.
Pompcentrale | Een waterkrachtcentrale die elektriciteit kan opslaan door water van een lager reservoir naar een hoger gelegen reservoir te pompen, voor later gebruik. Elektriciteit kan vervolgens weer opgewekt worden door water van het hoger naar het lager reservoir te laten stromen.

Thermisch

Ondergrondse thermische energieopslag | Verwarmd of afgekoeld water wordt ondergronds opgeslagen voor later gebruik als bron voor verwarming of koeling. Dit kan in een bestaande watervoerende laag zijn of in een boorput.
Putopslag | Ondiepe putten worden uitgegraven en gevuld met een opslagmedium (vaak grind en water) en bedekt met een laag isolerend materiaal. Water wordt vervolgens in en uit de put gepompt om te worden gebruikt als bron voor warmte of koude.
Vast medium-opslag | Energie wordt opgeslagen in een vast medium voor later gebruik. Voor verwarming en koeling (bijvoorbeeld bakstenen en beton).
IJsopslag | Energie wordt opgeslagen in een materiaal dat een faseverandering (verandering van/naar vast, vloeibaar of gas) ondergaat.
Warm- en koudwateropslag in tanks | Opslag van warm of koud water kan worden gebruikt om te voorzien in de vraag naar warmte en koude. Een bekend voorbeeld is die in huishoudelijke toepassing voor warm water.
Gesmolten zout | Op kamertemperatuur en atmosferische druk is gesmolten zout in vaste vorm, maar deze wordt vloeibaar wanneer het verwarmd wordt. Vaak wordt dit zout gebruikt om warmte op te slaan en vervolgens om elektriciteit mee op te wekken.

4.2 Plaats en functies van energieopslag

De toepassingen van energieopslag zijn onder te verdelen in verschillende onderdelen en schaalniveaus van het energiesysteem. Waar centrale opslag wordt geplaatst op het transmissienetwerk, wordt decentrale opslag geplaatst bij de kleingebruiker (woningen, utiliteitsgebouwen), grootverbruikers (industrie) of bij de beheerders van de distributiesystemen (regionale netbeheerders). De locatie, centraal of decentraal, bepaalt vaak ook de schaal van een opslagsysteem. Energieopslag om bepaalde diensten of systeemfuncties te leveren is mogelijk in de gas-, warmte- en elektriciteitsinfrastructuren met mogelijkheid tot uitwisseling tussen de verschillende infrastructuren.

Functie van decentrale opslag bij kleinverbruikers (achter de meter)

Voor kleinverbruikers geeft opslag de mogelijkheid om zelfopgewekte energie (stroom of warmte) op een later moment te gebruiken. Op dit moment wordt er voor consumenten die zelf elektriciteit opwekken en een aansluiting hebben tot maximaal 3 x 80 A, de zogenaamde salderingsregel gehanteerd. Salderen is het verrekenen van zelfgeproduceerde elektriciteit met het totaal aan afgenomen stroom van de energieleverancier. Met deze regeling ontvangt de afnemer dezelfde prijs (inclusief belastingen en transportkosten) voor de terug geleverde energie als die hij betaalt voor de energie die hij op een ander tijdstip van de energieleverancier afneemt. De regeling wordt in 2017 geëvalueerd en zal naar verwachting in 2020 gewijzigd worden.

Zolang eigen productie van elektrische energie kan worden gesaldeerd, zijn er moeilijk rendabele business cases te maken met opslag voor kleinverbruikers. Hierbij functioneert het elektriciteitsnetwerk immers als gratis opslagmedium. Als de salderingswetgeving geheel of gedeeltelijk zal komen te vervallen, moet de kleingebruiker de aan het net terug geleverde energie tegen een lagere prijs verkopen. Opslag kan gebruikt worden om het moment van inkoop, opwekking en verbruik van energie van elkaar los te koppelen. In Duitsland worden terugleververgoedingen sterk afgebouwd, waardoor zelfconsumptie steeds interessanter wordt. Hier is de regelgeving aangepast om zelfconsumptie te verhogen en teruglevering te verminderen.

Kleinverbruikers worden nu nog niet blootgesteld aan volatiele beursprijzen zoals deze gelden op de APX. Met de invoering van flexibele beprijzing (kwartierwaarden) zal energie in daluren in de nabije toekomst worden opgeslagen als de prijs laag is. De energie zal

Opslagsysteem voor kleinverbruiker.

worden ontladen op de momenten dat de prijs hoog is. Dit maakt extra opbrengsten voor de kleinverbruiker met opslag mogelijk.

Gezien de hoge warmtevraag van Nederlandse woningen – en de druk om de productie van Gronings gas terug te schroeven – is warmteopslag in woningen of wijken zeer interessant. Zo kan geproduceerde warmte of elektriciteit bijvoorbeeld in een (zonne)boiler worden opgeslagen en in een later stadium gebruikt als verwarming of voor opwarming van warm tapwater. Thermische opslag (in zouten of PCM's) is ook een mogelijkheid om te veel geproduceerde warmte in de zomer op te slaan en te gebruiken in de winter.

Naast de toepassing bij een individuele kleinverbruiker, is het ook mogelijk om opslag toe te passen bij een groep kleinverbruikers. Er zijn op dit moment in Nederland op verschillende plekken lokale energie-initiatieven van groepen bestaand uit een aantal kleinschalige prosumers. Bij aggregatie van hun productie en afname kunnen zij een omvang bereiken die in combinatie met opslag en een juiste organisatievorm interessant kan zijn voor handels- en netwerktoepassingen. Energie uit opslagsystemen bij meerdere kleinverbruikers kan worden gebundeld tot één grote virtuele energiecentrale. Hierdoor wordt het voor individuele kleinverbruikers mogelijk om aan nieuwe energiemarkten mee te doen en daarmee additionele opbrengsten te generen. Er zijn al toepassingen in de markt te vinden waarbij geaggregeerde opslagsystemen samen werken om als een virtuele energiecentrale te werken. De 'Sonnenbatterie' is een daar een voorbeeld van waarbij de opslag primair werkt om zonnestroom te bufferen en piekvraag te verlagen en daarbovenop extra toegevoegde waarde levert door gebundeld vermogen op de landelijke onbalansmarkt te leveren.

Functie van opslag bij grootverbruikers (achter de meter)

Opslag kan voor grootverbruikers in de industrie en de agrarische sector een rol spelen bij het optimaliseren van het eigen verbruik, hun netwerkkosten en bij het gebruikmaken van lage

of zelfs negatieve prijzen op de onbalansmarkt. De toepassingen voor grootverbruikers zijn talrijk, en bij een aantal doelgroepen wordt energieopslag al ingezet:

- Industrie (bijvoorbeeld hoge temperatuur opslag om efficiency-voordelen te realiseren door restwarmte op te slaan voor later gebruik)
- Koelhuizen
- Grootschalige WKO(Warmte Koude Opslag) in de tuinbouw
- Opslag bij windparken of boeren met windmolens, tankstations (EV), zonneparken

Veel grootgebruikers hebben in hun productie-processen vaak warmte of koude over. Deze thermische energie kan in veel gevallen niet direct gebruikt worden en wordt als verlies beschouwd. Toch kan deze energie van waarde zijn op een andere plek in het productieproces, in een later stadium van het proces of eventueel bij andere grootverbruikers. De klantwaarde kan worden vergroot door deze energie op te slaan in plaats van deze in een later stadium opnieuw met fossiele energie op te wekken. Het reduceren van CO_2, door al geproduceerde warmte of koude te hergebruiken, is in dat geval de klantwaarde. Het opslaan van deze energie kan in verschillende soorten systemen gebeuren, in simpele warmwatervaten tot complexe thermochemische opslagsystemen. Bij opslag van warmte is de haalbare temperatuur vaak de bottleneck. Deze moet hoog genoeg zijn voor het proces waarvoor het gebruikt zal worden. Mogelijkheden zijn het verhogen van de restwarmte-temperatuur in het opslagsysteem door middel van een overschot aan (goedkope) elektriciteit (power2heat) of met andere duurzame warmteproductietechnieken zoals zonneboilers.

Functie van opslag bij distributie-netbeheerders

Opslag is ook nuttig voor het gebruik in de energievoorziening-infrastructuur. Het kan bijvoorbeeld interessant zijn om opslag in te zetten voor frequentieregulatie en/of het ondersteunen van de spanning in het netwerk. Dit schept de mogelijkheid om reactief[3] vermogen te produceren of te absorberen om een bepaald spanningsniveau te behouden. Distributiesystemen (kabels en transformatoren) kunnen overbelast raken gedurende perioden van piekvraag. Door opslag op specifieke locaties te installeren, kan deze overbelasting worden voorkomen en de efficiëntie van het netwerk behouden blijven.

Een belangrijke afweging voor infrastructuur-beheerders is hoe lang investeringen meegaan en hoeveel risico ermee gemoeid is. Bekende oplossingen hebben een laag risico, innovatieve oplossingen kunnen bij gebrek aan praktijkervaring op een later moment voor hoge kosten zorgen. Dit bijvoorbeeld als een opslagsysteem voortijdig minder begint te presteren. Infrastructuren zoals die in Nederland worden aangelegd zijn robuust en moeten betrouwbaar zijn. Gedurende de levensduur van de infrastructuur worden investeringen afgeschreven. Dit is al gauw 40 jaar voor gas- en elektriciteitsnetten. Er is relatief weinig ervaring met opslag voor dergelijke lange termijn oplossingen, de grootste netbeheerders van Nederland maken nu echter al afwegingen tussen conventionele netverzwaring en de inzet van energieopslag. Daarbij is de maat-schappelijke kosten-batenanalyse leidend.

Buurtbatterij aangelegd door netbeheerder.

Op het distributienet voor de meter zijn op dit moment verschillende initiatieven in ontwikkeling. Een voorbeeld is de (elektrische of thermische) buurtbatterij. Dit type energieopslag heeft als kenmerk dat het voor verschillende toepassingen wordt gebruikt. Toepassingen als (virtuele) opslag achter de meter, balanshandhaving en handelen op de onbalans- of spotmarkt. Een buurtbatterij is onderdeel van de lokale energievoorzieningen en maakt daarmee deel uit van gebiedsontwikkelingen waarbij gebruikers samenwerken om slim met energie om te gaan. Dergelijke systemen zouden kunnen worden geïnitieerd door lokale energiecoöperaties. Het is op dit moment nog een juridische uitdaging om dit type energieopslagsystemen voor zowel de netbeheerder als een commerciële partij in te zetten. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 8.

Functie van opslag voor transmissienet beheerders

Transmissienetbeheerders (TSO) zijn belast met de taak om balans te handhaven. Het evenwicht tussen vraag en aanbod kan tussen een tekort en een overschot variëren, met als gevolg een sterk wisselende balanceringsvraag. Energieopslag is in staat extreem snel te reageren op iedere vorm van onbalans. In Nederland heeft TenneT

[3] Reactief vermogen, of blind vermogen, is een vorm van energieverlies dat optreed als gevolg van nuttig energieverbruik in wisselspanningsnetwerken. Door de hoeveelheid reactief vermogen te sturen kunnen systeemfuncties, zoals spanningskwaliteit waarborging, worden uitgevoerd.

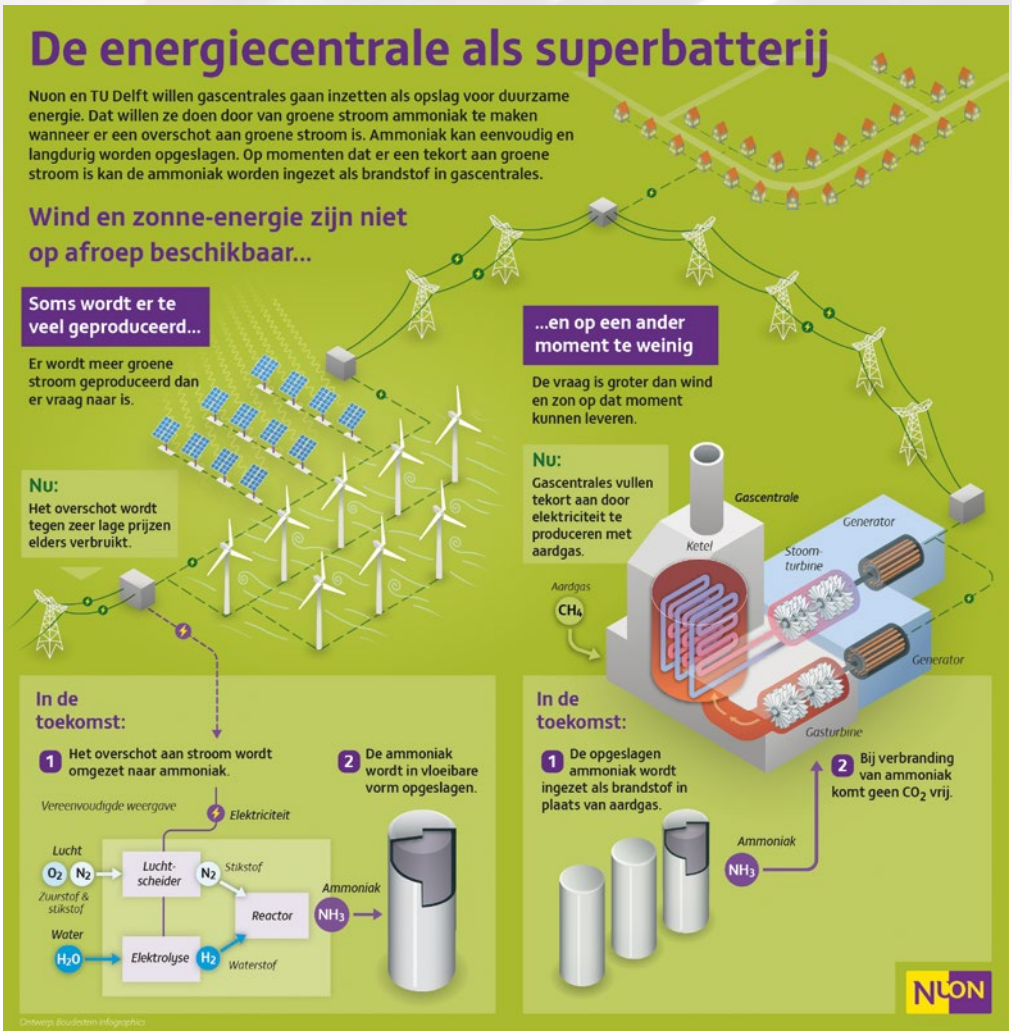
voor balanceringsdoeleinden verschillende markten ingericht, waarvan de secundaire en primaire reservemarkt de belangrijkste zijn. Het bekendste voorbeeld in Nederland is het batterijsysteem van het Amerikaanse bedrijf AES in Zeeland. Aangezien de genoemde markten van TenneT voor opslag een belangrijke bron van inkomsten vormen, worden deze markten en de manier waarop energieopslag hier een rol in speelt, uitvoerig uitgelegd in hoofdstuk 7 (Bestaande markten / Nederlandse elektriciteitsmarkt).1. De belemmeringen waar diezelfde opslag ook mee te maken heeft, wordt behandeld in hoofdstuk 8 (Belemmeringen voor energieopslag in Nederland).

Functies van grootschalige centrale opslag

Grootschalige centrale energieopslag is om verschillende redenen interessant. Ten eerste vanwege het schaalvoordeel en de mogelijkheid tot toepassing van verschillende opslagtechnologieën. Ten tweede biedt het de mogelijkheid om de opslag buiten de gebouwde omgeving te plaatsen, op goedkopere en meer afgelegen locaties. Een aantal voorbeelden is op dit moment voor Nederland relevant:

- Compressed Air Energy Storage (CAES) in overtollige zoutmijnen
- Ondergrondse waterkracht opslag in ongebruikte mijnen
- Varende warmte
- Omzetting en opslag in een chemische brandstof voor later gebruik in een aangepaste gascentrale, waarbij ammoniak wordt gemaakt uit overtollige elektriciteitsproductie en later in elektrische energie of warmte kan worden omgezet.

Deze technologieën kunnen voor verschillende toepassingen worden ingezet. Ter ondersteuning van het elektriciteitsnet bijvoorbeeld, maar ook voor direct handelen op de APX of de onbalansmarkt of om piekvraag van elektrische of warmte-energie te voorzien. Een andere mogelijkheid is het koppelen van opslagsystemen aan een conventionele energiegenerator. Dit om de efficiency en het rendement van deze installatie te optimaliseren (zogenaamde Prius principe).



5. Energieopslag: multifunctioneel en veelzijdig

Energieopslag kan op meerdere terreinen waarde leveren. Klantwaarde voor gebruikers, systeemwaarde voor netbeheerders en economische waarde voor nagenoeg alle deelnemers aan het energiesysteem.

Energieopslag is een multifunctionele component van het energiesysteem.

Die verschillende waarden komen voort uit de verschillende functies die energieopslag (vaak tegelijkertijd) kan vervullen:

- Het tijdelijk opslaan van energie (voor kortere of langere termijn)
  - Om zelfconsumptie van eigen opwek te vergroten. Opslag stelt je in staat om het moment waarop je opgewekte energie gebruikt te verplaatsen
  - Het handelen van energie op energiemarkten, het inkopen bij lage prijzen en verkopen bij hoge prijzen wordt mogelijk.
- Het leveren van systeemdiensten
  - Stabilisatie van de energievoorziening
  - Vermijden (tijdelijke) congestie of overbelasting
  - Balanshandhaving
- Optimaliseren van energieprogramma en een portfoliomanagement voor (energie)bedrijven;
- Toekomstige (systeem)diensten
  - Het leveren van flexibiliteit aan netbeheerders
  - Opslag van eigen opgewekte energie in een gedeeld opslagsysteem
- Betrouwbaarheid van de energievoorzieningen
  - Bescherming tegen instabiliteit zoals voor een datacentrum
  - Onafhankelijkheid van centrale energie-generatoren die gehackt kunnen worden/ cybersecurity en in een keer een belangrijke schakel uit de energieketen kan worden uitgeschakeld.
- Vanwege de werking van opslagsystemen kan energie geconverteerd worden voor koppeling met andere energiesystemen (bijvoorbeeld power-to-heat of power-to-gas).

Het is zelfs mogelijk om in één opslagsysteem meerdere functies te combineren. Deze multifunctionaliteit van energieopslag kan van grote waarde zijn voor het huidige en toekomstige energiesysteem. Dit blijft tegelijkertijd ook een belemmering. Vooral als de voordelen en opbrengsten van verschillende functies over meerdere partijen zijn verdeeld. Neem bijvoorbeeld de buurtbatterij. Deze kan zorgen een betere inpassing van lokaal opgewekte energie (minder congestie in de ▶

netten) waardoor kosten voor netverzwaring worden vermeden. Tegelijk kan deze buurtbatterij worden ingezet voor het leveren van (systeem)diensten als netbalancering en portfoliomanagement. Netbeheerders echter, die belang hebben bij congestiemanagement, mogen niet deelnemen aan de handel in energie. Private partijen, die dat wel kunnen, hebben nu geen belang bij congestiemanagement. Als individuele partijen maar een deel van de waarde van een opslagsysteem kunnen benutten (zogenaamde split incentive) zullen ze minder bereid zijn te investeren en blijven de voordelen van opslag onderbenut.

Het is dus zaak dat de hele waardeketen gezamenlijk tot betere modellen komt om de verschillende functies van een opslag-systeem naast elkaar te benutten. Deze zogenaamde 'benefit stacking' staat nog in de kinderschoenen, maar is een belangrijke voorwaarde voor verdere uitrol van opslag. Dit zorgt voor meer inkomsten en levert dus een gunstigere business case op.

Ook is het van belang dat het eigendom en gebruik van opslagsystemen als aparte grootheden worden bekeken. In die zin dat een opslagsysteem kan worden vergeleken met de exploitatie van vastgoed. De eigenaar wil rendement halen, maar verhuurt zijn vastgoed geheel of gedeeltelijk aan partijen die er gebruik van maken. Zo kan het ook met opslag. Verschillende (publieke en private) partijen zouden juist samen moeten zoeken naar de optimale exploitatiemix, waardoor het gezamenlijk rendement hoger is. Door de functies van een energieopslagsysteem als dienst te zien, kunnen die diensten ook door verschillende partijen worden ingekocht. Bijvoorbeeld door netbeheerder(s) voor congestiemanagement of andere systeem-diensten, door energiebedrijven voor portfolio-management en door consumenten of bedrijven voor (tijdelijke) lokale opslag.

Voorwaarde is wel dat er voldoende – en liquide – markten zijn waarop de diensten van opslag verhandeld kunnen worden.

6. Marktontwikkeling en innovatie

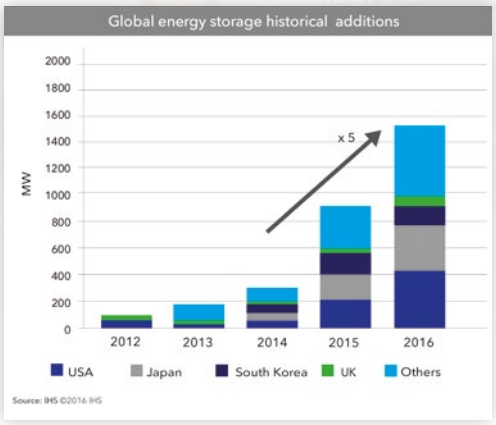
De vraag naar elektrische energieopslag is op mondiaal niveau de afgelopen twee jaar met ruim 500% toegenomen[4]. Vooral in de Verenigde Staten, Zuid-Korea en in het Verenigd Koninkrijk heeft energieopslag een vlucht genomen. In de Verenigde Staten is het mandaat van de overheid om 1.3 GW aan opslag te plaatsen een belangrijke trekker. Zuid-Korea heeft een 500MW frequentiereguleringsmarkt opgezet en in het Verenigd Koninkrijk is er nu een sterke vraag naar energieopslag door het door National Grid ingezette 'Enhanced Frequency Response' regime. Hierdoor kan 200MW aan opslag worden geplaatst.

IHS heeft een prognose gemaakt van de toekomstige installaties energieopslag in Europa en de rest van de wereld. In Europa is de verwachting dat tot 2020 veel installaties worden neergezet, tussen de 600MW en 800 MW per jaar.

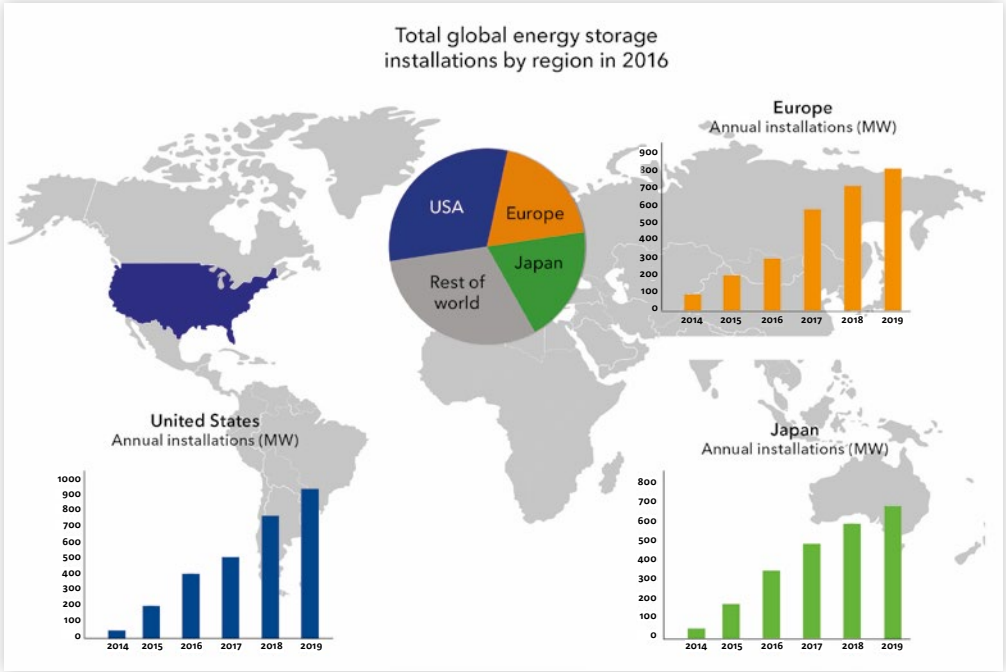
De bijzonder snelle groei van de markt voor energieopslag creëert allerlei kansen voor technologiebedrijven en energie-dienst-verleners. In Nederland verdubbelt het aantal bedrijven dat zich bezighoudt met energieopslag jaarlijks. Daaronder bevindt zich een twintigtal kansrijke startups. Veel van deze bedrijven zijn innovatie-gedreven. Het is daarom ook van groot belang dat onderzoek en ontwikkeling op een hoog peil blijven. In de NWA route energietransitie is energieopslag een van de tien belangrijke bouwstenen voor een toekomstbestendig energiesysteem, de TKI Urban Energy besteedt aandacht aan zowel elektrische- als thermische energieopslag.

[4] Zie: IHS, global outlook energy storage

[5] Zie: IHS, global outlook energy storage



Grafiek 6.1: mondiale toename van geïnstalleerd vermogen energieopslag[5]



Figuur 6.2: gerealiseerde een voorspelde toename aan geïnstalleerde capaciteit in de wereld (IHS, 2015)

7. Markten voor ontsluiting van waarde uit flexibiliteit en opslag

7.1 Bestaande markten/ Nederlandse elektriciteitsmarkt

Sinds 2004 heeft Nederland een geliberaliseerde elektriciteitsmarkt, waarbij afnemers zelf een leverancier kunnen kiezen. Deze liberalisering is doorgevoerd aan de hand van EU-regelgeving, wat heeft geleid tot de splitsing van netwerkbedrijven en leveranciers. Het wettelijk kader voor de regelgeving op nationaal niveau ligt in de Elektriciteitswet van 1998. Uitgangspunt in deze wet is het zorgdragen voor een betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam energiesysteem.

In tegenstelling tot fysieke goederen heeft elektriciteit de bijzondere eigenschap dat het (nog) niet op grote schaal kan worden opgeslagen, maar dat de consumptie ervan wel continu doorgaat. Warmte kan makkelijker opgeslagen worden, zonder conversie. Voor zowel elektriciteitsopslag als voor warmteopslag geldt echter dat er verliezen bestaan. Voor de betrouwbaarheid van de levering van elektriciteit is het van belang dat vraag en aanbod van elektriciteit aan het elektriciteitsnet[6], op ieder moment in balans zijn. Om de balans te optimaliseren is de Nederlandse elektriciteitsmarkt opgedeeld in verschillende markten voor verschillende tijdsschalen: op langere termijn (bijvoorbeeld een jaar vooruit) tot de zeer korte termijn (op de dag zelf) kan gehandeld worden in elektriciteit om vraag en aanbod op elkaar af te stemmen.

Een belangrijk onderdeel voor het optimaliseren van de balans in het elektriciteitsnetwerk is het systeem van programmaverantwoordelijkheid. Programmaverantwoordelijkheid is de verantwoordelijkheid van afnemers en vergunninghouders om programma's voor productie, transport en verbruik van elektriciteit op te stellen voor de netbeheerders en zich overeenkomstig deze programma's te gedragen[7].

Een compleet overzicht van de actoren in het Nederlandse energiesysteem is opgenomen in de bijlage 'energiesysteem en actoren'.

De programmaverantwoordelijken (PV's[8]) moeten TenneT dagelijks informeren over de geplande transacties voor de volgende dag met andere PV's, aangezien deze transacties leiden tot transporten in het elektriciteitsnet. De som van alle transacties per PV heet een Energieprogramma (E-programma), waarin per 15 minuten staat hoeveel elektriciteit (MWh) de partij de volgende dag gaat invoeden op het net en hier van afneemt. Wanneer een PV afwijkt van zijn programma (wat in de praktijk vaak het geval is) kan dit resulteren in onbalans op het net en onbalanskosten voor de PV.
Op de verschillende elektriciteitsmarkten, zie hieronder in figuur 7.1, wordt gehandeld door de PV's (zoals producenten, leveranciers, grootverbruikers en handelaren).

De termijnmarkt, day-ahead markt en intraday markt vormen de handelsmarkt voor elektriciteit in Nederland met meerdere aanbieders en vragers. Hierbij kan elektriciteit verhandeld worden vanaf enkele jaren vooruit (lange termijn) tot vijf minuten voor het moment van levering (intraday). De handel vindt plaats via de ENDEX[9] en APX[10] beurs, maar kan ook plaatsvinden via een direct bilateraal contract tussen partijen. Naast deze markten is er nog het balanceringssysteem van TenneT, vaak onbalansmarkt genoemd. In het algemeen wordt onder de onbalansmarkt de frequency restoration reserves (of regelvermogen) verstaan. Naast deze frequency restoration

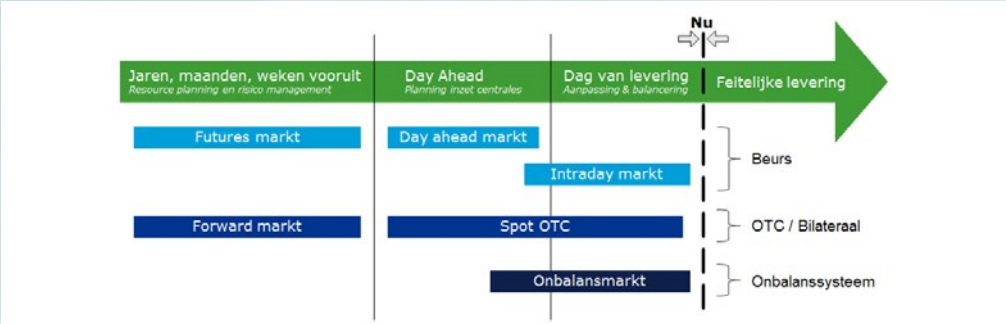
[6] Het elektriciteitsnet moet uiteraard voldoende capaciteit en robuustheid hebben, dit wordt gereguleerd vanuit de overheid.

[7] Zie http://www.tennet.eu/nl/nl/klanten/diensten/systeemdiensten/programmaverantwoordelijkheid.html.

[8] Partijen gekoppeld aan het net kunnen hun programma verantwoordelijkheid ook outsourcen naar een andere PV. Kleinschalige consumenten hoeven geen PV contract met TenneT te sluiten, dat doet de energieleverancier waar ze een contract mee hebben voor ze. Iedere Nederlandse of buitenlandse natuurlijke of wettelijke persoon kan PV worden.

[9] Zie https://www.theice.com/endex.

[10] Zie https://www.apxgroup.com/market-results/apx-power-nl/dashboard/.



Figuur 7.1 Verschillende elektriciteitsmarkten, in chronologische volgorde

reserves is er nog de frequency containment reserves en de tertiaire reserve[11] (ook wel noodvermogen genoemd). Omdat TenneT de enige afnemer is, zijn dit eenzijdige markten.

Termijnmarkten

Partijen kunnen op de termijnmarkten elektriciteit verhandelen waarvan de levering pas op de langere termijn plaatsvindt. Deze transacties kunnen plaatsvinden via de ENDEX beurs en via tussenhandelaren. Omdat de prijs van langetermijncontracten over een bepaalde periode berekend is, geven deze contracten een stuk zekerheid en zijn ze interessant voor partijen.

In het algemeen zijn de langere termijnmarkten weinig aantrekkelijk voor energieopslag, aangezien het aangaan van een langetermijncontract juist flexibiliteit weg neemt. Een dergelijk contract kan relevant zijn als er sprake is van bepaalde opslagtechnologieën met meer volume op de langere termijn. Zo'n contract geeft dan zekerheid voor de afname of inkoop over een bepaalde periode voor een zekere prijs.

APX day-ahead markt

De voornaamste markt is de APX day-ahead markt, waarvan ook wel wordt gezegd dat het een referentie vormt voor de marktprijs voor elektriciteit[12]. De handel vindt een dag vooraf aan het leveren van de elektriciteit plaats, waarbij de marktpartijen hun biedingen voor 12:00 moeten indienen. Deze biedingen geven in blokken van een of meerdere uren aan hoeveel MWh de marktpartij wil produceren en/of consumeren en voor welk bedrag. Hierna worden vraag en aanbod vergeleken en wordt via het veilingsysteem van de APX de marktprijs per uur voor de volgende dag berekend. De day-ahead markt in Nederland is een energy-only markt, wat inhoud dat enkel verhandelde elektriciteit (MWh) wordt verrekend en niet de beschikbaarheid van elektriciteit (MW).

Arbitrage, het inkopen/laden ten tijde van een overvloed aan elektriciteit met lage prijzen en het verkopen/ontladen ten tijde van een grote behoefte aan elektriciteit, is een manier om geld te verdienen met opslag. Het gemiddelde prijsverschil per dag in 2015 was 0,022 €/kWh. Enkel handelen op de APX-markt met een energieopslagsysteem zal dus (op dit moment) een vrij lage opbrengst opleveren.

Intraday markt

Naast een handel in elektriciteit vooraf, kan er op de dag zelf ook gehandeld worden in elektriciteit. Dit verloopt dan via de intraday markt, waarbij, vanaf het moment dat de day-ahead markt sluit, kan worden geboden tot vijf minuten voordat de levering moet plaatsvinden. Dit geeft marktpartijen de kans om hun positie aan te passen na de sluiting van de day-ahead markt. Dit kan het geval zijn als de productie of de vraag bijvoorbeeld kleiner is dan dat een dag eerder werd verwacht.
De intraday markt kent een iets grotere prijsvolatiliteit dan de day-aheadmarkt. Bovendien is het de verwachting dat het handelsvolume op deze markt onder invloed van de toename van het geïnstalleerde hernieuwbare opwekvermogen verder toeneemt[13]. Zo kunnen updates van de voorspelling voor de productie en invoeding van hernieuwbaar opwekvermogen gedurende de dag leiden tot handelstransacties op de intraday markt. Dit is in Duitsland goed zichtbaar. Gegeven deze iets grotere volatiliteit en toenemende liquiditeit zijn er voor opslag voldoende mogelijkheden om te verdienen met arbitrage op de intraday markt.

Kwartierproducten

Op de Duitse intraday markt wordt inmiddels gehandeld in kwartierproducten, wat beter af te stemmen is met de verandering in productie van bijvoorbeeld zonnepanelen. In Duitsland zijn de prijzen op de intraday markt in het eerste kwartier van een uur in de ochtend gemiddeld hoger dan in het laatste kwartier van het uur en andersom in de middag. Dit heeft te maken met de steile toename in productie in de ochtend, waarbij marktpartijen gemiddeld in het eerste

[11] In ENTSO-E verband wordt gesproken van de termen Frequency Containment Reserves (FCR) voor de primaire reserve, Frequency Restoration Reserves (FRR) voor de secundaire reserve, en Replacement Reserves (RR) voor de tertiarire reserve. Zie ENTSO-E, Supporting Document for the Network Code on Load-Frequency Control and Reserves, 2013.

[12] ISPT, CE Delft, Berenschot, 2015, Power to Products

[13] De afgelopen jaren is het verhandelde volume steeds toegenomen, en deze trend zet zich ook dit jaar voort.

kwartier in de ochtend *short* zitten (er is een prikkel om elektriciteit bij te kopen), en in het laatste kwartier *long* (er is een prikkel om elektriciteit te verkopen)[14].

TenneT regelvermogen (secundaire reserve)

De onbalansmarkt voor regelvermogen is een real-time markt die wordt gehandhaafd door TSO TenneT om afname en invoeding van elektriciteit op het net op het moment zelf in balans te houden[15]. Het regelvermogen wordt ingezet voor het herstel van de frequentieafwijking (FRR), nadat de primaire reserve automatisch is geactiveerd. Dit om een afwijking in de frequentie tegen te gaan.

Als een marktpartij zich niet aan het energie-programma houdt dat een dag eerder is opgesteld en ingediend, kan dit leiden tot onbalans tussen de geplande afname en invoeding van elektriciteit op het net[16]. TenneT houdt dit continue in de gaten en kan marktpartijen verzoeken om meer of minder te produceren dan wel elektriciteit af te nemen (de elektriciteit moet binnen 15 minuten volledig beschikbaar zijn). Partijen die ten opzichte van hun energieprogramma onbalans hebben gerealiseerd, krijgen een rekening aan de hand van de prijzen die op de markt tot stand komen. Deze prijzen gelden ook voor de partijen die door TenneT zijn afgeroepen voor de levering van secundaire reserve. Daarnaast ontvangen de partijen die een contract hebben met TenneT een capaciteitsvergoeding. Dit zijn veelal de grote producenten. TenneT wil onderzoeken of het mogelijk is om in de toekomst nieuwe partijen te contracteren die deze flexibiliteit kunnen leveren. Deze partijen met nieuwe vormen van productie en/of kleinere vermogens zijn nodig als de grote energiecentrales minder vaak draaien. TenneT verwacht het najaar van 2016 te starten met de eerste verkennende gesprekken, om vervolgens in de loop van 2017 met een pilot rond het contracteren van regel- en reservevermogen te beginnen.[17]

Partijen die geen contract hebben met TenneT kunnen echter wel bijdragen aan de balans op het net en daar ook geld aan verdienen. TenneT stimuleert dit zelfs door de staat van het net real-time te publiceren op haar website, waarbij een indicatie wordt gegeven van de verrekenprijs.

Met energieopslag kan op de onbalansmarkt op twee manieren geld opbrengen:

1. E-programma optimalisatie: een batterij kan ervoor zorgen dat het programma beter gevolgd kan worden. Hiermee kunnen kosten als gevolg van onbalans worden voorkomen.
2. Slim handelen op de onbalansmarkt: door te leveren of af te nemen wanneer er onbalans is, kan geld worden verdiend, zoveel als de dan geldende onbalansprijzen.

De onbalansprijzen liggen gemiddeld hoger dan de APX day-ahead en zijn zeer variabel. Zo lag de gemiddelde prijs voor opregelen in 2015 op € 75,49/MWh en in de eerste helft van 2016 op 56,65 €/MWh. Op dezelfde dag als waarop het maximale APX prijsverschil 18,96 €/MWh was, 31 juli 2016, was de hoogste opregelprijs 350,02 €/MWh, en de laagste afregelprijs -78,03 €/MWh. Gezien het onvoorspelbare karakter van de onbalansprijzen en de regel-toestand is het lastig om hier slim op in te zetten en er opbrengst uit te krijgen. Een goede strategie en slimme tools kunnen hierbij helpen.

TenneT primair reservevermogen

Het primaire reservevermogen wordt via de primaire regeling automatisch geactiveerd en moet binnen dertig seconden voor de duur van maximaal 15 minuten volledig beschikbaar zijn. Het doel van de primaire reserve is het stabiliseren van frequentieverstoringen (FCR) in het gehele (Europees continentaal) gekoppelde hoogspanningsnet, ongeacht de oorzaak en locatie van de verstoringen. Zonder deze primaire reserve kunnen frequentieverstoringen tot automatische belastingafschakeling leiden of, in het ergste geval, een *black-out*[18]. In Europees verband hebben transmissienetbeheerders per jaar afgesproken hoeveel primair reservevermogen zij elk achter de hand moeten hebben om frequentieverstoringen in het Europese hoogspanningsnet te stabiliseren. In Nederland moet TenneT meestal rond de 100 MW aan primair reservevermogen paraat hebben.

Sinds 2014 moet TenneT de primaire reserve op een marktconforme wijze inkopen. Dit gebeurt via het Duitse platform *regelleistung*[19]. Deze inkoop gaat via wekelijkse tenders, waarbij ongeveer 70MW gezamenlijk wordt geveild met de Duitse TSO's en ongeveer 30 MW wordt aanbesteedt in een separate veiling met alleen Nederlandse aanbieders. De vergoeding die de aanbieders ontvangen

[14] Zie TenneT Market Review 2015.

[15] Zie http://www.tennet.org/bedrijfsvoering/Systeemgegevens_voorbereiding/Aangeboden_regel_en_reservevermogen/index.aspx.

[16] Dit hoeft niet altijd zo te zijn. Ook als een energieprogramma wordt gevolgd kan er onbalans ontstaan. Zo kan de verandering in de invoeding op het net tijdens het kwartier aanleiding zijn voor TenneT om secundaire reserve af te roepen, terwijl de onbalans er over het gehele kwartier niet zou zijn geweest.

[17] Zie http://www.tennet.eu/nl/nieuws/nieuws/tennet-bereidt-elektriciteitssysteem-voor-op-toename-duurzame-energie-1/.

[18] http://www.tennet.org/bedrijfsvoering/Systeemgegevens_voorbereiding/primaire_reserve.aspx

[19] Zie https://www.regelleistung.net/ext/.

is een capaciteitsvergoeding: partijen krijgen ervoor betaald (€/MW/week) als ze vermogen beschikbaar hebben om primaire reserves te leveren. Ongeacht of en hoe vaak de partijen opgeroepen worden. De gemiddelde marktprijs ligt tussen de € 2.000 en € 4.000 per MW per week. In 2015 was de gemiddelde prijs € 3.500 per MW per week.

Met een opslageenheid moet een leverancier in staat zijn een half uur lang het geleverde vermogen te leveren, waarna het systeem twee uur tijd heeft om te herstellen. De eenheid dient een week lang klaar te staan met minimaal 1 MW aan vermogen op- en afregelen (i.e. 1 MW leveren aan of 1 MW afnemen van het net). Een halfuur lang 1 MW leveren, komt overeen met 0,5 MWh aan energie. Omdat dit zowel ontladen als opladen kan zijn, zal de opslageenheid minimaal 1 MWh aan capaciteit moeten hebben met een *state of charge* van 50%.

Naast de inkoop via wekelijkse veilingen bij centrale producenten, faciliteert TenneT de deelname van decentralere partijen voor de levering van primair reservevermogen. Zo start TenneT ook een pilot met verschillende partijen voor de levering van primair reservevermogen. Dit vermindert de afhankelijkheid van grote centrales voor de levering van deze flexibiliteit. Dit is nodig omdat verwacht wordt dat de conventionele energiecentrales steeds minder vollasturen zullen maken met een toenemende hoeveelheid opgewekte hernieuwbare energie.

Een van de pilots wordt uitgevoerd met The New Motion, een dienstverlener op het gebied van laadpalen en laaddiensten voor elektrische auto's. Deze laadpalen, ongeveer 25.000 in Europa, zijn automatisch op afstand te regelen. Door de laadsnelheid aan te passen kan primaire reservevermorgen worden geleverd.

Daarnaast zijn er pilots met nieuwe energie-technologieën zoals watergemalen, koel-installaties, WKK's, (gebruikte) batterijen, warmteboilers, zonnepanelen en windmolens. De verwachting is dat de diverse partijen vanaf januari 2017 primaire reserve gaan leveren aan TenneT.[20]

7.2 Andere en toekomstige markten (huidige aantrekkelijke markten voor opslag)

Zoals hierboven aangegeven, zijn er diverse markten om elektriciteit te verhandelen. Deze markten verschillen in doel, tijdschaal, vergoeding, spelers en liquiditeit. Dergelijke elektriciteitsmarkten vind je ook in andere landen, waar ze zijn opgezet aan de hand van de daar geldende regelgeving. Buiten Europa kunnen elektriciteitsmarkten weer anders zijn ingericht dan in Europa.

De EU probeert de beleidsverschillen in EU-landen tegen te gaan. Dit doet ze door de elektriciteitsmarkten steeds verder te integreren, met met als doel de realisatie van een interne markt voor elektriciteit. Het idee is namelijk dat een geïntegreerde markt met meer aanbieders en afnemers tot optimale keuzevrijheid voor consumenten leidt. Ook leidt dit tot perfecte (grensoverschrijdende) concurrentie tussen aanbieders, een hogere welvaart en een betrouwbare elektriciteitslevering. Zo wordt nagedacht over de harmonisering van regels op de langere termijnmarkten[21], worden de spotmarkten[22] in de EU steeds verder gekoppeld[23] en zijn er initiatieven voor de integratie van de onbalansmarkten[24]. De regelgeving rond deze harmonisering wordt momenteel vastgelegd in de Europese netwerkcodes[25]. Over het algemeen is de verwachting dat meer marktkoppeling leidt tot gemiddeld meer convergentie op gebied van prijzen en volatiliteit ten opzichte van de situatie wanneer markten minder gekoppeld zijn.

Voor Nederland is de verwachting dat het verdienpotentieel voor opslag op de spotmarkt de komende jaren beperkt is. Dit werd aangetoond in een recente studie in opdracht van het Ministerie van EZ[26]. Dit beperkte potentieel komt onder meer doordat Nederland relatief veel flexibel in te zetten vermogen, zoals gascentrales (inclusief WKK), heeft relatief weinig congestie heeft op het hoogspanningsnet en via interconnectoren goed verbonden is met omringende landen.

De prijsvolatiliteit neemt toe naarmate de markten dichter bij real-time komen, zoals op de intraday en onbalansmarkten. Bovendien vertonen de onbalansmarkten, ondanks het beleid tot harmonisering, nog een hoge mate van diversiteit. Dit komt doordat het kunnen reageren op de onbalans geen

[20] Zie http://www.tennet.eu/nl/nieuws/nieuws/tennet-bereidt-elektriciteitssysteem-voor-op-toename-duurzame-energie-1/.

[21] Zie https://www.entsoe.eu/major-projects/network-code-implementation/Harmonisation-of-Allocation-Rules/Pages/default.aspx.

[22] Hieronder kun je de day-ahead en intraday markt verstaan.

[23] Zie http://www.acer.europa.eu/en/electricity/regional_initiatives/cross_regional_roadmaps/pages/1.-market-coupling.aspx.

[24] Zie https://www.entsoe.eu/major-projects/network-code-implementation/cross-border-electricity-balancing-pilot-projects/Pages/default.aspx.

[25] Zie https://www.entsoe.eu/major-projects/network-code-development/Pages/default.aspx.

[26] Zie https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2016/01/18/frontier-economics-2015-scenarios-for-the-dutch-electricity-supply-system.

eenvoudige opgave is en de behoefte aan balanceringsvermogen per land verschilt. Zo is de huidige onbalansmarkt (of markt voor *secundaire reserve*, of voor FRR) in Nederland anders geregeld dan die in bijvoorbeeld Duitsland[27]. De kansen voor opslag liggen dus vooral in onbalansmarkten met specifieke eisen en een goede vergoeding voor te leveren diensten. Ook liggen die kansen in de verwachting dat het toenemende hernieuwbare vermogen om meer flexibiliteit in het systeem vraagt.

Op grotere markten als de balancerings- en reservemarkt zou de thuisbatterij ook mee kunnen spelen doordat verschillende kleinere systemen geaggregeerd worden. In de winterperiode wordt het systeem minder gebruikt voor opslag van zonne-energie. Deze diversiteit aan markten biedt kansen voor verschillende technologieën rond opslag, zoals de markt voor Enhanced Frequency Response (EFR) in de UK en de markt voor *Fast-Frequency Regulation* in het gebied van de *Regional System Operator*[28] PJM in de VS. Deze markten worden in een aparte bijlage toegelicht.

7.3 Nieuwe marktmodellen en nieuwe rollen

Naast het aanpassen en versoepelen van eisen om te kunnen participeren in verschillende markten, zijn ook nieuwe marktmodellen en een andere inrichting van markten een optie. Er zou bijvoorbeeld een flexibiliteitsmarkt of -platform ingericht kunnen worden. Hierdoor is het voor decentralere aanbieders van flexibiliteit simpeler en aantrekkelijker om mee te doen.

In Nederland zouden de transparantie en de toegang tot en de liquiditeit op de onbalansmarkt voor regelvermogen kunnen worden verbeterd door er een tweezijdige markt van te maken. Momenteel is dit een eenzijdige markt, zoals ook beschreven in sectie 7.1: er zijn vele aanbieders van regelvermogen, en TenneT is de enige afnemer.

De verantwoordelijkheid voor het reserveren van reservecapaciteit om fluctuaties te balanceren kan ook bij marktpartijen gelegd worden. Zo kan vraag en aanbod van flexibiliteit op korte termijn bij elkaar komen, zoals bij de spotmarkten gebeurd. Op deze wijze ontstaat er een echte markt en kunnen aanbieders van capaciteit op basis van die markt ook een businessmodel creëren. Het is dan dus niet (alleen) de TSO die de verwachte onzekerheid oplost door energie in te kopen, maar alle denkbare partijen kunnen dat doen. Dat stimuleert een goede prijsvorming en stimuleert partijen bovendien om eventuele onzekerheden zo goed mogelijk in te schatten. Een windpark kan dan bijvoorbeeld een 'verzekering voor deze onzekere pieken en dalen 'kopen bij een partij die de capaciteit biedt om die onzekerheden op te lossen, zoals een partij met energieopslag. In dit systeem fungeert TenneT enkel nog als achtervang: alleen als de pieken en dalen buiten de range vallen van de in de markt afgekochte bufferfunctie, zal de TSO dit oplossen. Voor de aanbieder van duurzame energie is dat echter kostbaar, omdat het tarief van de TSO hoger zal zijn. Dit prikkelt de aanbieder dan ook tot accurate voorspellingen.

Maar ook op een ander – minstens even belangrijk – terrein kunnen nieuwe flexibiliteitsplatforms de juiste marktprikkels opleveren. Wanneer we lokale aspecten zouden kunnen waarderen op deze markt, kan de prijsvorming gebruikt worden om – waar dit nodig is – op distributieniveau vraag en aanbod beter op elkaar af te stemmen. Het gaat hier om het stimuleren van optimaal functionerende lokale smart grids. Met steeds meer lokale productie en consumptie (zoals zonnepanelen, elektrische auto's, warmtepompen, etc.) kan er congestie ontstaan. Uitbreiding van het netwerk is duur en daarom niet altijd de beste oplossing. Om die afstemming van vraag en aanbod op lokaal/distributieniveau te verbeteren, zijn de juiste prikkels nodig.

Prijsprikkel

Op dit moment is er eigenlijk geen prijsprikkel die ertoe bijdraagt dat een opwekeenheid – variërend van particuliere zonnepanelen tot grote windparken – op een 'logische' plaats in het netwerk komt. Het netwerkbedrijf heeft simpelweg de wettelijke plicht om deze eenheid aan te sluiten op het net, ook als dat vanuit maatschappelijk oogpunt hoge kosten oplevert en/of het logischer was om dat elders in het netwerk te doen. Het effect daarvan is dat in toenemende mate congestie op het net zal ontstaan. Dit komt doordat de dynamiek op het netwerk heel anders wordt en grotere uitslagen kent. Bovendien is hierdoor de net-stabiliteit in het geding.

Marktwerking in congestiemanagement

Congestiemanagement voor regionale netbeheerders is een mogelijke toekomstige markt voor flexibiliteit. Trends als elektrificatie en algemene verduurzaming veroorzaken een hogere elektrische vraag. Dit heeft tot gevolg dat de piekbelasting van het elektrische net

[27] Zie ENTSO-E, Survey on Ancillary Services Procurement and Electricity Balancing Market Design, jaarlijkse publicatie.

[28] PJM is dus niet een TSO, maar een RTO, een *Regional Transmission Organization*. Het verschil tussen beide is subtiel, en heeft meer te maken met (de grootte van) het controlegebied, en de TSO is meer een Europese term.

[29] Zie Ecofys, de waarde van congestiemanagement 2016

[30] Zie http://www.usef.info/Home.aspx.

hoger wordt. Dominant hierin is het aandeel elektrische auto's (EV's), warmtepompen en zonnepanelen. Als de piekvraag de capaciteit van het net overschrijdt, ontstaat overbelasting of zelfs uitval van het net. Traditioneel zou de capaciteit door middel van netverzwaring opgelost kunnen worden, maar er bestaan methodes om de piekvraag te verlagen. Buiten de piekvraag om wordt het netwerk de facto niet ten volle benut. Van deze resterende capaciteit kan gebruik gemaakt worden om de piekvraag te verlagen. Het beheersen van piekvraag is in feite congestiemanagement en maakt het mogelijk om netverzwaring te voorkomen of verzwaring te verkleinen.

Ecofys heeft in 2016 een onderzoek naar de waarde van dit concept gepubliceerd. In de volgende afbeelding zijn drie verschillende scenario's en hun resultaten te vinden. Er kan vooral winst worden behaald in de scenario's met warmtepompen en elektrisch vervoer. Deze hoogvermogen-toepassingen kennen een hoge gelijktijdigheid en vergen grote investeringen in netwerkcapaciteit. Er valt minder te winnen met congestiemanagement als er vooral veel in zonnepanelen wordt geïnvesteerd: de investering in flexibiliteit is vergelijkbaar met de besparingen op netverzwaring.

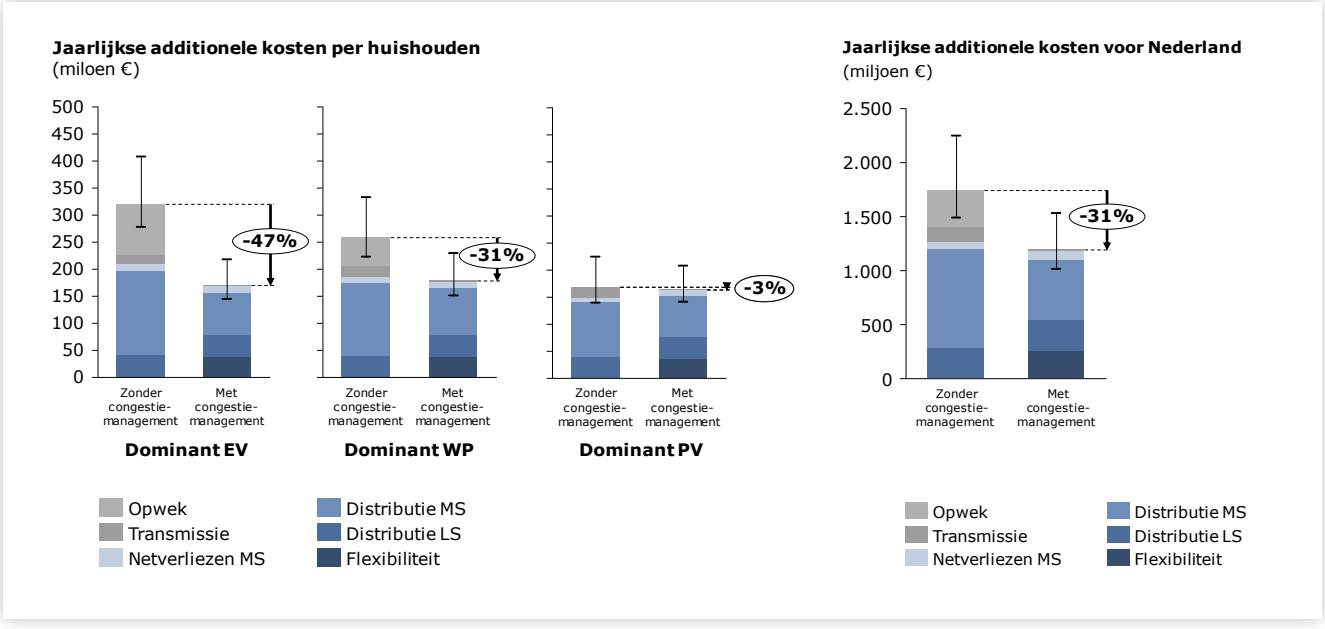
Een marktprikkel kan helpen door die bijdragen aan de congestie daarvoor een prijs te laten betalen. Het USEF- concept (Universal Smart Energy Framework[30]) speelt hier op in. Hiermee worden lokale partijen geprikkeld om productie en consumptie beter op elkaar af te stemmen.

Met de introductie van een goede nationale flexibiliteitsmarkt – zoals hiervoor beschreven – wordt het ook mogelijk dat een DSO de benodigde lokale flexibele capaciteit inkoopt op deze markt. We koppelen dan de nationale prijsvorming aan een lokale markt waarop partijen lokaal vraag en aanbod proberen te matchen. Hierdoor ontstaat een transparante nationale flexibiliteitsmarkt gekoppeld aan lokale prijsvorming. De introductie van een dergelijk model – is dan daadwerkelijk een mes wat aan twee kanten snijdt. Aan de ene kant is er sprake van optimale prijsvorming in een markt die (zeker op termijn) liquide is; aan de andere kant worden de juiste prijsprikkels geïntroduceerd om de ontwikkeling van smart grids te faciliteren en de gebruikers ervan op een 'eerlijke' wijze ervoor te laten betalen.

In een dergelijke nieuwe flexibiliteitsmarkt is er ruimte voor een nieuwe rol, die van aggregator, die aanbieders van flexibiliteit samenbrengt. Door de decentralere flexibiliteitsaanbieders, die meestal minder volumes hebben, te aggregeren en deze partijen een aantal taken uit handen te nemen, wordt de toegang tot de markt voor deze partijen eenvoudiger en aantrekkelijker. Uitgangspunten hierbij zijn enerzijds het maximaliseren van de waarde van flexibiliteit gegeven de behoefte van de consument, anderzijds een optimale economische uitkomst gegeven de capaciteit van het netwerk.

[29] Zie Ecofys, de waarde van congestiemanagement 2016

[30] Zie http://www.usef.info/Home.aspx.



Figuur 1: Scenario's waaruit blijkt hoeveel kosten worden uitgespaard met congestiemangement ten opzichte van pure netverzwaring zonder congestiemanagement. Uit rapport Ecofys[29]

8. Belemmeringen voor energieopslag in Nederland

De potentie van energieopslag wordt in Nederland nog steeds onvoldoende benut. Nederland loopt achter bij andere Europese landen en laat daardoor kansen voor een betaalbaarder, betrouwbaarder en duurzamer energiesysteem aan zich voorbijgaan.

Energy Storage NL heeft medio 2016 uitgebreid onderzoek gedaan naar de kansen en belemmeringen voor energieopslag. Dit onderzoek heeft ruim dertig onderwerpen aan het licht gebracht die de toepassing van energieopslag in Nederland belemmeren. De belangrijkste daarvan kunnen worden samengevat in drie punten:

8.1 Huidige wet- en regelgeving hinderen inzet van energieopslag als bron van flexibiliteit

- Energieopslagsystemen hebben een onduidelijke positie in relevante wet- en regelgeving (Elektriciteitswet, Systeemcode Elektriciteit, Tarievencode Elektriciteit, Europese Verordening 2016/631 (RfG), STROOM, warmtewet e.d.). Het gevolg is dat een gelijk speelveld met andere flexibiliteitsopties verstoord is. Dit komt tot uiting in:
  - **Dubbele belasting**: bij het opslaan van energie betaalt men twee keer energiebelasting: 1 x over het laden, en 1 x (na ontladen) bij de uiteindelijke afnemer.
  - **Asymmetrie in energiebelasting**: het inkopen van elektriciteit is (vanwege de huidige belastingsystematiek) duurder dan het verkopen. Hierdoor wordt beschikbare flexibiliteit niet efficiënt ontsloten.
- De **salderingsregeling** geeft kleinverbruikers met decentrale opwek (zon-PV) geen enkele prikkel om energie op te slaan voor eigen gebruik. Het elektriciteitsnet kan het hele jaar lang worden gebruikt als ‘gratis’ energieopslag en wordt daardoor onnodig (over)belast. De kosten hiervan worden (via socialisering) afgewenteld op de maatschappij.
- **Tariefsystematiek netwerkkosten** werkt onnodig kostenverhogend. Opslag heeft – net als WKK – last van de huidige systematiek van nettarieven, waarbij een eenmalige (afname) piek in gebruik het nettarief voor een langere periode bepaald. Deze transportafhankelijke kosten benadelen de business case. Ze worden, volgens de huidige regelgeving, terecht geheven maar zorgen voor een ongelijk speelveld in het nadeel van opslag. Opslag moet concurreren met andere aanbieders van energie; gas-, kolen- en waterkrachtcentrales.

Deze leveren bijvoorbeeld primaire reserve door op of af te regelen, maar ze zullen tijdens dit proces nooit energie innemen. Dit in tegenstelling tot opslag die geladen moet worden. Transportkosten worden uitsluitend aan 'verbruik' toegerekend en niet aan 'levering'. Energieopslag wordt aangeslagen over het 'piek-verbruik' van alle energie die de opslag in gaat. Dit betekent dat hoe meer de opslag het net ondersteund, hoe hoger de rekening is voor transportafhankelijke kosten. Het producententarief voor een traditionele gas-, kolen of waterkrachtcentrale is nul. Deze opwekker betaalt dus geen transportafhankelijke kosten.

- **Time-of-use** is voor kleinverbruikers niet beprijsd. Energiekosten op moment x of y zijn dezelfde, terwijl de werkelijke kosten voortdurend variëren (APX). Een kleinverbruiker wordt dus niet gestimuleerd om energie af te nemen of te leveren op momenten die het meest gunstig zijn (voor het systeem). Hiermee gaat een belangrijke bron van flexibiliteit verloren.

Om deze hindernissen voor energieopslag weg te nemen zijn de volgende acties noodzakelijk:

- **Opslag duidelijk definiëren** in relevante wet- en regelgeving. Opslag zou kunnen worden opgenomen als een aparte 'asset class' of geplaatst onder de categorie 'generator', met speciale randvoorwaarden. Er moet onderzocht worden waar aansluiting kan worden gezocht bij definitie in RfG (nu is opslag uitgezonderd van de scope (art. 3 lid 2 onder d): "Deze verordening is niet van toepassing op opslaginstallaties met uitzondering van elektriciteitsproductie-eenheden met pompopslag").
- Het **vervangen van de salderingsregeling** voor kleinverbruikers door een 'feed-in subsidie' waarvan de hoogte op termijn stapsgewijs kan worden verlaagd. Uitgangspunt hierbij is behoud van investeringszekerheid (terugverdientijd PV installatie 5-7 jaar) en de stimulering van momentaan verbruik.
- Gelijktijdig met de afbouw van de salderingsregeling moeten de **dynamische leveringsprijzen voor kleinverbruikers** uitgerold worden. Dit in combinatie met proposities uit de markt die flexibiliteit kunnen monetariseren en een ▶

verdienmodel inhouden voor de kleinverbruiker die opslag heeft (home storage, buurtbatterij of vehicle-2-grid).
- **Verduidelijking rol netbeheerders** (wat mag wel en wat mag niet). Netbeheerder moet in ieder geval diensten van opslagsystemen commercieel kunnen inkopen.
- **Aanpassing tariefsystematiek netwerkkosten**: ontwikkelen van betere alternatieven voor piek=piek. Task Force Flex (Netbeheer Nederland en Energie Nederland) heeft al voorstellen in voorbereiding zoals netbelasting-afhankelijke transporttarieven (stoplicht model).

8.2 Hoge kostprijs, onzekerheid en onbekendheid belemmeren inzet van opslag

De nog relatief hoge kostprijs van de huidige technologieën, de onzekerheid bij investeerders en eindgebruikers over de langjarige prestaties van nieuwe (opslag)technologieën en de onbekendheid met opslag bij asset managers en eindgebruikers belemmeren de inzet van opslag als bron van flexibiliteit. Op zich is dit een bekend verschijnsel bij de introductie van nieuwe technologie (vergelijk de elektrische auto en zonnepanelen). Daarom zou de overheid het gebruik van deze technologie -moeten stimuleren, zoals dat in Duitsland gebeurd. Hiermee wordt een impuls gegeven aan groene groei zoals die is voorzien in het Energieakkoord (60.000 banen er bij in de groene energietechnologie in 2023). Om de inzet van energieopslag te versnellen, zijn – naast de essentiële aanpassingen in wet- en regelgeving – de volgende acties noodzakelijk:

- **Verdere intensivering van R&D**. In de NWA-route energietransitie[31] worden elektriciteits-, warmteopslag en conversie genoemd als essentiële elementen van een duurzame energiehuishouding. Nederland heeft op een aantal terreinen van de energieopslag een uitstekende uitgangspositie die benut moet worden om de verdienkracht van de Nederlandse industrie verder te versterken.
- **Grootschalige demonstratieprojecten**: In Nederland is tot nu toe op zeer beperkte schaal geëxperimenteerd met opslag (AES Zeeland, IPIN programma, Fudura, Jouw Energiemoment, buurtbatterij e.d.). Het principe is daarmee aangetoond maar echte effecten komen pas bij opschaling met een factor honderd.
- **Netbeheerders en installateurs ontbreekt het aan actuele kennis over energieopslag**. Opslag wordt door asset managers van netwerkbedrijven nog beperkt ingezet terwijl opslag juist in een periode van transitie en investeringsonzekerheid kan zorgen voor snelle, tijdelijke en economisch optimale netuitbreiding. De wettelijke beperkingen met betrekking tot levering van energie(diensten), risicomijding de onbekendheid met (business) modellen om waarde uit opslag te benutten en een gebrek aan ervaring met opslag zijn factoren die hier aan bijdragen. Ook kennen eindgebruikers de mogelijkheden van energieopslag vaak niet.
- **In Nederland ontbreekt een visie voor grootschalige opslag** in vrijwel in alle discussies en plannen (Energierapport, EnergieAkkoord, Energiedialoog). Er is grootschalige (seizoens) opslag nodig om toekomstige tekorten op te vangen als duurzame bronnen stilvallen. Vanwege de lange doorlooptijd van dit type projecten moeten we nu starten met ontwikkeling en demonstratie van grootschalige seizoensopslag. Na 2023 zullen deze vormen van opslag hard nodig zijn.

8.3 Door een gebrek aan opslag-capaciteit wordt meer CO_2 uitgestoten dan noodzakelijk is

Als er op bepaalde dagen te veel duurzame energie wordt opgewekt, moeten wind- en zonne-energie worden afgeschakeld (zogenaamde curtailment). Dit verlies aan duurzame energie kan worden voorkomen als er meer opslagcapaciteit is. In Duitsland werd in 2015 voor ruim 250 miljoen euro[32] aan duurzame energie 'weggegooid' vanwege overschotten. Dit zal alleen maar toenemen. Het verlies van deze 'verloren', duurzame, energie moet worden gecompenseerd met opwekking van energie uit fossiele bronnen.

Door het stimuleren van de inzet van klein- en grootschalige opslag kan curtailment worden voorkomen. Dit kan zowel bij de bron (opslag bij een windmolen, zonnepark of andere decentrale opwekking) als op strategische knooppunten in energie(transmissie)netten. In Duitsland staan inmiddels meer dan 25.000 home energy storage systemen opgesteld met een gezamenlijk vermogen van 175 MWh. Deze installaties komen in aanmerking voor een subsidie en deelfinanciering via het KfW. In Nederland is een gelijksoortige stimulering wenselijk.

[31] http://www.wetenschapsagenda.nl/energietransitie/

[32] Uniper

9. Conclusie

Energieopslag zal een steeds groter rol gaan spelen in onze energie-voorziening. De technologie voor opslag wordt ieder jaar goedkoper, de behoefte aan (snelle) flexibiliteit neemt gestaag toe en de markt-mechanismen voor handel in flexibiliteit worden steeds beter.

Kortom, uit een modern energiesysteem is energieopslag niet meer weg te denken.

Toch laat Nederland kansen liggen om de waarde van energieopslag ten volle te benutten voor een betrouwbaar, betaalbaar en duurzaam energiesysteem.

Het Nationaal Actieplan Energieopslag legt de vinger op de zere plekken en geeft suggesties voor het wegnemen van de belemmeringen. Als we door het wegenemen van deze belemmeringen snel een aantrekkelijke thuismarkt creëren, zullen innovatieve technologie- en energiebedrijven hiervan profiteren en de huidige achterstand kunnen omzetten in een voorsprong die wereldwijd verzilverd kan worden!

10. Bijlagen

10.1 Energiesysteem en actoren

In het kort kunnen de volgende actoren in het (Nederlandse) elektriciteitslandschap worden onderscheiden:

De **TSO** TenneT is de beheerder van het landelijk hoogspanningsnet (110 kV en hoger) en is als zodanig verantwoordelijk voor de instandhouding hiervan; de belangrijkste taken van TenneT zijn het verzorgen van transportdiensten en van systeemdiensten (inclusief balanshandhaving).

De regionale netwerkbeheerders (**DNO's**) beheren en bedrijven het laag- en midden-spannningsnet (0,4 tot 110 kV). Deze zijn ook verantwoordelijk voor de administratie van de daadwerkelijk afgenomen en/of ingevoede hoeveelheid elektriciteit per programmaverantwoordelijke partij.

De **producenten** zijn de partijen die elektriciteit opwekken via de omzetting van diverse energiebronnen in elektriciteit met behulp van verschillende technologieën, zoals conventionele elektriciteitscentrales en windturbines.

De **programmaverantwoordelijke (PV) partij**: De verantwoordelijkheid van zowel leveranciers met een vergunning als afnemers (niet kleinverbruikers), om programma's met betrekking tot de productie, het transport en het verbruik van elektriciteit op te stellen of te doen opstellen ten behoeve van de netbeheerders en zich te gedragen in overeenstemming met die programma's. Draagt het risico van onbalans.

De **meetverantwoordelijke bedrijven (MV)** meten het daadwerkelijke verbruik conform de Meetcode.

De **leveranciers** dragen zorg voor de levering van elektriciteit aan de eindafnemers (zowel particulieren als bedrijven).

Eindafnemers: afnemers van elektriciteit bij een leverancier. Die kunnen via (diensten-) leveranciers, aggregators of hun PV partij minder of meer actief participeren in de markt.

De **overheid** speelt op een aantal manieren een rol: ze bepaalt de marktinrichting (elektriciteits-wet en diverse codes); via het toezicht (regulator), wegnemen belemmeringen, via het vormgegeven van beleid voor duurzame energie en energie-efficiency (SDE-subsidie, regulerende energiebelasting, etc.)
Handelsplatformen: De elektriciteitsbeurs waar gehandeld wordt in elektriciteit, zoals de APX in Nederland voor de day ahead en intraday markt.

10.2 Enhanced Frequency Response in de UK – National Grid

In de UK is de TSO National Grid bezig met de voorbereidingen om een nieuw product genaamd Enhanced Frequency Response voor frequentiehandhaving (FCR) in de markt te zetten[33]. Dit product kan gezien worden als een soort primaire reserve zoals in Nederland. Echter, capaciteit van dit product moet binnen een seconde vol vermogen kunnen leveren (zowel opwaarts als neerwaarts), in tegenstelling tot de 30 seconden voor primaire reserve in Nederland (of de 10 seconden voor de bestaande Firm Frequency Response in de UK). Bovendien moet EFR minimaal 15 minuten lang kunnen worden geleverd.

National Grid is van plan om ongeveer 200MW aan EFR-capaciteit in te kopen met een contractduur van 4 jaar, waarbij een bieding minimaal 1MW moet zijn en maximaal 50MW (dit kan aangepast worden). Een aanbieder op deze markt mag ook bieden op andere producten. De eerste tender voor dit product is in juli 2016 (waarbij een aantal partijen zich al heeft gekwalificeerd) om de dienst te leveren in de winter van 2017/2018, waarvan de resultaten eind augustus 2016 bekend zullen worden gemaakt.

Volgens diverse scenariostudies van National Grid zal de behoefte aan EFR de komende tien jaar groeien tot tenminste een aantal keer deze 200MW (en mogelijk richting de 1GW) Dit door de toename van hernieuwbaar opwekvermogen en door de afname van stuurbare thermische capaciteit. Bovendien kan EFR in de toekomst mogelijk andere balanceringsproducten, zoals *Firm Frequency Response*, deels gaan vervangen. Daarom is het de intentie van National Grid om na deze eerste ronde op reguliere basis tenders te organiseren om extra EFR-capaciteit in te kopen. Daarnaast

[33] Zie http://www2.nationalgrid.com/Enhanced-Frequency-Response.aspx.

wordt onder de naam SMART Frequency Control in de UK onderzocht hoe nieuwe technologieën zoals opslag en demand-response (vraagsturing) bij kunnen dragen aan frequentiehandhaving, waarbij in de toekomst mogelijke andere producten naast EFR worden opgezet[34].

National Grid stelt expliciet dat ze zich met EFR, en de eisen die worden gesteld, richten op opslagtechnologie voor het leveren van frequentiehandhaving, gegeven de relatief korte reactietijd en duur. Dit kan ook de interesse vanuit de markt voor eerste tender verklaren. Zo geeft een contractduur van vier jaar een stuk zekerheid over de inkomsten, wat de drempel om een opslagsysteem neer te zetten kan wegnemen. Dit brengt namelijk hoge initiële investeringen met zich mee die moeten worden terugverdiend.De levensduur van een opslagsysteem is vaak nog langer. Vaak is de contractduur van dergelijke producten echter niet langer dan een jaar. Zo wordt het primaire reservevermogen voor Nederland wekelijks geveild.

Volgens insiders kan een vergoeding voor EFR worden verwacht die ongeveer twee keer hoger is dan de vergoeding voor *Firm Frequency Response*, dieongeveer tussen de 12 – 24 €/MW/uur ligt. De vergoeding is echter afhankelijk van de performance, die per Imbalance Settlement Period (Programma TijdsEenheid, PTE) wordt bepaald en verrekend op basis van beschikbaarheid en kwaliteit. De eis is dat een beschikbaarheid van 95% over een jaar kan worden gehaald. Uitgaande van een capaciteit van bijvoorbeeld 1 MW en bovenstaande aannames, kan dan ongeveer tussen de 200k€ en 400 k€ per jaar verdiend worden met het leveren van EFR in de UK. Bovendien kan ook worden verdiend op andere markten, wat de business case aantrekkelijker maakt.

10.3 Fast-Frequency Regulation in de VS - PJM

De Amerikaanse markt in het gebied van PJM (de daar lokale transmissie verantwoordelijke partij) maakt op het gebied frequentiehandhaving onderscheid tussen verschillende regelvermogens. Enerzijds is er regelvermogen dat beperkt is in de tijd waarin het geactiveerd en opgeschaald kan worden (zoals conventionele opwekkingseenheden). Daarnaast is er regelvermogen dat beperkt is in de duur en hoeveelheid energie die het kan leveren maar wel extra snel kan reageren (zoals batterijen en vliegwielen). Dit onderscheid is in 2012, onder invloed van de toezichthouder, doorgevoerd, waarbij de twee types regelvermogen ook een verschillend signaal volgen voor het leveren van de diensten. Het regelvermogen dat snel moet reageren, moet niet een traditioneel maar een dynamisch signaal volgen, aangezien variaties in de frequentie vaak snel optreden. De partijen die dit type regelvermogen willen leveren, moeten een test afleggen en een score van tenminste75% halen.

De vergoeding voor dit snel-reagerende regelvermogen bestaat uit een vergoeding voor beschikbaarheid en performance ('pay for performance' op basis van 'mileage'). Hierbij wordt de perfor mance aan de hand van het extra geleverde regelvermogen ten opzichte van het geleverde regelvermogen door de 'langzamere' eenheden. De vergoeding voor dit snel-reagerende regelvermogen is sinds de invoering van het product in2012 gestegen van ongeveer 20 tot 45 €/MW/uur in 2015. PJM stelt dat deze hogere prijs wel te rechtvaardigen is omdat de kwaliteit van dit product hoger is en bijdraagt aan een betere systeembalans. Het snel-reagerende regelvermogen kan immers beter de variaties in de frequentie volgen en zodoende '*overshooting*' beperken. Dit heeft ertoe geleid dat PJM in totaal minder regelvermogen hoeft in te kopen, en zodoende *overall* voordeliger uit is[35].

Dit nieuwe type regelvermogen heeft geresulteerd in diverse opslagprojecten in het PJM-gebied, van ongeveer 22MW in 2013, tot momenteel meer dan 500MW. Sinds november 2015 is de markt voor het snel-reagerende regelvermogen gegroeid tot ongeveer 250 - 300MW (vermogen dat aangesproken wordt, van de ongeveer 650MW dat aangeboden wordt). De prijzen zijn sindsdien wel gedaald tot het oude niveau van ongeveer 20 €/MW/uur. Volgens PJM komt dat omdat de energieprijzen zijn gedaald. Het hoge aanbod van het snel-reagerende regelvermogen heeft PJM ertoe doen besluiten een aantal maatregelen te nemen om verdere verzadiging van de markt tegen te gaan. PJM is van plan om de lessons-learned van het opzetten van deze markt te gaan delen[36].

[34] Zie http://www.nationalgridconnecting.com/The_balance_of_power/.

[35] Zie http://www.pjm.com/markets-and-operations/ancillary-services.aspx.

[36] Zie http://www.monitoringanalytics.com/reports/PJM_State_of_the_Market/2016.shtml.

Deelnemers Energy Storage NL

www.energystorageNL.nl

Colofon

© 2016 - FME / Energy Storage NL

Dit actieplan is een initiatief van Energy Storage NL, platform van Nederlandse technologie- en energiebedrijven, netbeheerders en kennisinstellingen actief op het gebied van energieopslag.

Auteurs: Haike van de Vegte (DNV-GL), Melvin van Melzen (DNV-GL), Hans van der Spek (FME), afgezien van de twee tekstovernames van de TU Delft.
Aan dit actieplan werkten verder mee: bestuur en leden van Energy Storage NL, Harald Wiersma – NautaDutilh, Matthijs van Leeuwen – Norton Rose Fulbright.
Eindredactie: Hans van der Spek – FME / Energy Storage NL.
Verantwoording illustraties: DNV-GL, EcoVat, Enexis, Nuon, Hybrid, IHS, EcoFys.
Opmaak: Grapefish, Voorschoten

Energy Storage NL

Energy Storage NL wil bedrijven, kennisinstellingen, overheden en financiers op een betekenisvolle manier met elkaar verbinden zodat er voor energieopslag duurzame business cases ontstaan die een bijdrage leveren aan een succesvolle transitie naar schone, betrouwbare en betaalbare energie.

Meer informatie op **www.energystorageNL.nl**

FME

FME is de ondernemersorganisatie voor de technologische industrie. De 2.200 aangesloten bedrijven zijn met 220.000 medewerkers actief in productie, handel, automatisering en onderhoud in de sectoren metaal, elektronica, elektrotechniek en kunststof. De gezamenlijke omzet van de FME-leden bedraagt € 70 miljard, hun toegevoegde waarde is ruim € 20 miljard en zij exporteren voor € 37 miljard. Daarmee realiseren de FME-leden een zesde van wat Nederland in totaal met export verdient.

Meer informatie op **www.fme.nl**

FME
Zilverstraat 69
Postbus 190
2700 AD Zoetermeer

T 079 353 11 00
E info@fme.nl
I www.fme.nl