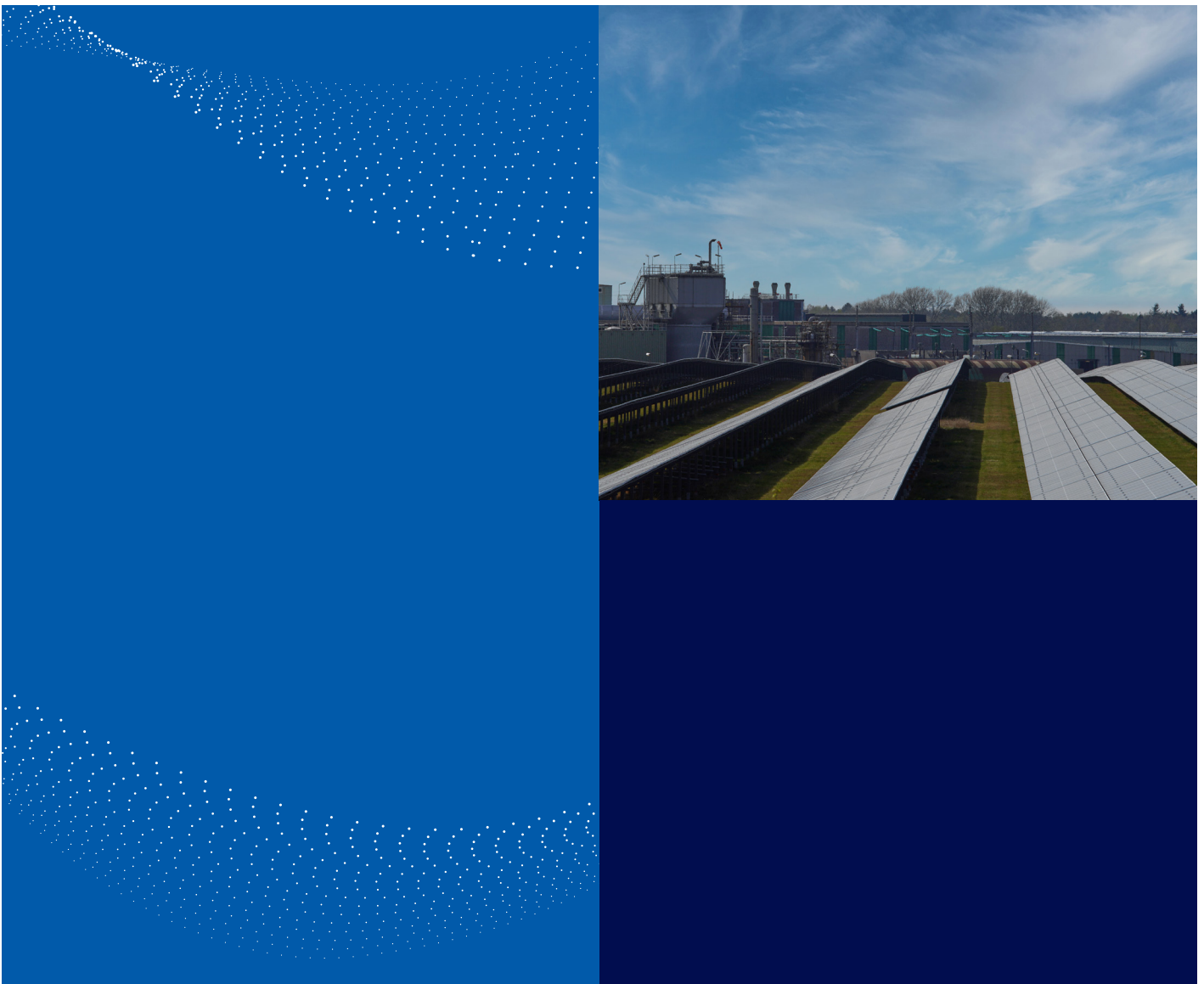


INDUSTRIËLE FLEXIBILITEIT ALS VIRTUELE BATTERIJ

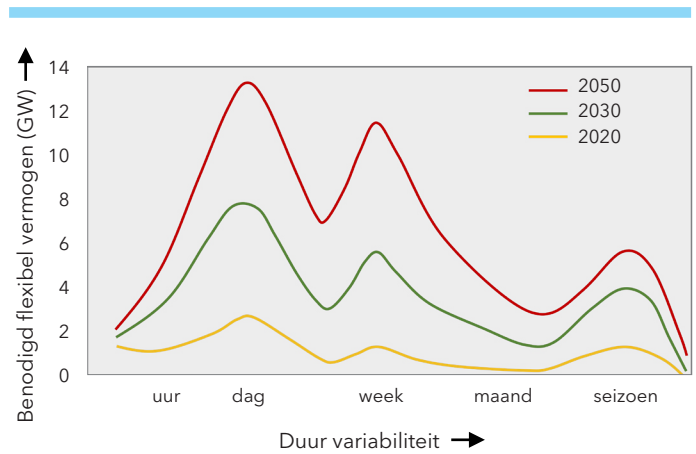
Nyrstar case study



DE ENERGIETRANSITIE EN HET FLEXIBILITEITSVRAAGSTUK

Het traditionele elektriciteitssysteem kenmerkt zich door fossiele elektriciteitsproductie en een fluctuerende, maar prijsinelastische vraag naar elektriciteit. Deze variatie in vraag kon in het verleden uitstekend ingevuld worden door volledig regelbare, fossiele opwekeenheden. Hiermee was het thema flexibiliteit weliswaar aanwezig, maar nooit een issue. Deze behoefte aan flexibiliteit was voor een deel het gevolg van natuurlijke cycli in de elektriciteitsvraag, en deels kwam deze voort uit willekeurige fluctuaties in de vraag. Relatief gezien waren deze fluctuaties beperkt, zoals het jaar 2020 toont in figuur 1. Deze flexibiliteit werd op alle tijdschalen ingevuld door fossiele elektriciteitsproductie.

Deze situatie is sterk aan het veranderen. Vanuit de noodzaak om klimaateffecten te beperken, zet de Nederlandse overheid nu zwaar in op de energietransitie. De komende jaren moet de CO₂ uitstoot sterk beperkt worden. Naast deze verduurzaming zijn ook de betaalbaarheid van de transitie, de betrouwbaarheid van het elektriciteitssysteem en afhankelijkheid van Russisch aardgas, belangrijke thema's. Deze transitie, die in feite pas net begonnen is, zal zowel de vraag- als aanbodzijde van elektriciteit sterk veranderen (zie verwachtingspatroon in figuur 1).



Figuur 1 - Flexibel vermogen in het Nederlandse elektriciteits-systeem (DNV, 2022a)



IMPACT ENERGIETRANSITIE OP HET ELEKTRICITEITSSYSTEEM

De energietransitie raakt het flexibiliteitsvraagstuk aan twee kanten. Enerzijds komt er steeds meer variabel opwekvermogen bij. Dit is met name duurzame elektriciteitsproductie uit zon en wind. Deze elektriciteitsproductie hangt af van de weersomstandigheden, de tijd van de dag en het seizoen. Deze nieuwe productiecapaciteit is daarmee minder voorspelbaar maar vooral nauwelijks regelbaar. Zon en wind zijn hoogstens afschakelbaar bij overproductie, wat ongewenst is omdat hierdoor CO₂-vrije energie verspild wordt. Daarnaast wordt ook de vraag volatieler door elektrificatie van de warmtevraag (warmtepompen, infraroodverwarming, etc.) en vervoer (elektrische auto's,

bussen, etc.). Beide worden gekenmerkt door sterk cyclische patronen. De behoefte aan flexibiliteit neemt hiermee toe, zowel vanuit de vraag- als de aanbodzijde.

Anderzijds neemt de beschikbare flexibiliteit af, doordat fossiele elektriciteitscentrales (kolen en aardgas) uitgefaseerd zullen moeten worden om te voldoen aan de CO₂ emissiereductiedoelstellingen. Met name aardgascentrales zijn hofleverancier voor de levering van flexibiliteit in het tijdperk van fossiele brandstoffen. Afhankelijk van het type centrale kunnen ze redelijk tot zeer snel op- en afregelen en daarmee fluctuaties in de vraag naar elektriciteit opvangen.

Het uitfasen van deze fossiele elektriciteitsbronnen vraagt om een andere kijk naar flexibiliteit. In het fossiele tijdperk was flexibiliteit in het elektriciteitssysteem een automatisme waar afnemers niet bij stilstonden, een eenzijdige relatie. Met de overgang naar duurzame productie moet deze relatie herzien worden. In theorie zijn er drie kandidaten om deze nieuwe relatie vorm te geven:

 <p>REGELBARE, FOSSIEL-VRIJE ELEKTRICITEITS-PRODUCTIE</p> <p>De mogelijkheden hiertoe zijn zeer beperkt, kostbaar en/of technologisch nog niet ver genoeg ontwikkeld. Voornamelijk lijken fossiele centrales met CO₂ afvang en biomassa centrales de enige mogelijkheden, beide met de nodige beperkingen.</p>	 <p>FLEXIBILISEREN VAN DE VRAAG 'DEMAND RESPONSE'</p> <p>De Europese Commissie stelt veel in het werk om het voor alle eindafnemers mogelijk te maken hun flexibiliteit aan te bieden. Met de komst van niet-tijd-kritische vraag zoals het laden van elektrische voertuigen, heeft dit een groot potentieel. Ook industriële flexibiliteit speelt hier een belangrijke rol.</p>	 <p>OPSLAG VAN ELEKTRICITEIT</p> <p>Verschillende lidstaten hebben concrete doelstellingen t.a.v. opslagcapaciteit. Hierbij wordt vooral ingezet op batterijen, zowel kleinschalig (bij huishoudens) als grootschalig.</p>
---	--	--

DE MAATSCHAPPELIJKE WAARDE VAN FLEXIBILITEIT

Flexibiliteit biedt meerdere waarden. Voor een deel kan deze op markten (bijv. de onbalansmarkt of de groothandelsmarkt voor elektriciteit) worden gerealiseerd. Dit is de directe waarde. Er is ook indirecte waarde, bijvoorbeeld vermeden uitstoot van CO₂ door beter gebruik te maken van duurzame opwekking.

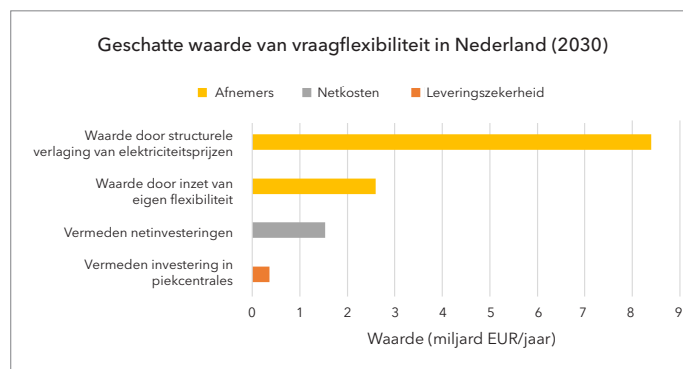
Een recente studie (DNV, 2022b) heeft de waarde van flexibiliteit voor Europa in beeld gebracht. Daarbij is gebruik gemaakt van twee scenario's voor 2030. Deze scenario's zijn ook voor Nederland doorgerekend:

1. Een **referentiescenario** waarbij flexibiliteit aan de vraagzijde (elektrisch laden van auto's, warmtepompen, industriële flexibiliteit, batterijen achter de meter) niet wordt ingezet. De vraag volgt een vast patroon (inelastisch).
2. Een **flexscenario** waarin deze flexibiliteit aan de vraagzijde optimaal wordt ingezet op basis van prijsprikkels.

In beide scenario's is al sprake van inzet van grootschalige flexibiliteit "voor de meter". Naast de traditionele flexibiliteit in fossiele productie zijn ook de flexibele inzet van elektrolyse van waterstof (6,4 GW) en van batterijen voor de meter (0,6 GW) meegenomen. Het verschil tussen beide scenario's is het gevolg van de inzet van flexibiliteit "achter de meter". De studie richt zich op het kwantificeren van deze flexibiliteit aan de vraagzijde.

Figuur 2 geeft een inschatting van de economische waarde van vraagflexibiliteit in Nederland. Deze varieert aanzienlijk,

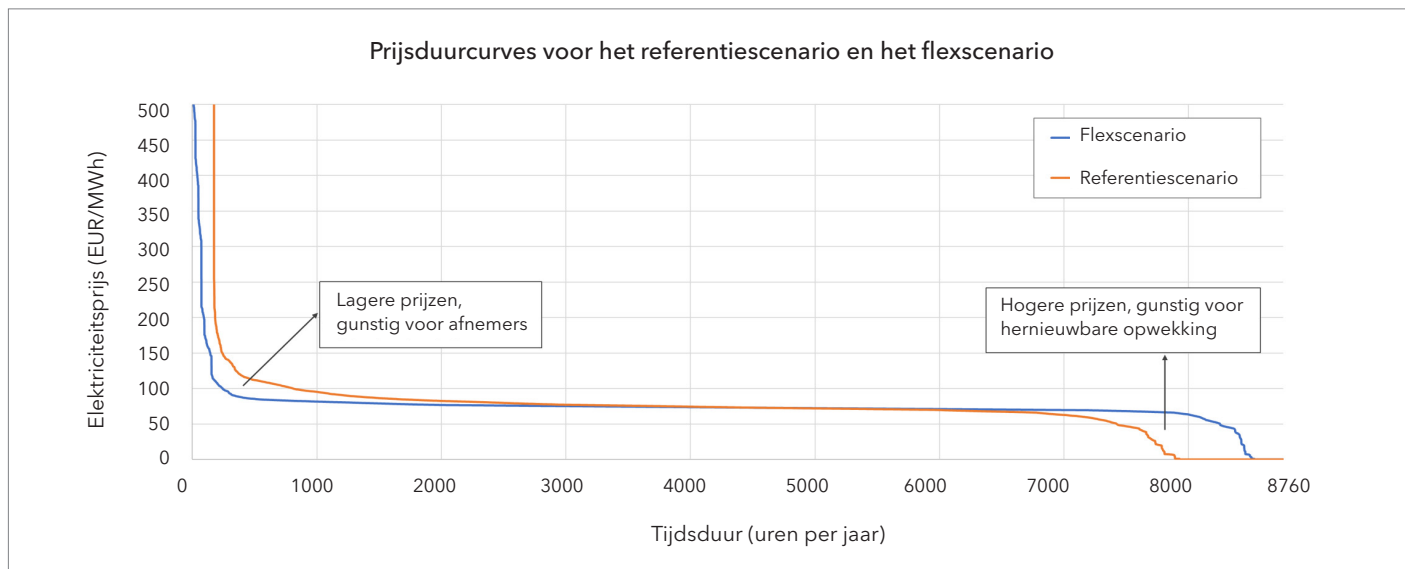
mede omdat in het referentiescenario aan een deel van de vraag niet kan worden voldaan. Daar staan hoge kosten tegenover. Wat opvalt is dat de waarde voor de eindgebruiker erg hoog is, meer dan driemaal hoger dan de waarde die investeerders in flexibiliteit genereren. Door inzet van vraagflexibiliteit wordt de inzet van dure piekcentrales met een laag rendement en hoge brandstofkosten vermeden. Dit drukt de marktprijs voor elektriciteit aanzienlijk. Hier profiteren alle eindgebruikers van, niet alleen de eindgebruikers die hun flexibiliteit hebben ingezet. Dit is een maatschappelijke waarde die niet direct wordt omgezet in waarde voor de investeerder in flexibiliteit. Dit geldt deels ook voor de waarde op basis van vermeden netinvesteringen en de vermeden investering in piekcentrales.



Figuur 2 - De waarde van flexibiliteit 'achter de meter' op basis van een casestudie voor Nederland in 2030 (DNV, 2022b)

Naast de waarde van flexibiliteit voor de eindgebruiker ondersteunt vraagflexibiliteit ook de business case voor hernieuwbare energie. Hoewel vraagflexibiliteit de gemiddelde prijs voor elektriciteit drukt, ondersteunt ze de prijs op momenten dat er veel zon en wind is en vermijdt ze dat zonneparken en windmolens afgeschakeld moeten worden. Het hernieuwbare potentieel wordt daardoor beter benut.

Figuur 3 illustreert dit aan de hand van de prijsduurcurve voor de twee eerder genoemde scenario's. De grafiek toont duidelijk het ontstaan van een prijsbodem. Bij volledige inzet van de beschikbare flexibiliteit is de prijs vrijwel volledig vlak gedurende het hele jaar, slechts 9% van de tijd duikt de groothandelsprijs onder deze bodem.



Figuur 3 - De prijsduurcurve voor het referentiescenario en het flexscenario in 2030 (DNV, 2022b)

DE ROL VAN OPSLAG

Opslag krijgt een prominente rol in het flexibiliteitsvraagstuk, gezien de plannen voor batterij-opslag in Nederland. Bij de regionale netbeheerders is 3 GW aan batterijcapaciteit aangemeld om aangesloten te worden, bij de landelijke netbeheerder, TenneT, 16 GW (Wit, 2022).

Hierbij is de verwachting dat verschillende soorten opslag nodig zijn, net zoals we verschillende soorten elektriciteitsopwekking nodig hebben in het energiesysteem. Li-ion batterijen zijn een bewezen technologie om flexibiliteit te leveren.

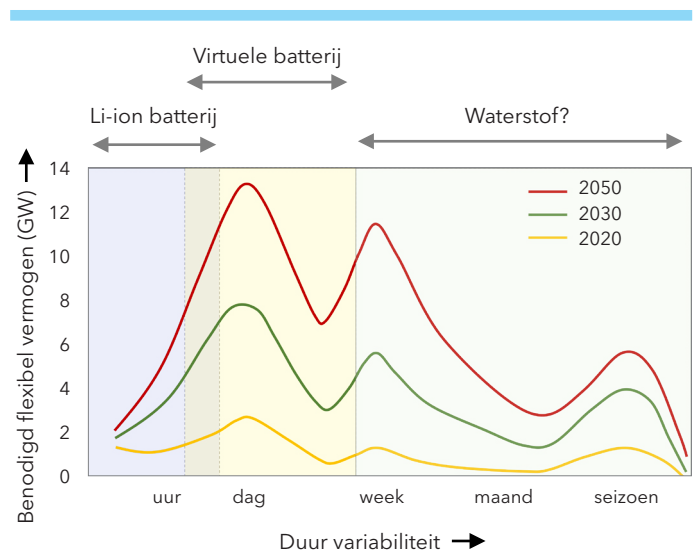
Ze zijn sterk in het opvangen van fluctuaties op secondeschaal tot enige uren en bij uitstek geschikt voor regel- en reservevermogen. De geschatte investeringskosten voor 2030 inclusief plaatsing variëren tussen 250 en 350 euro per kWh (DOE, 2020). De typische opslagduur varieert tussen de 2-10 uur. In principe kan de opslagduur met toevoeging van meer batterijen vergroot worden maar de geschatte kosten per kW geïnstalleerd vermogen nemen dan snel toe (typisch rond de 700 EUR/kW bij 2 uur opslagduur tot 2700 EUR/kW bij 10 uur opslagduur).



Voor een opslagduur van één tot enkele dagen zijn Li-ion batterijen daarmee economisch niet geschikt. Uitontwikkelde alternatieven zijn waterkracht (uit stuwmeren) en ondergrondse opslag van gecomprimeerde lucht. De eerste optie is in Nederland niet aanwezig, de tweede optie maakt nog steeds gebruik van fossiele energie. Daarmee is het onduidelijk welke opslagtechnologieën ingezet kunnen worden voor langere tijdsduren, terwijl hier juist de grootste behoefte is aan flexibiliteit.

Figuur 4 laat nogmaals de behoefte aan flexibiliteit zien, ditmaal met de meeste geschikte opslagtechnologieën weergegeven in de grafiek:

- Voor korte tijdsduren is Li-ion het meest geschikt.
- Voor tijdsduren tussen 8 uur en meerdere dagen is een virtuele batterij (het onderwerp van deze paper) een interessante kandidaat.
- Voor seizoensopslag is er nog geen goed alternatief, overheden lijken hier vooral op waterstof in te zetten.



Figuur 4 - Invulling van flexibel vermogen in een scenario zonder fossiele opwekking (DNV, 2022a)

DE VIRTUELE BATTERIJ

Nyrstar heeft het industriële-flexibiliteitsconcept van een “virtuele batterij” uitgewerkt. Nyrstar is een internationale producent van mineralen en metalen. Het bedrijf produceert zink in de installatie in Budel met behulp van elektrolyse en is een van de grootste commerciële afnemers van elektriciteit in Nederland. Door de elektrolysecapaciteit uit te breiden, bij een gelijkblijvende jaarproductie van zink, kan de installatie efficiënter zink produceren en kan de momentane productie (en daarmee de afname van elektriciteit) aangepast worden op basis van signalen uit de elektriciteitsmarkt (zie kader op pagina 6). Het vermogen van de virtuele batterij is circa 80 MW en de capaciteit 7000 MWh (Nyrstar, 2022). Dit komt overeen met een maximale opslagduur van 3 tot 4 dagen bij vollast gebruik. Opregelen van minimaal naar maximaal vermogen en terug kan binnen enige minuten gebeuren. Daarnaast leidt de uitbreiding van de elektrolyse-capaciteit tot een energiebesparing van meer dan 10%.

Dit betreft dus een vorm van industriële flexibiliteit (demand response). Traditioneel werden industriële flexibiliteit en batterijen als twee uitersten van het spectrum gezien, lage kapitaalkosten/hoge operationele kosten versus hoge kapitaalkosten/lage operationele kosten. Het concept van de virtuele batterij lijkt echter economisch gezien sterk op een

batterij, de investering in het industrieelproces leidt namelijk niet tot een hogere productiecapaciteit, maar is primair gericht op het creëren van (extra) flexibiliteit. Daarmee is de uitdrukking virtuele batterij in dit geval meer dan een synoniem voor demand response.

De virtuele batterij heeft, in vergelijking met een Li-ion batterij, als unieke kenmerk zijn lange opslagduur (tot enige dagen). Voor kortere opslagcycli tussen 8 en 16 uur concurreert hij met de Li-ion batterij, daarboven zijn er in Nederland op dit moment geen alternatieven.

Industriële flexibiliteit kan een belangrijke bijdrage leveren aan ons elektriciteitssysteem. Dit vraagt om een omslag in denken over industriële processen. Industrieën zijn over het algemeen behoudend als het gaat om ingrepen die de continuïteit van hun productieproces kunnen verstoren. Het productieproces staat voorop. Echter, de energietransitie vraagt een ander houding. Energie is niet meer een commodity die voor een redelijk voorspelbare en vaste prijs kan worden ingekocht. Vraagflexibiliteit wordt een verdienmodel en levert naast waarde voor de industrie ook significante maatschappelijke waarde op.

De belangrijkste eigenschappen van deze virtuele batterij zijn:

- **Unieke opslagduur**

De virtuele batterij heeft een maximale opslagduur van meerdere dagen en is daarmee uniek in Nederland. Een dergelijke opslagduur is, economisch gezien, niet haalbaar voor Li-ion batterijen. Andere, uitontwikkelde alternatieven als waterkracht (uit stuwmeren) en ondergrondse opslag van gecombineerde lucht zijn of niet haalbaar in Nederland of niet fossiel vrij.

- **Bewezen technologie**

Het principe van de virtuele batterij berust op een bewezen industrieel proces. Er is al jaren ervaring met het deels flexibel inzetten van het elektrolyseproductieproces. De locatie en de aansluiting op het net zijn al beschikbaar. De levensduur van de virtuele batterij is veel langer dan van een Li-ion batterij, een dergelijke industriële investering wordt typisch voor 40 jaar gedaan.

- **Hoog cycluserendement**

Door de zinkproductie te wijzigen kan de installatie ingezet worden als virtuele batterij. Energielevering ("ontladen") wordt gerealiseerd door de productie van zink te verminderen ten opzichte van de nominale productie. Energieopslag ("laden") wordt gerealiseerd door de productie te vermeerderen. Dit levert verliezen op omdat de productie-efficiëntie afhangt van het productievolume. Het cycluserendement van de virtuele batterij is circa 80% bij maximaal "batterijbedrijf". In de praktijk zal de installatie niet altijd maximaal als batterij worden ingezet (vooral bij een langere cyclus) waarmee het cycluserendement vergelijkbaar wordt met een Li-ion batterij (circa 90%).

- **Hogere productie-efficiëntie**

Door de maximale productiecapaciteit te verhogen, maar eenzelfde gemiddelde productievolume per jaar aan te houden, stijgt de energie-efficiëntie van de zink productie met meer dan 10%. Door batterijbedrijf wordt de productie-efficiëntie lager maar de winst is nog steeds minimaal 3 % bij maximaal batterijbedrijf. In de praktijk zal de productie-efficiëntiewinst hoger zijn.

- **Waarde voor afnemers**

Iedere vorm van opslag draagt bij aan de structurele reductie van elektriciteitsprijzen. Gezien de hoge energie-inhoud van de virtuele batterij is deze bijdrage significant, zowel voor de investeerder in flexibiliteit als voor alle overige afnemers omdat deze ook meeprofiteren van lagere energieprijzen. Het voordeel voor de overige afnemers kan tot driemaal hoger zijn dan het voordeel voor degene die investeert.

- **Waarde voor de ontwikkeling van hernieuwbare energie**

De virtuele batterij ondersteunt het businessmodel voor duurzame opwekking uit zon en wind. Bij dreigende overproductie van zon en wind, gecombineerd met te weinig vraag, helpt een virtuele batterij een prijsbodempunt in de markt neer te leggen waarmee voorkomen wordt dat hernieuwbare energie moet afschakelen.

- **Voorbeeldfunctie**

Belangrijk van de Nyrstar case is het eerste-schaap-over-de-dam effect. Industrieën zijn over het algemeen behoudend als het gaat om ingrepen die de continuïteit van hun productieproces kunnen verstoren. Echter, de energietransitie vraagt een andere houding. Energie niet als commodity maar als verdienmodel. Er zijn innovatieve oplossingen (zoals het Nyrstar concept) die de continuïteit niet aantasten. De virtuele batterij kan dienen als voorbeeld voor de industriële sector.

- **Congestie management**

Dit concept kan een interessante case vormen voor het zogenaamd "non-firm" aansluiten bij de landelijke netbeheerder, TenneT. Het tekort aan netcapaciteit doet zich steeds sterker gelden. Vanuit het verleden zijn er regels voor het betrouwbaar ("firm") aansluiten van grote (industriële) verbruikers. Deze betrouwbaarheid wordt gerealiseerd door extra kabels, lijnen en transformatoren te installeren en hiermee zijn forse investeringen gemoeid. Voor een (virtuele) batterij is deze betrouwbaarheid waarschijnlijk niet volledig nodig, aangezien de virtuele batterij snel kan terugschakelen bij een storing. Dit kan TenneT helpen om capaciteit vrij te maken op het net, of om netinvesteringen te vermijden of uit te stellen.

- **Verwevenheid met industriële locatie**

Er kleeft wel één risico aan dit concept: de investering is geïntegreerd in een industrieel bedrijfsproces. Als hier veranderingen in optreden, bijvoorbeeld verplaatsing van de productie of faillissement, is het concept niet vanzelfsprekend elders te plaatsen. Voor batterijen geldt dit nadeel in mindere mate.

KANSEN VOOR NEDERLAND

Inzet van industriële flexibiliteit, in de vorm van een virtuele batterij, levert kansen op voor Nederland. De behoefte aan flexibiliteit neemt toe (door variabele hernieuwbare opwekking en meer variatie in het vraagpatroon) en de virtuele batterij neemt qua opslagduur een unieke positie in. Investing in deze opslagcapaciteit levert bovendien significante maatschappelijke waarde op. Het is daarom belangrijk om naast het onderzoek van, stimuleren van en investeren in "traditionele" vormen van opslag (batterijen), ook oog te

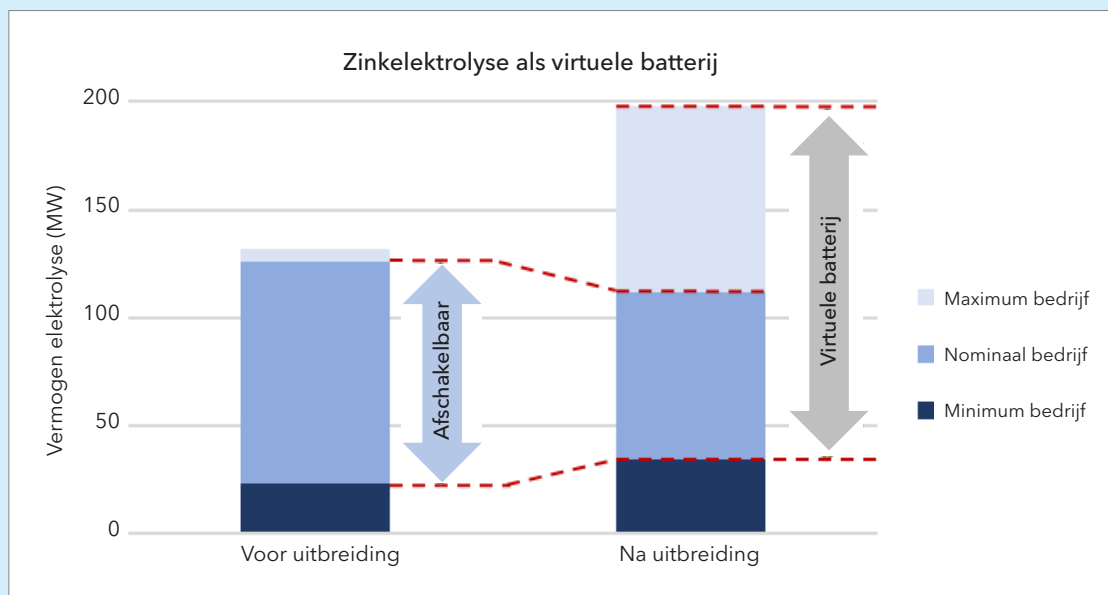
hebben voor de waarde van industriële flexibiliteit in de vorm van een virtuele batterij: het Nyrstar concept verdient minstens zoveel aandacht als conventionele batterijen. Het is competitief op de dagelijkse markt (waarbij de hogere energie-efficiency bijdraagt aan duurzaamheid), en superieur op de "weekmarkt" waar nog geen (economische) alternatieven voor zijn. Li-ion is superieur op kortere-duur markten, maar hier liggen niet de grootste uitdagingen van de energietransitie.

ZINKPRODUCTIE ALS VIRTUELE BATTERIJ

In het Noord-Brabantse Budel staat een van de grootste zinkproductie-installaties van Europa. In efficiëntie, uitgedrukt in de benodigde hoeveelheid energie per kg geproduceerd zink, is deze installatie één van de best presterende ter wereld. De productie is vrijwel volledig geëlektrificeerd.

De kern van de zinkproductie is de elektrolyse van zinksulfaat, opgelost in water, tot zink en zwavelzuur. Zinksulfaat wordt als zinksulfide-erts geïmporteerd vanuit de hele wereld. De zinksulfaatoplossing wordt geproduceerd uit zinksulfide-erts en uit een substantieel aandeel gerecycled zink. Zink en zwavelzuur worden beide verkocht aan verwerkende industrieën. Daarnaast worden metalen als koper, cadmium, lood, zilver, nikkel en germanium gewonnen als bijproduct.

Dit proces is flexibel qua elektriciteitsafname. De buffercapaciteit van de vaten met zinksulfaat en zwavelzuur is zo groot dat het elektrolyseproces gedurende langere tijd (enige dagen) op een lager of hoger pitje kan worden gezet zonder dat de continuïteit van de productie in gevaar komt. Nyrstar, eigenaar van de installatie in Budel, heeft een plan uitgewerkt om nog verder gebruik te kunnen maken van deze flexibiliteit. De kern van dit plan is om de elektrolysecapaciteit met 50% uit te breiden zonder de jaarproductie aan zink te verhogen. Dit betekent dat de installatie gemiddeld bij een lagere elektrolysestroom kan werken en daarmee lagere energieverliezen heeft. Dit levert een productie-efficiëntieverbetering van meer dan 10% op. Daarnaast is er capaciteit om, indien gevraagd, op- en af te regelen. Het gaat daarbij om een vermogen van circa 80 MW dat voor 3-4 dagen op- of afgeregeld kan worden (zie figuur 5). Door het op- en afregelen neemt de productie-efficiëntie van zink wel af.



Figuur 5 - Realisatie van een virtuele batterij door uitbreiding van de elektrolysecapaciteit (Nyrstar, 2022)

REFERENTIES

DNV, 2022a. Globale inschatting van de benodigde flexibiliteit in het Nederlandse elektriciteitssysteem. Arnhem: Det Norske Veritas.

DNV, 2022b. Demand-side flexibility, Quantification of benefits, Brussel: SmartEn, Smart Energy Europe.

DOE, 2020. 2020 Grid Energy Storage Technology Cost and Performance Assessment, Washington D.C.: USA Department of Energy.

Nyrstar, 2022. Bespreking technische eigenschappen virtuele batterij [Interview] (18 Oktober 2022).

Wit, J. d., 2022. Is de verwachte batterijboom al aan het gebeuren?. [Online] Available at: <https://www.solar365.nl/nieuws/is-de-verwachte-batterijboom-al-aan-het-gebeuren-64ADB3B3.html> [Geopend 2 November 2022].



ABOUT DNV

DNV is an independent assurance and risk management provider, operating in more than 100 countries, with the purpose of safeguarding life, property, and the environment. Whether assessing a new ship design, qualifying technology for a floating wind farm, analysing sensor data from a gas pipeline or certifying a food company's supply chain, DNV enables its customers and their stakeholders to manage technological and regulatory complexity with confidence. As a trusted voice for many of the world's most successful organizations, we use our broad experience and deep expertise to advance safety and sustainable performance, set industry standards, and inspire and invent solutions.

In the energy industry

We provide assurance to the entire energy value chain through our advisory, monitoring, verification, and certification services. As the world's leading resource of independent energy experts and technical advisors, we help industries and governments to navigate the many complex, interrelated transitions taking place globally and regionally, in the energy industry. We are committed to realizing the goals of the Paris Agreement, and support our customers to transition faster to a deeply decarbonized energy system.

Disclaimer

All information is correct to the best of our knowledge. Contributions by external authors do not necessarily reflect the views of the editors and DNV.

All rights reserved. DNV 11/2022

Picture front cover © Nyrstar

DNV Netherlands B.V.

Utrechtseweg 310-B50

6812 AR Arnhem

The Netherlands

Tel: +31 26 356 9111

Email: contact.energysystems@dnv.com

www.dnv.com