



Answering
tomorrow's
challenges
today

Marktonderzoek Energieopslag 2025

Eindrapport

Energy Storage NL

Rotterdam, 2 oktober 2025

 **ENERGY
STORAGE**

CAUTION
78" HIGH
86" WIDE
CONTAINER

Marktonderzoek Energieopslag 2025

Eindrapport

Energy Storage NL

Rotterdam, 2 oktober 2025

Menno van Benthem (Ecorys)
Kurt Kreulen (Ecorys)
Eva Colussi (Ecorys)
Sacha Schmitter (ESNL)



In samenwerking met:



Energy Storage NL wil graag de externe experts en de werkgroep Marktinformatie hartelijk bedanken voor hun waardevolle inzet en zorgvuldige review. In het bijzonder bedanken wij de volgende organisaties voor hun bijdrage:

Battery Competence Cluster
Perdix
Corre Energy
Giga Storage
Kenter

Stedin
Vattenfall
Elestor
Voltho
Electroproject

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	5
1 Inleiding	10
1.1 Doel van dit rapport	10
1.2 Onderzoeksoptzet – literatuuronderzoek, marktsurvey, en interviews met gebruikers	10
1.3 Leeswijzer	11
2 Karakteristieken van energieopslag	12
2.1 Energieopslag binnen het energiesysteem	12
2.2 Technologiegroepen	13
2.3 Toepassingen	14
2.4 Functionele kenmerken	16
2.5 Kosten van energieopslag	17
2.6 Verdienmodellen	19
3 Ontwikkelingen op de Nederlandse energiemarkt	22
3.1 Flexibiliteitsbehoefte in het energiesysteem	23
3.2 Ontwikkelingen op de energiemarkten	31
3.3 Netcongestie (update 2024)	38
3.4 Netcode en contract ontwikkelingen in Nederland	42
3.5 Tarieven en voorgestelde wijzigingen	44
3.6 Overige relevante ontwikkelingen voor de opslag sector	46
4 Ontwikkelingen per technologiegroep	53
4.1 Elektriciteitsopslag in Nederland in 2025	53
4.2 Warmteopslag in Nederland in 2025	76
4.3 Moleculenopslag in Nederland in 2025	90
5 Internationale ontwikkelingen	102
5.1 Elektriciteit opslag	104
5.2 Warmte	107
5.3 Moleculen	110
5.4 Beleid voor energieopslag in Europa	111
5.5 Conclusie internationale ontwikkelingen	113
6 Reflectie resultaten	114
6.1 Vergelijking met de Netbeheer scenario's richting 2050, editie 2025	115
Bijlage A: Data toelichting en Survey	120
Datamethode Voltho – Batterijdata	120
6.2 Algemene steekproefkenmerken	120
Marktontwikkeling en groeitrends	121
Groeibelemmeringen	122

Overheidssteun.....	123
Projectdoorlooptijd.....	124
Bijlage B: Interviews met gebruikers	125
Opzet	125
Interviewleidraad	125
Bijlage C: Batterij aanvragen bij Netbeheerders – verdieping	128

Managementsamenvatting

Energieopslag is onmisbaar in Nederland. In 2024 was meer dan de helft van de elektriciteit hernieuwbaar, maar door mismatch tussen vraag en aanbod ontstonden negatieve prijzen, curtailment en een blijvende afhankelijkheid van gascentrales. Alleen met grote hoeveelheden energieopslag kan verspilling worden voorkomen en investeringen in zon en wind rendabel blijven. Analyses tonen bovendien dat een mix van zon, wind en opslag tot ruim een 34%¹ lagere systeemkosten oplevert dan een volledig fossiel systeem, wat laat zien dat hernieuwbaar niet alleen schoner, maar ook goedkoper kan zijn. Ondertussen groeit de Europese flexibiliteitsvraag in minder dan tien jaar tijd met een factor vijf naar 1.608TWh/jaar². Dit biedt een markt van honderden miljarden euro's, maar Nederland loopt achter door een gebrek aan ambitie, regie en daadkracht. Het gebrek aan richting schept onzekerheid voor ontwikkelaars, investeerders, netbeheerders en provincies en gemeenten. Zonder actie dreigt Nederland nog afhankelijker te worden van buitenlandse spelers, zowel in technologie (China domineert batterijen) als in beleid (EU-richtlijnen dicteren tempo en richting).

Het nieuwe *Marktonderzoek Energieopslag 2025*, uitgevoerd door Energy Storage NL³ en Ecorys laat zien dat energieopslag (batterijen, warmtebuffers en waterstofopslag) de ontbrekende schakel is in de Nederlandse energietransitie.

Marktomvang energieopslag in Nederland

De [elektriciteitsopslagmarkt](#) met meer dan honderd leveranciers, dealers, distributeurs en installateurs is uitgegroeid tot ~1 GWh opslagcapaciteit⁴ eind 2024, waarbij het segment utiliteit en energiesysteem het grootste is. Eind 2025 wordt in het basecase scenario 2.1 GWh aan opgestelde capaciteit verwacht. Daarnaast is er meer dan >15 GWh aan serieuze aangekondigde projecten, maar realisatie is zeer onzeker door o.a. knelpunten met hoge nettarieven⁵, vergunningen en het verkrijgen van voldoende netcapaciteit. Bedrijven zetten batterijen steeds vaker in voor opslaan van duurzame stroom, handelen op de balanceringsmarkt en congestiebeheer (>1000 systemen in omloop (~300MWh)) die ooit vooral dienden voor festivals of tijdelijke toepassingen, worden inmiddels ingezet om knelpunten in het net te verlichten in voor de duurzame bouw. Toch stokt de opschaling door complexe regelgeving, veiligheidsnormen en onbekendheid. De nieuwe omgevingswet is voor alle partijen nieuw en veroorzaakt onduidelijkheid wat behoorlijke vertraging oplevert evenals nieuwe veiligheidsrichtlijnen (zoals PGS37-1)⁶. Voor projecten of ondernemers is dit een groot risico.

¹ De *double cost fallacy* gaat uit van dubbele investeringen in hernieuwbare én fossiele capaciteit. In werkelijkheid zijn gascentrales goedkoop in aanleg maar duur in gebruik door brandstofkosten (60–80% van de totale kosten). Analyse van Walter (Ember) en Van Druten (TenneT) laat zien dat een mix van zon, wind en batterijen de systeemkosten met 34% verlaagt en het gasgebruik met 90–97% reduceert, terwijl slechts beperkte gas-back-up nodig blijft.

² Door de snelle groei van variabele hernieuwbare energie in de EU zal de totale flexibiliteitsbehoefte stijgen van 325 TWh/jaar in 2021 tot 1.608 TWh/jaar in 2030 (ca. 40% van de elektriciteitsvraag), waarbij de helft op dagelijkse basis ontstaat. Energieopslag kan deze pieken opvangen door overtollige elektriciteit te verschuiven of om te zetten.¹

³ Energy Storage NL is de energieopslag branche van Nederland, uitgegroeid tot meer dan 230 leden waarbij ontwikkelaars, investeerders, kennisinstelling, verzekeraars en netbeheerders de toekomst van energieopslag waarmaken.

⁴ Alleen systemen > 0.1 MWh zijn meegenomen, exclusief thuisbatterijen en mobiele opslag systemen.

⁵ Nettarieven zijn sinds 2020 met een factor 5 gestegen en uit berekeningen blijkt dat ongeveer de helft van de totale kosten van een batterijproject bestaan uit nettarieven,

⁶ Richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in energieopslagsystemen

De energiemarkten waarin energieopslag een rol speelt verschillen sterk: de frequentiemarkt (FCR) is verzadigd, maar aFRR biedt kansen via het Europese PICASSO-platform⁷ en mFRR wordt interessant vanaf 2025 dankzij het MARI-systeem⁸. Een observatie is dat veel investeerders in energieopslag zich op handelsoptimalisatie en markt-biedstrategieën focussen, maar ze onderschatten vaak hoeveel technische prestaties en slim gebruik van hardware de omzet kunnen verhogen – met zo'n 15%. Daarnaast vormen elektrische voertuigen met vehicle-to-grid een enorm potentieel voor decentrale flexibiliteit. Al meer dan een miljoen auto's in Nederland kunnen in theorie bijdragen; als slechts tien procent tegelijk teruglevert, ontstaat een capaciteit van meerdere gigawatts. Dit kan echter ook de volatiliteit en inkomsten voor bestaande opslagbedrijven verkleinen. Concluderend de businesscase voor elektriciteitsopslag blijft kwetsbaar door onzeker beleid, trage vergunningen en hoge tarieven, waardoor investeerders vaak uitwijken naar andere landen.

Warmteopslag ontwikkelt zich op diverse schaalniveaus, van woningen en wijken tot industrie en stadswarmtenetten. De enquête identificeerde ruim 3.500 installaties met een totale thermische opslagcapaciteit van 88 GWh, voornamelijk afkomstig van midden- en hoge-temperatuur ATES⁹. Daarnaast schat TNO dat er in Nederland meer dan 3.500 lage-temperatuur warmte-koudeopslagsystemen (<25 °C) bestaan. Verder wordt aangenomen dat er meer dan 130.000 gesloten systemen (GBES) actief zijn en tussen 100.000 en 1.000.000 particuliere warmwateropslagsystemen in gebruik zijn. Grotere (collectieve) systemen vereisen veel maatwerk, waardoor innovatie en opschaling – door kapitaal gebrek tijdens de 'valley-of-death'¹⁰ - lastig is. Door o.a. onbekendheid en grote infrastructuur investeringen bij industriële spelers komt industriële warmteopslag lastig van de grond. Warmteopslag wordt gezien als een goedkope en veelzijdige oplossing die vooral de kortere en middellange termijn bedient. Zonder duidelijke regelgeving, betere marktoordening en gerichte prikkels blijft veel potentieel onbenut, terwijl de flexibiliteitsvraag juist sterk stijgt.

Voor de langere termijn zijn **moleculenopslag** en andere vormen van 'long duration energy storage' (LDES) cruciaal. Waterstof en synthetische gassen kunnen seizoensfluctuaties in hernieuwbare productie opvangen en leveringszekerheid garanderen tijdens langere periodes zonder zon en wind. De technologie en marktoordening staan echter nog in de kinderschoenen. Projecten zoals de 3TWh aan waterstof¹¹ en onzeker lange termijnbeleid. Investeringskosten zijn hoog en de opbrengsten onzeker, waardoor publieke steun en regie onmisbaar zijn. Zonder subsidies, garanties en standaardcontracten zal deze markt niet van de grond komen. Bovendien is integratie tussen elektriciteit, warmte en moleculen noodzakelijk om kosten te drukken en waarde te vergroten.

⁷ Dit Europese platform maakt het mogelijk om aFRR, een balanceringsdienst, tussen landen uit te wisselen en moet een bijdrage leveren aan kostenverlaging om het net in balans te houden.

⁸ Een Europees platform voor de gelijktijdige aanvraag en levering van mFRR (manually Frequency Restoration Reserves).

⁹ ATES (Aquifer Thermal Energy Storage) is een techniek waarbij warmte of koude in ondergrondse watervoerende lagen (aquifers) wordt opgeslagen en later wordt teruggewonnen voor verwarming of koeling van gebouwen.

¹⁰ De "valley of death" in innovatie verwijst naar de kritieke overgangsfase tussen onderzoek en ontwikkeling enerzijds en commerciële marktintroductie anderzijds. In deze periode is de technologie technisch veelal bewezen, maar nog niet economisch rendabel of opgeschaald naar industriële productie. Omdat de financiële risico's hoog zijn en het verdienmodel vaak onzeker is, trekken investeerders en bedrijven zich regelmatig terug, waardoor noodzakelijke middelen voor testen, certificering en opschaling ontbreken. Hierdoor stranden veel innovaties in deze kloof, ondanks hun technisch potentieel. Beleidsmaatregelen zoals subsidies, publieke investeringsfondsen en pilotprojecten, evenals samenwerkingen met industriepartners, zijn cruciaal om deze barrière te overbruggen en de doorstroom van baanbrekende technologieën naar de markt te versnellen.

¹¹ Er moeten tot wel 70 individuele vergunningen worden aangevraagd voor een zoutcaverne.

Maar opslag in de praktijk loopt vast

Het elektriciteitsnet vormt ondertussen een van de grootste bottlenecks. Meer dan 20.000 bedrijven wachten op een aansluiting. Flexcontracten bieden enige verlichting, maar blijken in de praktijk lastig uitvoerbaar. De groei in batterij-aanvragen is fors, met 767 aanvragen (6.4GW) (Juli 2025) bij regionale netbeheerders. Bij TenneT is de wachtrij verminderd van >70GW naar 60GW, waarbij 17 aanvragen in de realisatiefase zitten - gegroeid van 3 naar 4 GW het afgelopen jaar. Echter slechts een fractie (<50%) van alle aanvragen haalt daadwerkelijk de realisatie volgens de eerste data van de Netbeheerders, met de verwachting dat maar 20-25% van de aanvragen gerealiseerd gaat worden. Netcongestie is daarmee zowel een systeemrisico als een kans voor opslagbedrijven die waarde kunnen toevoegen.

Tabel S 1 Batterij vermogen aanvragen bij de verschillende netbeheerders in NL. DSO => midden en laagspanning, TSO => hoogspanning

Netbeheerder Peiling Juli 2025	Aangevraagd Vermogen (GW)	Aantal Aanvragen	Gemiddeld Vermogen per Aanvraag
Enexis (DSO)	1.2	143	8.3
Liander (DSO)	2.8	527	5.3
Stedin (DSO)	2.3	97	24.2
TenneT (TSO)	60	232¹²	>257

Beleid en regelgeving voor energieopslag is conservatief en loopt achter de feiten aan. Door een gebrek aan ambitie, regie en daadkracht – zoals het ontbreken van een nationale ambitie en strategie voor flexibiliteit en opslag – heerst er veel onduidelijkheid en onzekerheid. Daarnaast is er onvoldoende transparantie en monitoring van opslagcapaciteit, waardoor netbeheerders en beleidsmakers onvoldoende zicht hebben op de situatie. Cyberveiligheid vormt ook een grote uitdaging voor de energieopslag sector omdat het een doelwit kan worden om het energiesysteem te verstoren. Ook hebben gemeenten moeite om vergunningen te beoordelen en zetten soms zelfs een stop op nieuwe projecten, vooral door gebrek aan kennis en draagvlak. Nationale regie en een helder narratief zijn daarom essentieel om versnelling mogelijk te maken.

Internationale dynamiek

Internationaal ontwikkelt de markt voor energieopslag zich razendsnel, met forse investeringen in elektriciteits-, warmte- en moleculenopslag. In 2024 bedroeg de Europese **batterijcapaciteit** al ruim 61 GWh, met een verwachte groei naar 780 GWh in 2040. Utiliteitschaal projecten nemen daarbij een steeds dominantere positie in, terwijl landen als Duitsland, Italië en het VK zich profileren als aantrekkelijke markten dankzij gerichte stimuleringsprogramma's en (innovatieve) opslagtenders. In Europa wordt de markt nog gedomineerd door Aziatische cellfabrikanten, maar Chinese spelers zoals Huawei, Sungrow en CATL breiden hun aanbod uit met complete turn-key oplossingen en bouwen lokale capaciteit op. Dit versterkt de concurrentie met westerse EPC-partijen zoals Rolls-Royce, Fluence, Tesla en Alfen. Voor klanten ontstaat een strategische keuze tussen duurdere, risicobeperkende turn-key pakketten of goedkopere, maar complexere gesplitste inkoop. De dynamiek roept structurele risico's op, waaronder afhankelijkheid van Chinese leveranciers, mogelijke verdringing van tussenpartijen, en kwetsbaarheden rond faillissementen,

¹² Bij de actualisatie van de TenneT-wachtrij in september 2025 is het aantal aanvragen al teruggelopen naar 184 met > 300MW/aanvraag.

contractgaranties, data en cyberveiligheid. Vooral kleinere en middelgrote bedrijven lopen hierdoor verhoogde marktexposure, tenzij zij hun positie versterken via diversificatie en strategische partnerschappen.

Nederlandse [warmteopslag](#) richt zich enerzijds op decentrale toepassingen, zoals TCM¹³, PCM¹⁴ en PTES¹⁵ voor gebouwen die buiten warmtenetten vallen, en anderzijds op centrale oplossingen zoals ATES¹⁶, PTES en TTES¹⁷ om de groei van warmtenetten te ondersteunen. Het land heeft internationaal een unieke koploperspositie opgebouwd in aquiferopslag (ATES) en ontwikkelt met ijzer-redox een technologie die ook in het buitenland navolging vindt. Wereldwijd groeit de markt snel, met een verwachte verdrievoudiging van de capaciteit tegen 2030 vooral in de industrie en warmtenetten. Toch zijn er nog flinke obstakels. Vergunningen en netaansluitingen verlopen vaak traag, en de regelgeving is doorgaans geschreven voor elektriciteitsopslag, waardoor thermische systemen buiten beeld blijven. Ook het huidige marktontwerp levert nog niet altijd voldoende inkomstenstromen op voor warmteopslag, en het beleid verschilt sterk per lidstaat.

Europa en Nederland positioneren groen gas en [waterstof](#) als sleutelcomponenten in de energietransitie, met waardeketens die lijken op bestaande fossiele ketens maar gebaseerd zijn op nieuwe productiemethoden en grondstoffen. Ondergrondse opslag speelt hierin een centrale rol: scenario's voor 2050 schatten de Europese behoefte op 80–270 TWh. Ondanks honderden miljarden euro's aan toegezegde publieke steun via onder meer IPCEI-programma's en nationale regelingen, blijft het aantal projecten dat een definitieve investeringsbeslissing bereikt zeer beperkt. Dit wordt verklaard door beleidsonzekerheden, financieringsrisico's, versnipperde infrastructuur en geopolitieke druk, met name rond importafhankelijkheid en concurrentie met China. Beleidsmatig richt de EU zich op geharmoniseerde CO2-regels, aangescherpte staatssteunkaders en de ontwikkeling van grensoverschrijdende infrastructuur. De uitrol blijft echter vertraagd door trage besluitvorming en onduidelijkheid over de classificatie van 'low-carbon' waterstof, wat investeringszekerheid ondermijnt. Voor succesvolle opschaling zijn stabiele regels, langjarige afnamecontracten en een gecoördineerde infrastructuurstrategie noodzakelijk om de kloof tussen beleidsambitie en marktrealisatie te dichten.

Concluderend: Nederland doet het internationaal goed als kennis- en innovatieland met sterke publiek-private samenwerkingen, testfaciliteiten en de aangekondigde demonstratieprojecten zoals Battery Park Zeewolde en FlevoBESS. Toch blijft het achter bij landen die duidelijke nationale doelstellingen en grootschalige investeringsprogramma's hanteren, zoals Spanje en het Verenigd Koninkrijk. Zonder nationale opslagdoelen, consistente regelgeving en een offensieve investeringsstrategie loopt Nederland het risico vooral gebruiker te blijven van buitenlandse technologie, in plaats van producent en exporteur.

¹³ Thermochemische opslag

¹⁴ Latente warmteopslag via faseverandering

¹⁵ Opslag in grote geïsoleerde waterbassins

¹⁶ ondergrondse warmte-koudeopslag in watervoerende lagen

¹⁷ Grootschalige warmteopslag in watertanks

Marktontwikkelingen en NBNL scenario studies

De Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 laten zien dat de energietransitie een sterk flexibel energiesysteem vereist, waarin elektriciteit, warmte en waterstof nauw samenwerken¹⁸. Hoewel het regelbaar vermogen min of meer gelijk blijft, nemen geleverde energievormen zoals gas af en groeit het aandeel duurzame bronnen. Voor een betrouwbaar systeem zijn aanzienlijke capaciteiten aan elektriciteitsopslag, waterstofopslag en warmteopslag nodig. De huidige marktontwikkelingen, lange doorlooptijden voor vergunningen en beperkte politieke en maatschappelijke steun maken de realisatie van de in de scenario's aangenomen opslagvolumes echter onzeker of niet haalbaar. Netbeheerders waarschuwen dat zonder aanvullende beleidsmaatregelen, marktstimulering en versnelling van projecten de kans groot blijft dat flexibiliteitsbehoeften niet volledig worden ingevuld, waardoor bestaande centrales langer moeten draaien en de transitie trager verloopt dan gepland.

Slotbeschouwing

De energietransitie in Nederland bevindt zich op een kritiek punt: hernieuwbare productie groeit sneller dan het vermogen om deze energie efficiënt op te slaan en te benutten. Zonder versnelling in beleid, markttoegang en infrastructuur voor flexibiliteit en energieopslag, dreigt het risico dat de energietransitie afremt. Met gerichte actie kan energieopslag echter uitgroeien tot een economische en systeemtechnische succesfactor, die de leveringszekerheid versterkt, kosten verlaagt en de weg vrijmaakt voor een CO₂-vrij elektriciteitssysteem.

¹⁸ Naast deze NBNL scenario, geeft het Target Grid-scenario van TenneT nog een stap verder te gaan en houdt expliciet rekening met de onzekerheden rond moleculen en wijst daarmee op de noodzaak van een minder energie-intensieve, maar concurrerende industrie. Elektrificatie wordt de ruggengraat van het energiesysteem in 2050. Moleculen – waterstof en aardgas – spelen nog slechts een beperkte en selectieve rol, vooral als grondstof en back-up.

1 Inleiding

1.1 Doel van dit rapport

[Energy Storage NL \(ESNL\)](#) is een snelgroeiende brancheorganisatie die zich richt op de ontwikkeling en toepassing van energieopslag - elektriciteit, warmte en moleculen - in Nederland. ESNL vertegenwoordigt inmiddels meer dan 235 organisaties uit de sector. De exponentiële groei van het ledental in de afgelopen jaren weerspiegelt de toenemende urgentie van energieopslag, mede veroorzaakt door de groeiende problematiek rond netcongestie.

Als brancheorganisatie streeft ESNL ernaar om de omvang, dynamiek en stand van zaken van diverse energieopslagstechnologieën in Nederland inzichtelijk te maken. Dit marktonderzoek wordt jaarlijks herhaald, zodat er steeds actuele en vergelijkbare informatie beschikbaar komt. Deze editie richt zich primair op de ontwikkelingen in 2024 en biedt daarnaast een reflectie op de middellange en lange termijn. Nieuw in dit onderzoek is de nadruk op het perspectief van gebruikers, wat waardevolle inzichten kan opleveren voor toekomstige propositie in de markt.

Het onderzoek dient meerdere doelen. Enerzijds ondersteunt het ESNL-leden door hen [inzicht en een benchmark](#) te bieden over marktgroei, technologieontwikkeling en gebruikers-ervaringen. Anderzijds stelt het ESNL in staat om de [belangen](#) van de gehele energieopslagsector [krachtiger te behartigen](#) in de politieke en maatschappelijke discussie. Daarbij wordt onder meer gekeken naar de omvang van de sector, de positie van Nederland ten opzichte van andere Europese landen, de betekenis voor het Nederlandse energiesysteem en de belangrijkste knelpunten en kansen voor verdere groei.

1.2 Onderzoekopzet – literatuuronderzoek, marktsurvey, en interviews met gebruikers

Dit rapport bestaat uit drie hoofddelen: een literatuuronderzoek, een uitgebreide marktsurvey, en interviews met gebruikers van energieopslag. In het literatuuronderzoek zijn bestaande rapporten geanalyseerd en is er contact opgenomen met experts om hun inzichten toe te voegen aan specifieke onderwerpen binnen het onderzoek. Dit zorgt voor een solide basis waarin bestaande kennis en praktijkervaringen samenkomen. De marktsurvey is geactualiseerd ten opzichte van afgelopen jaar, en opgezet en ontwikkeld om de uiteenlopende rollen binnen de sector te adresseren. Hierbij is nauwkeurig rekening gehouden met de verschillende perspectieven van de diverse marktpartijen. Tot slot zijn er interviews afgenomen met gebruikers van energieopslag, om het sentiment van de gebruiker van energieopslag in beeld te krijgen.

Meer details over de samenstelling en omvang van de steekproef zijn te vinden in Bijlage B, waar een algemene beschrijving is opgenomen. Meer informatie over de opzet en aanpak bij de interviews met gebruikers is te vinden in Bijlage C.

1.3 Leeswijzer

Het rapport is als volgt opgebouwd:

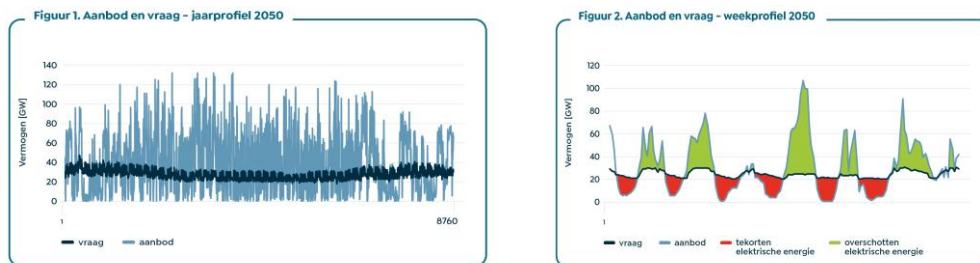
- In [hoofdstuk 3](#) worden de belangrijkste begrippen, categorieën en indelingen uiteengezet die in de rest van het rapport worden gebruikt. Dit hoofdstuk biedt de lezer daarmee tevens een algemene kennismaking met de energieopslagsector.
- In [hoofdstuk 4](#) schetst de context waarbinnen de Nederlandse energieopslagsector opereert en gaat in op relevante ontwikkelingen.
- In [hoofdstuk 5](#) wordt verder ingezoomd op de Nederlandse energieopslagsector en bespreken we de marktstructuur en de belangrijkste ontwikkelingen op het niveau van de sector als geheel in Nederland. In dit hoofdstuk komen per technologiegroep de bevindingen uit de interviews met gebruikers van energieopslag aan bod.
- In [hoofdstuk 6](#) worden internationale ontwikkelingen afgezet tegen de Nederlandse ontwikkeling.
- In [hoofdstuk 7](#) reflecteren we terug op de marktdata en trends en zitten dit af tegen de Netbeheer Nederland scenario's van mei 2025.

2 Karakteristieken van energieopslag

2.1 Energieopslag binnen het energiesysteem

Het aanbod van elektriciteit uit de meeste hernieuwbare bronnen, zoals zon en wind, is weersafhankelijk en daardoor variabel. Ook de vraag naar elektriciteit is variabel en afhankelijk van dag/nacht- en seizoenen-cyclus. Hierdoor kennen zowel vraag als aanbod patronen op verschillende tijdschalen (dag, seizoen, etc.), zoals te zien in Figuur 2.1.

Figuur 2.1 Fluctuaties van aanbod in wind- en zonne-energie en vraag naar elektriciteit in Nederland per jaar en per week in 2050



Bron: [link](#). Productie van elektriciteit door middel van zon en wind in GW. Doorgaans zijn zon en wind redelijk complementair aan elkaar door de maanden heen, met meer wind in de winter en meer zon in de zomer. De vraag naar elektriciteit neemt lichtelijk af in de zomer.

Deze mismatch tussen vraag en aanbod leidt tot een vraag naar balanceringsinstrumenten, die ook op verschillende tijdschalen moeten kunnen functioneren. Tabel 2.1 laat een overzicht zien van de flexibiliteitstypen en -bronnen in het energiesysteem.

Tabel 2.1 Categorisatie van flexibiliteitstypen en -bronnen in het energiesysteem

Flexibiliteits-tijdsschaal	Uitdagingen	Relevantie voor het systeem
Zeer korte termijn (subseconden tot minuten)	Zorgen voor systeemstabiliteit door spanning en frequentie binnen het vereiste bereik te houden	Dynamische systeemstabiliteit en frequentiecontrole
Korte termijn (minuten tot uren)	Het omgaan met frequente, snelle en onvoorspelbare veranderingen in elektriciteitsaanbod en/of vraag	Realtime balans
Middellange termijn (uren tot dagen)	Bepalen van het operationele schema van opwekkingscapaciteit om elektriciteitsvraag en -aanbod in balans te brengen	Uur-vooraf en dag-vooraf planning
Lange termijn (dagen tot maanden)	Aanspreken van langere periodes van overschot of tekort in elektriciteitsopwekking	Generatiecapaciteit gegarandeerd
Zeer lange termijn (maanden tot jaren)	Het balanceren van seizoensgebonden en interjaarlijkse beschikbaarheid van opwekkingsbronnen met de elektriciteitsvraag	Plannen van het elektriciteitsnet

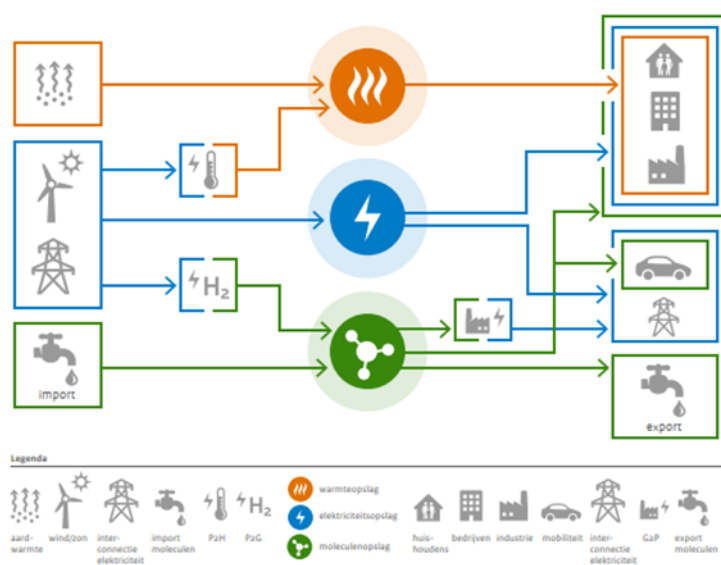
Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 1.

Een van die balanceringsinstrumenten is energieopslag. Naast energieopslag kunnen ook de import en export van elektriciteit, vraagrespons en de inzet van regelbare bronnen bijdragen aan het bewaren van het evenwicht tussen vraag en aanbod. Dit marktrapport zal zich uitsluitend richten op energieopslag in de Nederlandse context.

2.2 Technologiegroepen

Elektriciteitsoverschotten uit hernieuwbare bronnen kunnen globaal gezien op drie manieren worden opgeslagen: als elektriciteit, als warmte (power-to-heatconversie) en als moleculen (power-to-gasconversie), zie Figuur 2.2.

Figuur 2.2 Versimpelde weergave energiesysteem met hernieuwbare energie en flexibiliteit



Bron: Routekaart Energieopslag (2023).

In dit marktrapport wordt dezelfde uitsplitsing gemaakt. In totaal zijn er drie categorieën opslagtechnologie gedefinieerd, uitgebreider omschreven in hoofdstuk 4:

1. [Elektriciteitsopslag](#);
2. [Warmteopslag](#);
3. [Moleculenopslag](#).

- Elektriciteitsopslag opslag omvat batterijen van diverse soorten zoals loodzuur, lithium-ion, natriumzwavel en redox-flow accu's.
- Moleculenopslag omvat het opslaan van energie in waterstof en synthetische brandstoffen.
- Warmteopslag omvat opslag in warm water en andere materialen.

2.3 Toepassingen

De vier fundamentele diensten die energieopslag kan leveren zijn:

1. **Kwaliteitsbewaking van de geleverde stroom:** frequentie en spanning binnen toelaatbare grenzen houden;
2. **Leveringszekerheid/betrouwbaarheid:** het leveren van elektriciteit in geval van vermindering of onderbreking van de levering;
3. **Netoptimalisatie:** optimaliseren van het gebruik van bestaande activa in het elektriciteitssysteem (bijv. netontlasting);
4. **Arbitrage:** het benutten van tijdelijke prijsverschillen.

Wanneer we het elektriciteitssysteem ruwweg opdelen in de drie onderdelen opwekking, netwerk en consumptie (en andere activiteiten achter-de-meter), ontstaat er een matrix van twaalf verschillende combinaties van diensten en systeemonderdelen, zie Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Diensten van energieopslag binnen het elektriciteitssysteem

Dienst	Opwekking	Netwerk	Consumptie
	Vóór-de-meter		Achter-de-meter
Kwaliteit	• Hernieuwbare energieopwekking afvlakken	• Frequentie reguleren • Voltagesupport • Traagheidsdiensten¹⁹	• Stroomkwaliteit
Betrouwbaarheid	• Leveren van capaciteit gedurende piekuren • Blackstart²⁰	• Noodreserve • Opstart/aanloop-reserve • Seizoensreserve	• Back-up stroom • Betrouwbaarheid van levering
Optimalisatie	• Hernieuwbare energieopwekking opvangen en leveren bij tekorten (opschuiven) • Energieopwekking aanpassen op energievraag	• Netcongestieverlichting • Uitstel uitbreiding transmissie- en distributie infra	• Vraagsturing • Zelf-consumptie en -opslag
Arbitrage	• Arbitrage hernieuwbare energie	• Groothandel arbitrage²¹	• Retail arbitrage²² • Facturering op basis van verbruik (variabel contract)

Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 6.

2.3.1 Flexibiliteit door elektrificatie van de energievraag

Zoals eerder besproken, zorgt de overgang naar duurzame, weersafhankelijke energiebronnen voor meer variatie én onzekerheid in de elektriciteitsproductie. De extra vraag die

¹⁹ Traagheid, ook wel 'inertia' genoemd, refereert aan het vertraagde vermogen van roterende machines zoals turbines om te reageren op een verandering in vraag of aanbod van elektriciteit.

²⁰ Een blackstart is de procedure om een elektriciteitscentrale weer op te starten als het gehele elektriciteitsnet is uitgevallen (black-out).

²¹ Op de groothandelsmarkt wordt elektriciteit meestal verhandeld voordat het daadwerkelijk aan eindgebruikers wordt geleverd, zoals de day-ahead en intra-day markt.

²² De retailmarkt is waar consumenten elektriciteit kopen voor gebruik in woningen of bedrijven. De prijzen die eindgebruikers betalen, zijn gebaseerd op de inkoopprijs van elektriciteit op de groothandelsmarkt, plus kosten voor levering, distributie en andere diensten.

elektrificatie met zich meebrengt is op zich voorspelbaar – elektrische auto's of warmtepompen bestaan al – maar het is onzeker hoe snel deze elektrificatie toeneemt en wat voor effect dat heeft op het hele systeem. Een voorbeeld: elektrische auto's worden weliswaar op dezelfde momenten gebruikt als auto's op benzine, maar ze worden op andere tijden opgeladen. Ze kunnen in principe elk moment laden of zelfs terugleveren aan het net, zolang ze maar aangesloten zijn en genoeg energie overhouden om te rijden.

Ook andere apparaten zoals hybride boilers of warmtepompen met een warmwaterbuffer kunnen flexibiliteit bieden aan het elektriciteitsnet. Een batterij kan maar tijdelijk laden of ontladen voordat hij vol of leeg is. Een hybride boiler daarentegen kan overschakelen tussen elektriciteit en gas afhankelijk van de energieprijs, en zo blijven draaien zonder dat het comfort van de gebruiker eronder lijdt. Deze 'kansgestuurde vraag' kan grote hoeveelheden duurzame energie opnemen – zolang het goedkoper is dan gas.

Deze vorm van flexibele vraag concurreert met andere vormen van flexibiliteit. Elke vorm heeft zijn eigen voor- en nadelen. Dit maakt de inzet ervan onzeker voor netbeheerders en energieleveranciers.

2.3.2 De rol van langdurige energieopslag (LDES) in de elektriciteitsmarkt

Binnen de energieopslag toepassingen bestaan er verschillende *niches*, afhankelijk van het type technologie dat het meest geschikt is om in een specifieke behoefte te voorzien. Zo is het leveren van piekvermogen (kortdurende, hoge vraag) iets anders dan het leveren van basislast (constante levering), omdat de economische randvoorwaarden verschillen. Voor piekvermogen zijn lage investeringskosten (CAPEX) belangrijk, terwijl voor basislast juist lage operationele kosten (OPEX) en hoge efficiëntie essentieel zijn. In Nederland is kortdurende opslag, zoals warmteopslag en batterijen, inmiddels goed bekend. Opslag voor langere periodes daarentegen is nog relatief onbekend. We zijn vertrouwd met gas- en olieopslag, maar de duurzame(re) alternatieven die momenteel in ontwikkeling zijn, krijgen nog weinig aandacht.

Als duurzame langdurige energieopslag (LDES) een structurele rol wil spelen in de energiemarkt, moet het een eigen niche vinden waarin het economisch voordeliger is dan andere technologieën - bijvoorbeeld dankzij het vermogen om energie voor langere tijd op te slaan en af te geven dan kortdurende batterijsystemen. Zo'n niche mag klein zijn, maar moet commercieel wél aantrekkelijk genoeg zijn.

Wanneer is LDES echt een aparte niche?

Voor langdurige opslag (LDES) om een **eigen, onderscheidende marktrol** te krijgen - in plaats van alleen maar een verlengstuk te zijn van bestaande opslagtechnologie moet een specifieke technologie aantoonbaar beter presteren (economisch gezien) dan lithium- of natrium-ion batterijen voor opslag van langere duur (bijv. 10-100 uur).

Net zoals 'baseload' en 'peak power' vaste begrippen zijn geworden in de elektriciteitswereld, kan ook LDES alleen een betekenisvolle term worden als het een marktbehoefte vervult waarin het duidelijk superieur is aan andere opties. Dat kan bijvoorbeeld gelden in situaties met:

- Zeer langdurige tekorten aan hernieuwbare energie (weken zonder zon/wind), zoals o.a. te zien in Figuur 2.1.
- Laag aantal cycli per jaar, maar hoge waarde per cyclus
- Behoeftte aan seizoensopslag of strategische reserves

Zonder zo'n duidelijk onderscheidend vermogen blijft LDES slechts een theoretisch concept.

2.4 Functionele kenmerken

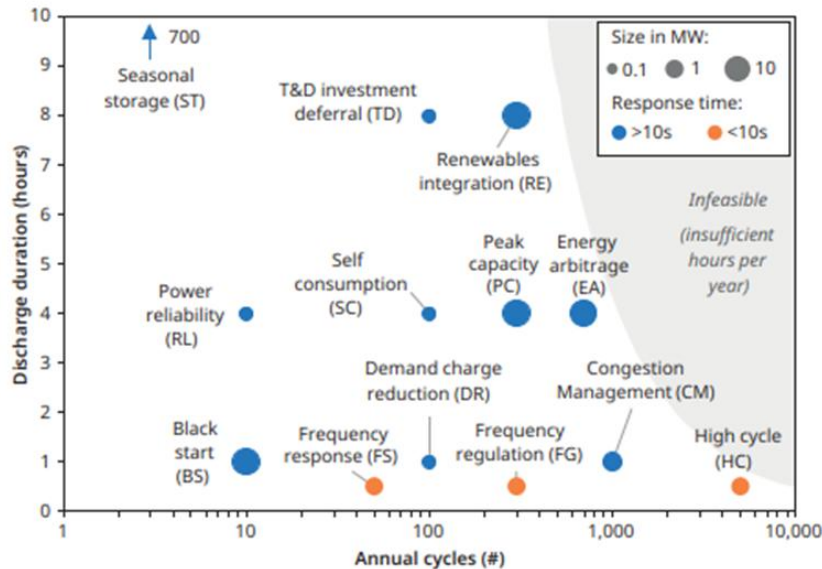
De vier belangrijkste functionele kenmerken van een opslagtechnologie zijn:

1. opslagtijd;
2. opslagcapaciteit;
3. vermogen;
4. laadcycli.

De toepassingen waar een technologietype het meest geschikt voor is, worden grotendeels bepaald door twee functionele kenmerken: de [opslagtijd](#) en de [opslagcapaciteit](#) van een technologie. Batterijen zijn bijvoorbeeld voornamelijk geschikt voor een rol op minuten, uur- en dagniveau, vanwege hun korte opslagtijd en lage opslagcapaciteit. Moleculaire opslagtechnologieën zijn daarentegen het meest geschikt voor toepassingen op week- en seizoensniveau, vanwege hun hoge opslagcapaciteit en opslagtijd. Warmteopslag, afhankelijk van technologieën en configuratie, zijn zeer geschikt voor minuten-, uren-, tot weekniveau.

Figuur 2.3 koppelt een aantal toepassingen aan de ontladingstijd ([discharge duration](#)) en het aantal ontladingscycli per jaar. Toepassingen met een snelle reactiesnelheid dienen voornamelijk ter balancerings van de frequentie op de korte termijn. Toepassingen met een tragere reactiesnelheid dienen voor toepassingen waarbij elektriciteit over langere tijd wordt opgeslagen en teruggeleverd. Hierbij gaat het om toepassingen als de integratie van hernieuwbare energie, energiearbitrage en het bieden van capaciteit tijdens piekvraagmomenten.

Figuur 2.3 Toepassingen van elektriciteitsopslag gelet op de ontladingsnelheid en jaarlijkse cycli.



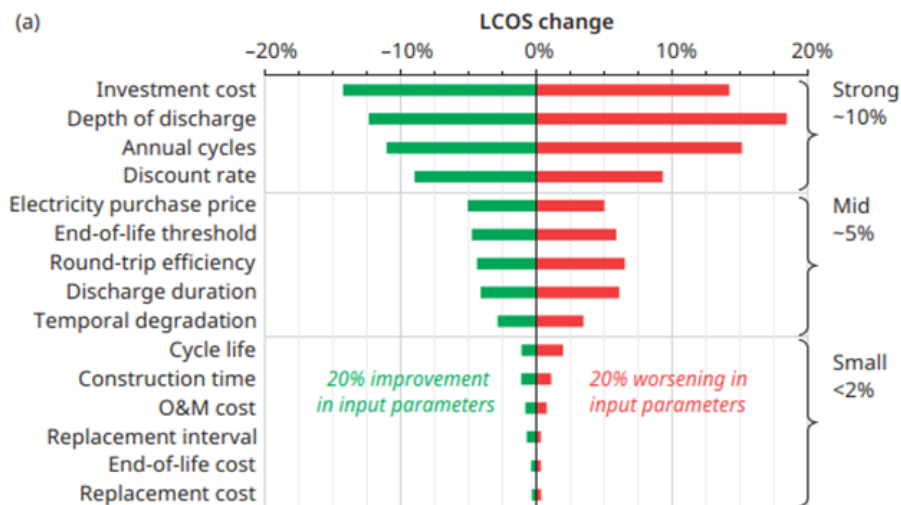
Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 3. Op basis van de vereiste functionele kenmerken van een toepassing kan ook de meest geschikte opslagtechnologie worden bepaald.

2.5 Kosten van energieopslag

De **Levelized Cost of Energy Storage (LCOS)** bepaalt de economische levensvatbaarheid en concurrentiekracht van een energieopslagtechnologie. Hoe lager de LCOS, des te hoger de levensvatbaarheid en daarmee de concurrentiekracht van een technologie.

Figuur 2.4 laat de factoren zien die de LCOS het meest beïnvloeden. Dit zijn de investeringskosten, ontladingsdiepte, het aantal jaarlijkse laadcycli en de discontovoet.

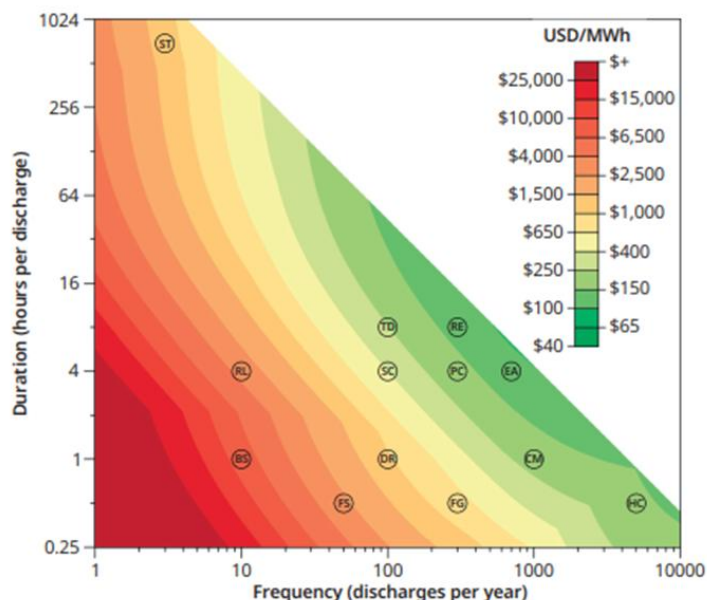
Figuur 2.4 LCOS-verandering



Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 6.

De LCOS is verder het laagst wanneer je vaak en snel kan ontladen. Dit betekent dat, hoe lager het aantal jaarlijkse cycli, des te groter de economische waarde van de opgeslagen energie moet worden om een rendabele businesscase te krijgen. Hierbij is het extra belangrijk dat de technische efficiëntie per cycli richting de 99.999% gaat (5 x 9-rule), wat voornamelijk terugkomt in de batterijtechnologiewereld aangezien deze typisch hoge aantal laad- en ontladingscycli hebben. Figuur 2.5 laat de LCOS van technologieën zien ten opzichte van de ontladingstijd en het aantal jaarlijkse cycli. Hierin zijn ook de verschillende toepassingen geplaatst. De meest rendabele energieopslagstechnieken zijn diegene die een optimale balans hebben tussen het aantal jaarlijkse cycli en de duur van deze cycli. Strategische opslag (ST – links boven) bijvoorbeeld zal maar een paar keer per jaar voorkomen en is daarom moeilijk economisch rendabel te maken zonder overheidssteun.

Figuur 2.5 LCOS van de meest kosten-efficiënte technologieën, relatief tot de ontladingstijd en de jaarlijkse cycli in 2020. De afkortingen in de cirkels geven de toepassingen aan.



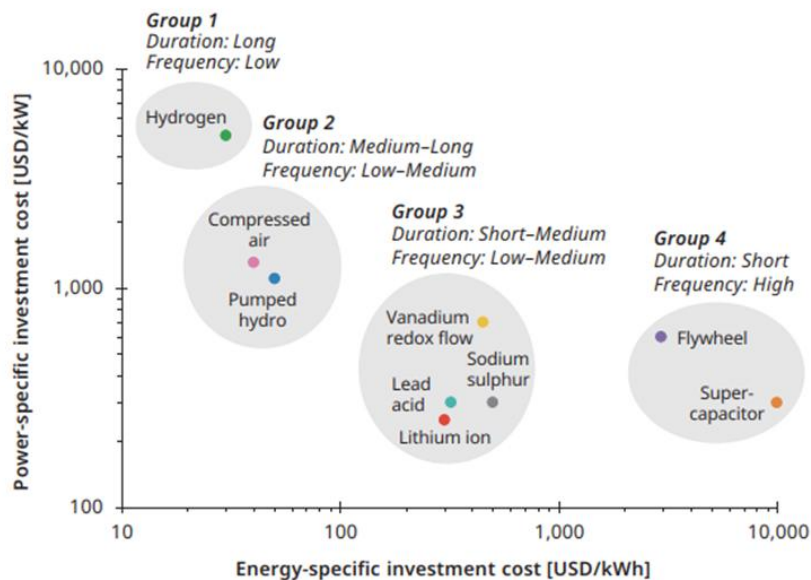
Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 6.

Voor elke opslagtechnologie kan een onderscheid worden gemaakt tussen investeringskosten per vermogens-eenheid (€/kW) en per energie-eenheid (€/kWh). Zoals te zien is in Figuur 2.6 kunnen op basis van deze twee kenmerken opslagtechnologieën worden ingedeeld in vier groepen die elk ongeveer dezelfde verhouding kennen tussen beide soorten kosten:

- **Warmteopslag** is niet opgenomen in de figuur, maar afhankelijk van het temperatuurniveau en de gekozen technologie is deze vorm van opslag relatief duur per vermogens-eenheid, terwijl de kosten per opgeslagen energie-eenheid (warmte) juist relatief laag zijn. Hierdoor is warmteopslag bijzonder geschikt voor toepassingen op de korte tot middellange termijn (van enkele uren tot een week). Afhankelijk van de configuratie kan warmteopslag snel reageren, met responstijden variërend van enkele seconden tot een dag.
- **Waterstof** is bijv. relatief duur om te installeren per vermogens-eenheid, maar relatief goedkoop per energie-eenheid. Waterstof is daarom een geschikte lange termijn opslagtechnologie, maar minder geschikt voor het leveren van grote vermogens op de korte termijn.
- **Perslucht en waterkracht** kosten iets minder per vermogens-eenheid dan bijvoorbeeld batterijen, maar iets meer per energie-eenheid. Voor de middellange termijn zijn deze technologieën dus geschikter dan op de (ultra-)korte termijn.

- **Vanadium redox flow, loodzuur, lithium-ion, en natriumzwavelaccu's** zijn relatief goedkoop per vermogens-eenheid, maar duurder per energie-eenheid. Daarom kunnen deze technologieën beter worden ingezet voor korte-termijn opslagdoelen. Waterstof flow accu's (bijv. waterstof-ijzer staan niet in deze figuur, maar deze zijn (veel) goedkoper per energie-eenheid en iets duurder per vermogens-eenheid vergeleken met de andere accu's in groep 3. Daarom is deze technologie erg geschikt voor lange-termijn opslag, vanaf 8 uur tot wel 130 uur.
- **Vliegwheels en supercondensatoren** zijn relatief goedkoop per stroom-eenheid maar relatief duur per energie-eenheid. Deze technologieën zullen dus het meeste toegevoegde waarde hebben op de ultrakorte termijn.

Figuur 2.6 Stroom-specifieke en Energie-specifieke investeringskosten voor de negen meest gebruikte energieopslag technologieën. Technologieën kunnen grofweg opgedeeld worden in vier groepen.



Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 6.

2.6 Verdienmodellen

De elektriciteitsvoorziening kent verschillende markten waarop gehandeld wordt, afhankelijk van de termijn waarop levering plaatsvindt. De belangrijkste vier zijn in Tabel 2.3 beschreven met bijbehorende diensten die met behulp van energieopslag geleverd kunnen worden en de technologiegroepen die daarvoor het meest geschikt zijn.

Tabel 2.3 Elektriciteitsmarkten met bijbehorende diensten.

Markt	Omschrijving	Diensten	Technologiegroep
Realtime	Handel tot 15 minuten: balanceringsdiensten zoals passieve onbalans, FCR, aFRR en mFRR. - Passieve onbalans: onbalanscorrectie binnen 15 minuten, geen actieve sturing. - FCR: frequentieschommelingen binnen 30 minuten oplossen. - aFRR: snelle onbalanscorrectie binnen 15 minuten. - mFRR: langdurige onbalanscorrectie.	- Arbitrage - Stroomkwaliteit - Stroombetrouwbaarh eid d.m.v. korte reactieduur	- Elektrisch - Elektrochemisch - Thermisch (afname)
Intraday	Handel op de dag zelf op de spotmarkt.	- Stroomkwaliteit - Verhoogd gebruik	- Mechanisch - Elektrochemisch - Thermisch (afname)
Day-ahead	Handel voor de volgende dag op de spotmarkt.	Stroomkwaliteit	- Mechanisch - Elektrochemisch - Thermisch (afname)
Langtermijn	Handel voor de komende weken/maanden door middel van bilaterale lange-termijn contracten.	Stroombetrouwbaarh eid d.m.v. seizoensopslag	- Chemisch - Mechanisch

Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023), hoofdstuk 6.

Onzekerheden van energieopslag in een onzekere markt

Naast de variatie in hernieuwbare opwekking (wind/zon) brengt weersafhankelijke energie ook meer onzekerheid met zich mee. Het is relatief eenvoudig om in te spelen op een verwacht stroomtekort dat weken van tevoren bekend is, maar veel moeilijker als die tekorten pas enkele uren van tevoren duidelijk worden. Hoe eerder en zekerder een gebeurtenis bekend is, des te meer tijd en mogelijkheden er zijn om passende maatregelen te nemen of te investeren in de juiste oplossingen.

Er zijn twee belangrijke vormen van onzekerheid die invloed hebben op het verdien potentieel:

1. Structurele onzekerheid over hoeveel hernieuwbare opwekkingscapaciteit (zoals windmolens en zonnepanelen) er in de toekomst zal zijn.
2. Operationele onzekerheid over hoeveel deze installaties morgen of volgende week daadwerkelijk zullen produceren.

De impact van deze onzekerheden hangt af van de aard van de beslissing. Bij investeringsbeslissingen, bijvoorbeeld in langdurige energieopslag (LDES), kunnen korte termijn onzekerheden grotendeels worden verkleind door historische data te analyseren. Zo kunnen kengetallen zoals het gemiddelde opbrengstpercentage van zonnepanelen of windmolens vrij nauwkeurig worden bepaald. Met wiskundige modellen zoals stochastische dynamische programmering kan vervolgens rekening worden gehouden met grotere, structurele onzekerheden zoals het effect van klimaatverandering op die opbrengsten.

Voor de dagelijkse inzet van energieopslag, bijvoorbeeld op de day-ahead of intraday markt, ligt de focus juist op korte termijn weersvoorspellingen. De geïnstalleerde capaciteit is dan

immers al bekend; het gaat erom hoeveel deze capaciteit morgen zal opleveren. Op de day-ahead markt worden energiecontracten doorgaans uiterlijk rond het middaguur gesloten voor levering de volgende dag. Deze beslissingen zijn dus gebaseerd op weersverwachtingen 12 tot 36 uur vooruit. Naarmate de weersvoorspellingen nauwkeuriger worden naarmate de levering dichterbij komt, kunnen energieopslag hun strategie bijstellen via de intraday markt.

Doordat weersinformatie voortdurend wordt bijgewerkt en de nauwkeurigheid ervan verbeterd, ontstaan er prijsverschillen tussen de verschillende markten. Energieopslag kan deze prijsverschillen benutten. Toch is er geen universeel eenduidig verdienmodel voor energieopslag omdat het afhangt van de behoeftes van het energiesysteem en de techniek. Om de waarde van energieopslag te maximaliseren, is het dus raadzaam om in te zetten op meerdere toepassingen, ook wel inkomstenstapeling ([revenue stacking](#)) genoemd. Dit kan op verschillende manieren^[1]:

- Parallele stapeling: vermogenscapaciteit wordt gescheiden in afzonderlijke delen die verschillende toepassingen tegelijkertijd dienen.
- Sequentiële stapeling: dezelfde opslagcapaciteit wordt geleverd aan verschillende toepassingen in verschillende tijdsperioden.
- Sequentieel stapelen in tegengestelde richting: dezelfde opslagcapaciteit wordt geleverd aan verschillende toepassingen in verschillende tijdsperioden. Deze toepassingen hebben betrekking op zowel opladen als ontladen.
- Overlappend stapelen: dezelfde opslagcapaciteit wordt geleverd aan meerdere toepassingen op hetzelfde moment.

3 Ontwikkelingen op de Nederlandse energiemarkt

Samenvatting

Deze analyse belicht de belangrijkste ontwikkelingen in de Nederlandse energiemarkt in 2024 en begin 2025 en overige relevante ontwikkelingen die impact hebben op de opslag sector.

In 2024 kwam voor het eerst meer dan 50% van de elektriciteit uit hernieuwbare bronnen, met recordmaanden tot 64%. Ondanks dit succes moest er circa 10 hele dagen aan productie worden afgeschakeld (curtailment) wegens overschotten. De negatieve prijsuren namen fors toe: 465 uur in de day-ahead markt en 1.705 uur in de onbalansmarkt. Dit vormt een sterke prikkel voor opslag en vraagrespons. Op EU-niveau groeit de flexibiliteitsbehoefte van 325 TWh (2021) naar 1.608 TWh (2030), waarvan de helft dagbasis-flexibiliteit betreft. Bij een penetratie van >90%+ hernieuwbaar ontstaat een TWh-schaal opslagbehoefte. Voor Nederland wordt gerekend met 90 – 160 GW flexibel- en regelbaar vermogen in 2050, maar er is nog geen nationale opslagdoelstelling wat voor onzekerheid en vertraging zorgt.

Modelberekeningen tonen dat de combinatie van mix van zonne-energie (2,7 GW), wind op land (1,6 GW) en batterijen (0,7 GW met 5,5 GWh opslag) en beperkte gascapaciteit van 0,6 GW tot 34% lagere Levelized Cost of Electricity (LCOE) kan opleveren en het gasgebruik met 90% kan reduceren. Voorbeelden tonen aan dat baseload-levering met alleen zon en opslag haalbaar is: in Las Vegas 97% betrouwbaarheid, in het VK 62%²³, vergelijkbaar met Nederland. Kosten voor zonne-energie + opslag (<\$104/MWh) liggen inmiddels lager dan nieuwe kolen- of kerncentrales.

De netcongestie is in 2024 sterk toegenomen: >20.000 bedrijven staan op een wachtlijst voor aansluiting. Voor uitbreiding is tot €219 miljard investering nodig tot 2040, wat een verdrievoudiging van transporttarieven impliceert. Er werden in 2024 312 flexcontracten afgesloten, maar het effect blijft beperkt door moeilijkheden rond afnameflexibiliteit en aansprakelijkheid.

De toename van negatieve prijzen ondermijnt de businesscase voor wind- en zonne-energie, wat leidt tot vertraging van investeringen. Hierdoor neemt de waarde van batterijopslag toe. Toch blijft de rol van batterijen onzeker door prijsschommelingen en onduidelijkheid over nettarieven.

Ook de verschillende flexibiliteitsmarkten laten een gemengd beeld zien. De onbalansmarkt biedt hoog risico maar ook hoog potentieel, waarbij de frequentie van regeltoestand 2 toeneemt. De FCR-markt kent inmiddels dalende prijzen door verzadiging, terwijl aFRR sinds 2024 aantrekkelijker is geworden door Europese koppeling via PICASSO. Voor mFRR wordt pas vanaf 2025 deelname mogelijk via MARI, maar het potentieel lijkt vooralsnog beperkt.

²³ Noord-Europa ligt op hogere breedtegraden en ontvangt daardoor gemiddeld minder zonuren per jaar dan Las Vegas. Dat heeft direct invloed op de betrouwbaarheid en opbrengst van zonne-energie:

Nieuwe contractvormen voor congestiemanagement zijn geïntroduceerd in de netcode, maar de implementatie stuit op praktijkproblemen. Brancheorganisaties vragen om meer betrokkenheid bij productontwikkeling.

Andere belemmeringen en ontwikkelingen

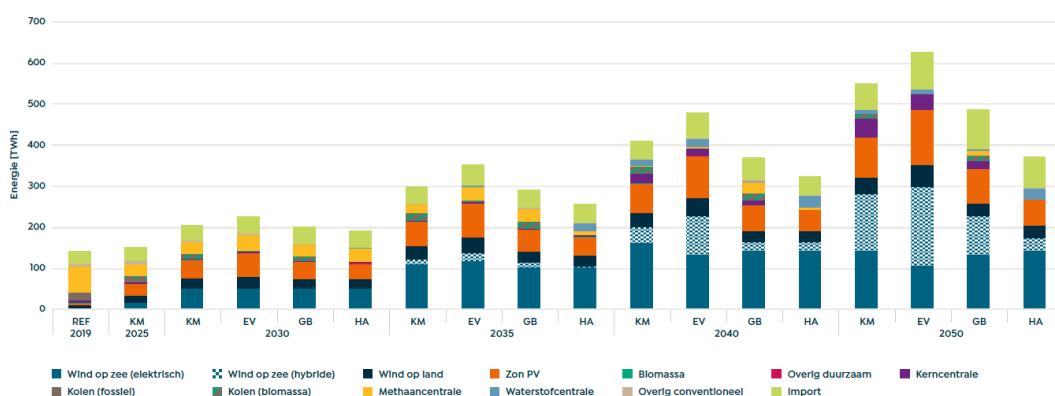
- Arbeidsmarktkrapte structureel → impact op energiesector.
- Vergunningverlening: onder de Omgevingswet blijft traagheid een belemmering.
- Cyberveiligheid: wordt gezien als groeiend risico in zowel Nederland als EU. EU-wetgeving (NIS2, CRA, AI Act) verscherpt eisen.
- Elektrisch vervoer: neemt sterk toe, wat de druk op flexibiliteit vraag vergroot. >1 miljoen EV's in 2025; groei naar 100% zero-emissie vrachtovervoer in 2040. V2G-capaciteit biedt potentieel voor decentrale opslag. Risico voor stationaire-opslagsector.
- Flextenders: eerste praktijkvoorbeelden (Utrecht) om congestie te verlichten.

3.1 Flexibiliteitsbehoefte in het energiesysteem

In 2024 bereikte de Nederlandse energiemarkt een mijlpaal: Voor het eerst was meer dan 50% van de opgewekte energie hernieuwbaar. Echter, door netcongestie en overproductie werd circa in totaal voor 10 hele dagen aan hernieuwbare elektriciteit niet benut, wat de urgentie van energieopslag onderstreept. In juni 2024 was 64% van de elektriciteit hernieuwbaar, met zonne-energie als grootste aandeel, gevolgd door wind.

Begin 2025 blijft de groei van hernieuwbare energie aanhouden, ondersteund door subsidies zoals de SDE++ 2025, die ook waterstofproductie en nieuwe technieken stimuleert. Toch blijft netcongestie een uitdaging, met een geschatte 10% afschakeling van wind- en zonne-energie tijdens piekproductie.

Figuur 3.1 Ontwikkeling aanbod elektriciteit, in TWh per bron.



Bron: Netbeheer Nederland. (2025). *Scenario's editie 2025*. Mei 2025.

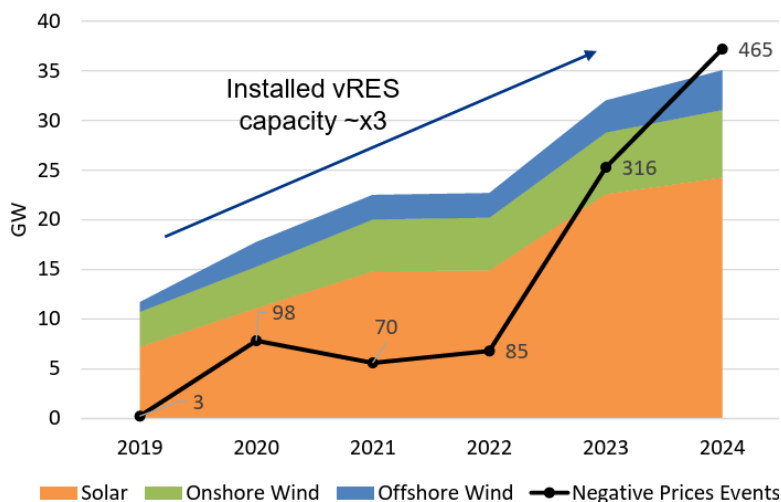
Flexibiliteitsbehoefte van het energiesysteem

Het Nederlandse elektriciteitssysteem kampt met toenemende netcongestie door de snelle groei van hernieuwbare energiebronnen, zoals te zien in Figuur 3.1. Tijdens piekproductieperiodes, zoals zonnige of winderige dagen, overtreft het aanbod de netcapaciteit, vooral in landelijke gebieden waar transformatorstations niet zijn berekend op deze hoge invoeding. Daarnaast moeten de netbeheerders ook rekening houden met toenemende vraag naar elektriciteit en autonome groei, e.g. het zwaarder belasten van bestaande aansluiting. De maatregelen die de netbeheerders nemen om huidige en toekomstige knelpunten te verhelpen zorgen voor netcongestie in Nederland.

Tegelijkertijd veroorzaken periodes van lage opwek, zoals tijdens dunkelflaute (weinig zon en wind), pieken in de vraag naar fossiele back-upcapaciteit, wat de CO₂-uitstoot verhoogt. In sommige gevallen veroorzaakt de vraag naar elektriciteit afnamecongestie. Zowel invoedings- als afnamecongestie zijn een huidig en toekomstig probleem in Nederland en dat benadrukt de behoefte naar meer en slimmere flexibiliteit.

De toename van hernieuwbare energie leidt tot grotere schommelingen in elektriciteitsaanbod, waardoor de flexibiliteitsbehoefte groeit. In 2024 waren er 465 negatieve prijsuren op de day-aheadmarkt (EPEX), een stijging van 144 uur ten opzichte van 2023, en 1.705 negatieve uren op de onbalansmarkt. Dit reflecteert overproductie van zon en wind tijdens piekuren, vooral in de lente en zomer. Negatieve prijzen stimuleren de vraag naar energieopslag en flexibel verbruik, zoals dynamische contracten waarbij huishoudens hun verbruik afstemmen op lage prijsmomenten.

Figuur 3.2 aantal negatieve clearinguren* en ontwikkeling van geïnstalleerde vRES-capaciteit** in Nederland



Bron: TenneT (2025). Market-Based Flexibility from renewables. [Bron](#)

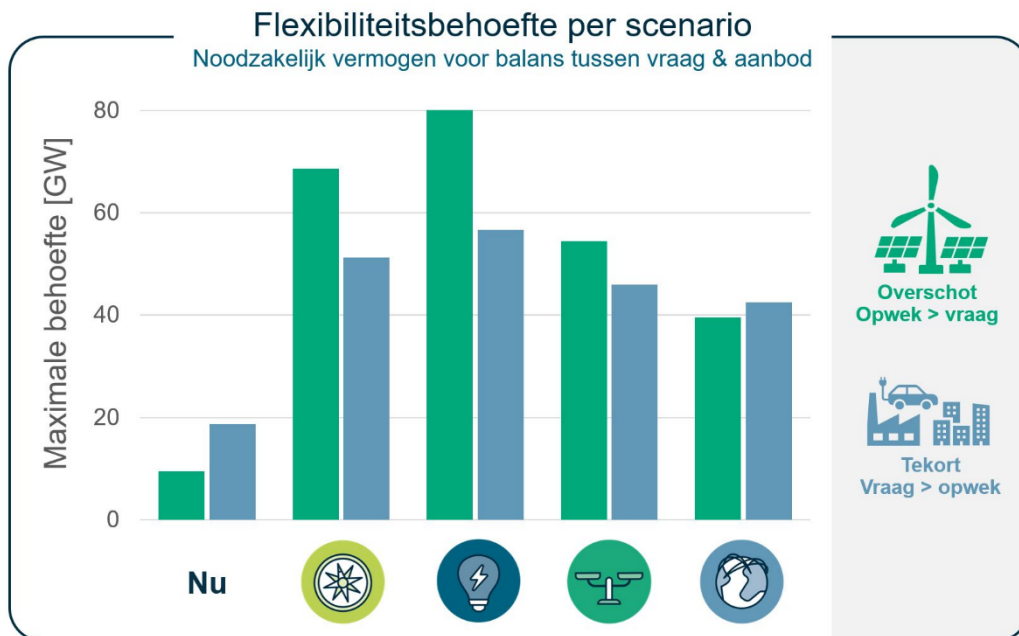
Ook wijst een onderzoek van TenneT aan dat aanbieders van grootschalige hernieuwbare opwekking steeds meer hun biedingen aanpassen aan de marktprijzen. Zowel het flexibele volume als het inflexibele volume zijn in de loop der tijd toegenomen. Het inflexibele volume groeit echter sneller dan het flexibele volume, zowel in termen van totaal volume als in de toename ervan. Dit 'must-run'-karakter roept zorgen op over de koppeling van de day-ahead

markt nabij de negatieve prijslimiet en mogelijke operationele uitdagingen als deze inflexibele volumes de basisvraag overschrijden.

Er wordt ook een toename van het [flexibele volume en demand-side response](#) waargenomen door TenneT in de day-ahead prijs sensitieve biedingen. Een conservatieve inschatting (5de percentiel) geeft aan dat de markt reageert op prijssignalen en kan ongeveer 0.4GW in 2021 naar 1.2GW in 2023 aan elektriciteit vraag verschuiven. Dit geeft aan dat er wel degelijk flexibiliteit in de markt is en dat deze groeit de komende tijd, wat de aannamen in de Monitor Leveringszekerheid 2024 van TenneT ondersteund. De vraag is echter, hoe wordt deze toenemende flexibiliteit ingezet zodat het niet het systeem verstoort? Kortetermijnwinsten of portfolio balanceren kunnen ervoor zorgen dat deze flexibiliteit juist voor verstoringen zorgt op Europese schaal, zoals aangekondigd door [TenneT](#).

De toenemende rol van dergelijk inflexibel volume onderstreept de noodzaak van ondersteuningsmechanismen die flexibiliteit van variabele hernieuwbare bronnen stimuleren. Het benadrukt ook het belang van het afbouwen van de salderingsregeling en het vinden van alternatieven voor thermische fossiele centrales (gas- of kolencentrales), die momenteel cruciale systeemdiensten leveren zoals inertia en reactief vermogen. De energie scenario studies van Netbeheer Nederland onderbouwen de behoefte naar flexibiliteit in 2050, waarbij vele GWten aan flexibel vermogen (afname en invoeding) wordt gevraagd. Er zijn vier categorieën van flexibiliteit: Energieopslag, Aanbod- & vraagresponse, Conversie tussen energiedragers, Import & export.

Figuur 3.3 Flexibiliteitsbehoefte uit de scenario studie Netbeheer Nederland van 2050 (2025)



Bron: Maarten Staats 2025 (Enexis)

Geen enkele technologie dekt alle functies; een combinatie is noodzakelijk. In de scenario-vergelijking valt op dat Koersvaste Middenweg een brede mix benut, Eigen Vermogen het grootste volume flexibiliteit kent door veel elektriciteitsproductie, Gezamenlijke Balans relatief

zwaar leunt op methaanopslag en weinig waterstofopslag kent, en Horizon Aanvoer sterk afhankelijk is van waterstofimport.

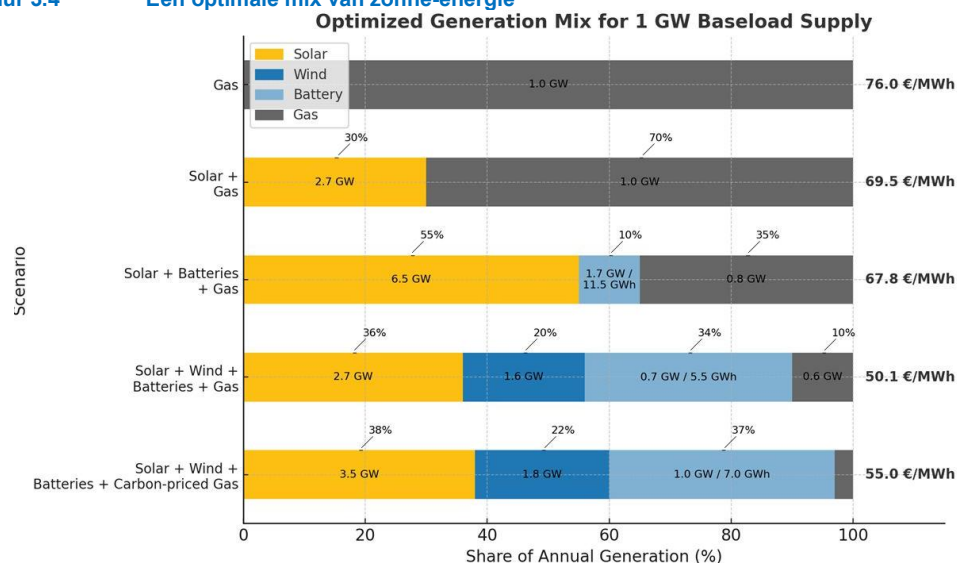
3.1.1 Goedkoper energiesysteem met hernieuwbare bronnen en flexibiliteit

Een veelgehoord bezwaar tegen hernieuwbare energiebronnen zoals zon en wind is dat deze technologieën de totale energiekosten verhogen. De redenering is dat je alsnog gascentrales als back-up nodig hebt wanneer het niet waait of de zon niet schijnt. Deze gedachtegang staat bekend als de ‘double cost fallacy’: de aanname dat je dubbel moet investeren - zowel in hernieuwbare als fossiele energiecapaciteit.

Deze denkfout richt zich vooral op de kapitaalskosten (CAPEX) van het energiesysteem, en negeert de operationele kosten (OPEX), met name de brandstofkosten die bij fossiele energie het overgrote deel van de kosten uitmaken. In werkelijkheid zijn gascentrales relatief goedkoop om te bouwen, maar duur in gebruik vanwege de brandstofprijzen.

Een recente analyse van Daan Walter (Ember), verder uitgewerkt door Emiel van Druten (TenneT), maakt dit inzicht concreet. Zij modelleerden een energiesysteem dat continu 1 GW aan vermogen levert (oftewel een vraag van 8760 GWh per jaar).

Figuur 3.4 Een optimale mix van zonne-energie



Bron: Sebastiaan Husein via LinkedIn. [Bron](#).

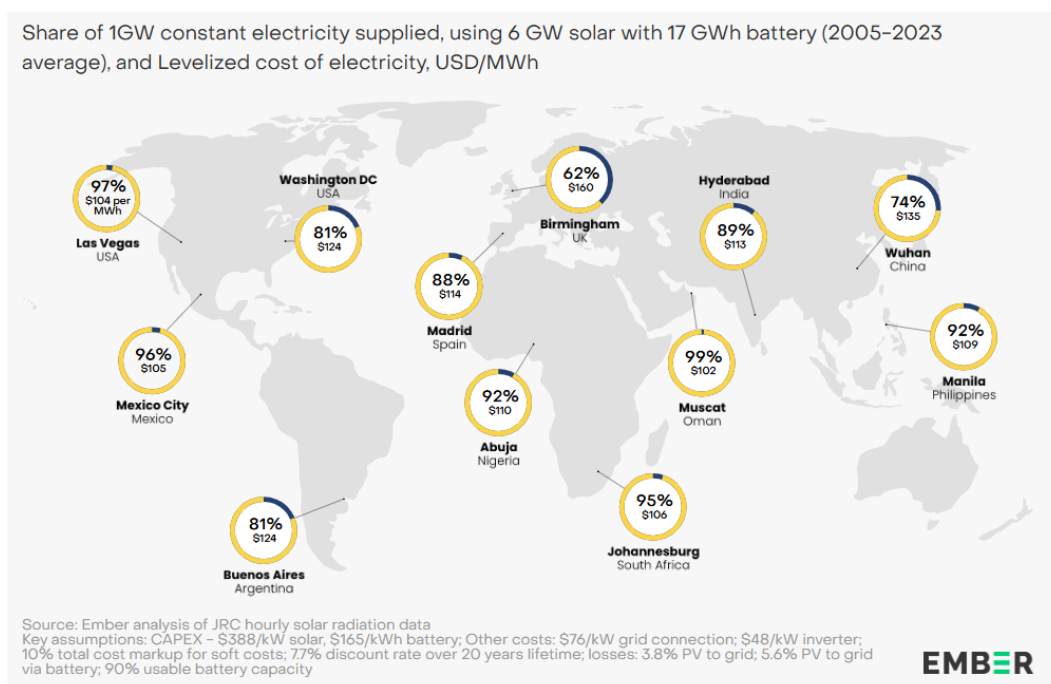
Een optimale mix van zonne-energie (2,7 GW), wind op land (1,6 GW) en batterijen (0,7 GW met 5,5 GWh opslag) kan deze vraag grotendeels dekken. Slechts een beperkte gascapaciteit van 0,6 GW is nog nodig voor back-up. De systeemkosten dalen van €76/MWh naar €50,10/MWh — een besparing van 34%. Het gasgebruik daalt met 90%. Zelfs bij een CO₂-prijs stijgen de kosten slechts beperkt tot €55/MWh, terwijl het gasverbruik met 97% afneemt.

De grootste besparing komt voort uit het verminderen van het gasverbruik, dat normaal gesproken 60% tot 80% van de totale kosten van een gascentrale uitmaakt. De investering in hernieuwbare bronnen en opslag vervangt daarmee het meest kostbare en risicovolle onderdeel van het fossiele systeem.

Hoewel volledige, constante zonne-energieopwekking op uurbasis over het hele jaar (24/365) in gematigde of bewolkte klimaten economisch niet haalbaar is vanwege de benodigde overdimensionering van panelen en opslag, tonen modellen uit een recent rapport van [Ember](#) aan dat in de zonnigste steden 90–99% benadering van continue levering technisch en economisch mogelijk is. Zo kan Las Vegas met 6 GW aan zonnepanelen en 17 GWh batterijopslag een constante levering van 1 GW bereiken met 97% betrouwbaarheid, terwijl Muscat (Oman) zelfs 99% haalt. In meer gematigde klimaten, zoals Birmingham (VK) en vergelijkbaar met Nederland, is nog steeds een jaarlijkse continuïteitsdekking van 62% realiseerbaar met dezelfde technologie die nu al beschikbaar is. Deze verhouding tussen opwek en opslag is representatief voor veel zonnige regio's wereldwijd en vormt daarmee een robuust uitgangspunt voor de ontwikkeling van stabiele zonne-energiesystemen.

De economische haalbaarheid van dergelijke systemen blijkt bovendien overtuigend. In Las Vegas bedraagt de Levelised Cost of Electricity (LCOE) voor een systeem dat 97% van het jaar constante levering biedt circa \$104 per megawattuur. Dat is 22% lager dan de wereldwijde gemiddelde kosten van een jaar eerder en ligt onder de kosten van nieuwe kolencentrales (\$118/MWh) en aanzienlijk onder die van kernenergie (\$182/MWh). Deze dalende kostentrend versterkt het investeringsperspectief voor grootschalige zonne-energiesystemen met opslag in zonnrijke markten.

Figuur 3.5 Zonnige plekken wereldwijd kunnen minstens 90% constante energievoorziening uit zonne-energie halen tegen een kostprijs rond de \$100/MWh



Bron: Ember analysis of JRC hourly solar radiation data. [Link](#).

De verschillende analyses erkennen dat naarmate het aandeel hernieuwbare energie richting de 100% stijgt, de systeemkosten weer kunnen toenemen. Dit komt doordat de laatste procenten aan betrouwbaarheid en beschikbaarheid steeds moeilijker en duurder worden. Toch blijkt uit de simulatie dat het grootste deel van de kostenbesparing al wordt gerealiseerd

bij een aandeel van ongeveer 70% hernieuwbare opwek, waardoor een bijna volledig CO₂-vrij systeem betaalbaar blijft.

3.1.2 Energieopslag doelstellingen in Europa en Nederland

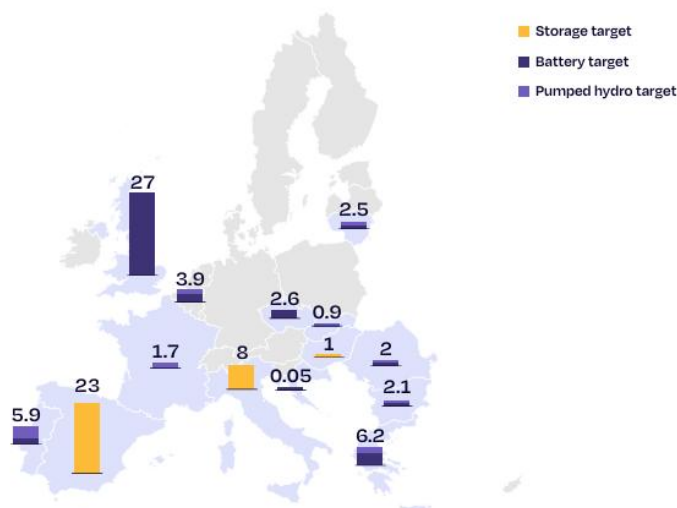
Voor een toekomstbestendig en duurzaam energiesysteem dat steeds grotere hoeveelheden hernieuwbare productie kan integreren, is voldoende kort- én langdurige opslag onmisbaar. Toch heeft Nederland op dit moment géén expliciete flexibiliteits- of opslagdoelstelling. Dat is een gemiste kans: juist zo'n doelstelling is een cruciaal beleidsinstrument om richting te geven aan het energiesysteem van de toekomst.

Een opslagdoel is essentieel omdat het:

- **De leveringszekerheid borgt** – zonder opslag komt de betrouwbaarheid van ons energiesysteem in gevaar (zie o.a. TenneT Monitor Leveringszekerheid).
- **Duidelijkheid schept voor projectontwikkelaars** – zij weten waar de lat ligt en welke projecten nodig zijn.
- **Vertrouwen geeft aan financiers** – investeringen worden aantrekkelijker en beter voorspelbaar.
- **Een solide basis biedt voor netbeheerders** – hun plannen voor infrastructuur en investeringen krijgen een concreet ankerpunt.
- **Het maatschappelijk draagvlak vergroot** – een duidelijke ambitie maakt zichtbaar waarom opslag nodig is.

Discussies over nut en noodzaak overbodig maakt – het beleid zelf geeft richting en schept consensus.

Figuur 3.6 Europese kaart van energieopslagdoelen in de nationale energie- en klimaatplannen



Bron: SolarPower Europe (2025). European Market Outlook for Battery Storage 2025-2029. [Link](#).

De meeste [nationale energie- en klimaatplannen \(NECP's\)](#) van EU-lidstaten gaan onvoldoende in op de noodzakelijke investeringen voor netuitbreiding, flexibiliteit en digitalisering. Hoewel flexibiliteit in de meeste NECP's in enige vorm wordt genoemd, hebben 14 lidstaten specifieke doelstellingen voor energieopslag vastgesteld, uitgedrukt in MW/MWh of euro (zie

Figuur 3.6). De EU schrijft wel voor dat lidstaten NECP's maken, maar stelt géén bindende opslagdoelen vast. Hierdoor is het aan de lidstaten zelf om te beslissen of ze een storage target opnemen. Daarnaast zijn er verschillen in nationale energiemix en systeembehoefte wat invloed heeft op het stellen van opslagdoelen. Afsluitend is beleidsfocus verschillend per lidstaat, waarbij er soms meer geleund wordt op flexibiliteitsmaatregelen via demand response of netuitbreiding, of dat er meer vertrouwd wordt op marktwerking.

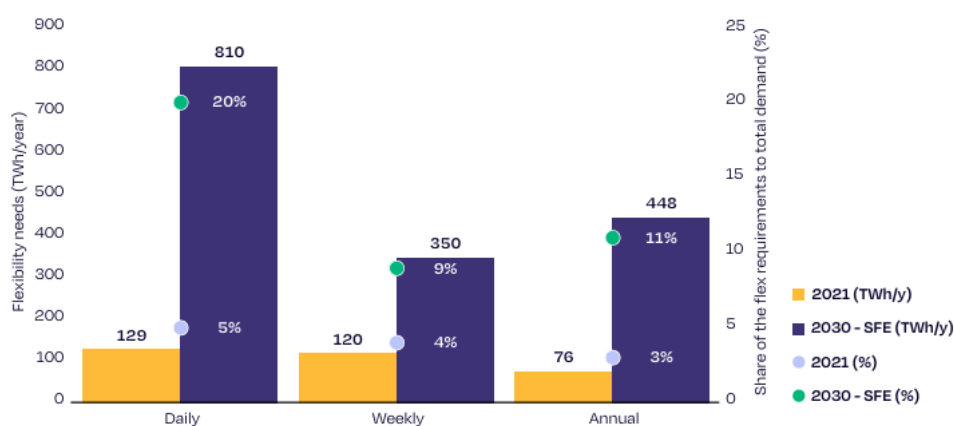
Toch blijven de bestaande doelstellingen vaak weinig ambitieus en niet in verhouding tot de schaal van de uitrol van hernieuwbare energie. Slechts 9 landen hebben specifieke doelstellingen voor batterijopslag (België, Bulgarije, Kroatië, Tsjechië, Griekenland, Litouwen, Portugal, Roemenië en het Verenigd Koninkrijk), waarvan de meeste ruimschoots zullen worden overschreden in het medium scenario van SolarPower Europe. Daarentegen fungeren het VK en Spanje als goede voorbeelden door hoge ambities te stellen voor energieopslag, uitgedrukt in GW.

Flexibiliteitsduur behoefte in Europa

Het in balans brengen van vraag en aanbod vereist tegenwoordig meer flexibiliteit over verschillende tijdsschalen - dagelijks, wekelijks en seizoensgebonden. Door de snelle groei van variabele hernieuwbare energieproductie in de EU zullen de totale flexibiliteitsbehoeften naar verwachting verviervoudigen, van 325 TWh/jaar in 2021 tot 1.608 TWh/jaar in 2030, volgens de *Mission Solar 2040*-studie van SolarPower Europe (zie Figuur 3.7). Deze behoefte zal in 2030 naar schatting 40% van de elektriciteitsvraag in de EU vertegenwoordigen.

Opvallend is dat de helft van deze flexibiliteitsbehoefte op dagelijkse basis zal ontstaan (810 TWh/jaar), wat een kans biedt voor energieopslag om een cruciale rol te spelen door overtollige elektriciteit die overdag wordt opgewekt, te converteren naar andere energiedragers of te verschuiven naar de avonden wanneer de vraag piekt.

Figuur 3.7 EU flexibiliteitsvereisten in 2030 in het meest gevorderde flexibiliteitsscenario



Bron: SolarPower Europe (2024). Mission Solar 2040. [Link](#).

3.1.3 Opslag doelstelling in relatie tot hernieuwbare productie

Het is uit studies gebleken dat zowel de benodigde energieopslagcapaciteit als de energiebehoefte exponentieel toenemen naarmate het aandeel van duurzame energie stijgt. Twee perspectieven zijn van belang bij het bepalen van de vereiste opslagcapaciteiten:

1. **Elektriciteitssector (Power-to-Power):** Nadruk op de opslag van elektriciteit binnen de elektriciteitssector om de energiebalans te handhaven.
2. **Energiesector (Power-to-X):** Breder perspectief waarin opslag in andere energiedomeinen zoals warmte wordt meegenomen.

Tabel 3.1 benadrukt de noodzaak om elektriciteitsopslag op TWh-schaal in te zetten om sectoren die volledig afhankelijk zijn van wind- en zonne-energie mogelijk te maken. De uitdaging wordt echter nog groter wanneer we het perspectief uitbreiden naar de gehele energiesector. De omvang van deze uitdaging wordt duidelijk wanneer we kijken naar de huidige strategische energiereserves in fossiele brandstoffen. Als we aannemen dat deze brandstoffen met een efficiëntie van 40% kunnen worden omgezet in elektriciteit, dan is dit meerdere ordes van grootte groter dan de opslagcapaciteiten die zijn geïdentificeerd voor de decarbonisatie van de elektriciteitssector. Niet al deze strategische reserves zijn bedoeld voor gebruik in de energiesector; echter, de reserves die als grondstof voor de industrie worden gebruikt, zullen in de toekomst mogelijk ook vervangen moeten worden door elektriciteit-afgeleide chemische brandstoffen en een verbetering in efficiëntie door het toepassen van warmteopslag.

Tabel 3.1 **Vergelijking van inzichten van systeemanalyses en reviews van academische studies.**

Wind- en zon penetratie	Inzichten uit academische studies	Inzichten uit systematische analyse	Concluderend
< 50%	Minder dan 0,02% van de elektriciteitsopslagcapaciteit ten opzichte van de jaarlijkse elektriciteitsvraag nodig	Geen opslag nodig als de wind-zon ratio is geoptimaliseerd	Geen opslag is nodig als de optimale wind-zon verhouding wordt toegepast en het aandeel van wind- en zonne-energie onder de 45% blijft: bij dit aandeel en deze verhouding kan wind- en zonne-energie altijd volledig worden geïntegreerd met de vraag (voorwaarde: de resterende opwekkingscapaciteit is volledig flexibel)
< 80%	Elektriciteitsopslagcapaciteit van 0,02%–0,1% ten opzichte van de jaarlijkse elektriciteitsvraag nodig	Kleine, kortdurende opslag ter grootte van 0,05% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag die de gemiddelde vraag gedurende 4 uur kan leveren bij een efficiëntie van 80% over de hele cyclus. Dit is net zo effectief als grotere opslagsystemen.	Kleine, kortdurende opslag is voldoende om wind- en zonne-energie te integreren als het aandeel onder de 80% blijft: het verschil in integratie van dit aandeel met de vraag per uur, vergeleken met middelgrote en middellange opslagsystemen, is < 3%.

Wind- en zon penetratie	Inzichten uit academische studies	Inzichten uit systematische analyse	Concluderend
< 90%	Elektriciteitsopslagcapaciteit van 0,02%–1% ten opzichte van de jaarlijkse elektriciteitsvraag nodig	Middelgrote, middellange opslag ter grootte van 0,2% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag die de gemiddelde vraag gedurende 16 uur kan leveren bij een efficiëntie van 60% over de hele cyclus. Dit is net zo effectief als grotere opslagsystemen	Middelgrote en middellange opslag is voldoende om wind- en zonne-energie te integreren als het aandeel onder de 90% blijft: het verschil in integratie van dit aandeel met de vraag, vergeleken met grote, langetermijnsystemen, is < 3%.
100%	-	Een energieopslagcapaciteit van ongeveer 20% van de totale jaarlijkse elektriciteitsvraag om de gemiddelde vraag gedurende 730 uur (1 maand) te leveren bij een efficiëntie van 40% over de hele cyclus;	Grote, langetermijnopslag ²⁴ en een overcapaciteit van wind- en zonne-energie zijn nodig om 100% van de vraag te dekken met alleen wind- en zonne-energie: Alle markten kunnen volledige integratie van wind- en zonne-energie bereiken met een opslagsysteem dat ~20% van de totale jaarlijkse elektriciteitsvraag dekt en een wind- en zonnecapaciteit die ~140% van de jaarlijkse elektriciteitsvraag bedraagt. De hoge vraag naar flexibiliteit in koolstofarme energiesystemen komt door de lage capaciteitsfactor van wind- en zonne-energie. Slechts 10% van de geïnstalleerde capaciteit van wind- en zonne-energie wordt beschouwd als betrouwbaar. Dit betekent dat bijna 1:1 back-upflexibiliteit vereist is.

Bron: Monetizing energy storage, Schmid & Staffell (2023).

3.2 Ontwikkelingen op de energiemarkten

De ontwikkelingen op elektriciteitsmarkt heeft zeer sterke invloed op de opslag sector. Het aantal negatieve uren en o.a. de inkomsten op balanceringsmarkten scheppen de

²⁴ Er zal waarschijnlijk een mix zijn van grote gecentraliseerde systemen en kleinere gedecentraliseerde commerciële, residentiële en gemeenschapssystemen. In feite voorspellen de meeste studies een verhouding van ongeveer 50:50 tussen deze twee in de toekomst. Het is echter de moeite waard om per toepassing te differentiëren om beter te begrijpen waar gecentraliseerde en waar gedecentraliseerde systemen kunnen worden ingezet. Toepassingen aan de productiekant hebben de neiging groter te zijn terwijl die aan de consumptiekant vaak kleiner zijn. Netwerkdiensten kunnen door beide worden geleverd.

businesscase van energieopslag. Hieronder de belangrijkste ontwikkelingen van het afgelopen jaar en de implicaties voor de sector.

3.2.1 *Effecten van negatieve uren op de markt*

De Europese energiemarkt kent een groeiend aantal uren met negatieve elektriciteitsprijzen, vooral door de snelle integratie van hernieuwbare energiebronnen zoals zonne-energie. De prijzen worden negatief omdat producenten blijven produceren als de prijzen richting de 0 gaan. Dit komt omdat kleinverbruikers o.a. kunnen salderen en dus gunstig overtollige elektriciteit op het net kunnen 'dumpen' of omdat producent reeds de duurzame energie verkocht hebben via PPA's waardoor er genoeg productie gedraaid moet worden. Elektriciteitsprijzen zakken onder 0 -een economisch inefficiënt maar systeemtechnisch noodzakelijk gevolg van een inflexibel energiesysteem. Dit fenomeen wordt versterkt door het ontbreken van economische prikkels of technische capaciteit om overtollige elektriciteit tijdelijk op te slaan of te verplaatsen in tijd of ruimte. Dit heeft een aantal negatieve effecten:

a. Economische Impact

- **Captureprijzen** – de gemiddelde marktprijs die hernieuwbare producenten realiseren – dalen sterk tijdens negatieve uren. Dit ondermijnt de businesscase voor PV, met name voor projecten zonder subsidies of met marktexpositie.
- **Investeringsvertragingen** – Lagere inkomsten door negatieve prijzen en curtailment (afschakeling) ontmoedigen investeringen in grootschalige PV. De transactiesnelheid op de markt daalt en de groei van rooftop-PV vertraagt.
- **Opslagprojecten** – Energieopslag wordt als essentieel beschouwd om negatieve prijzen op te vangen. Echter, handelsrisico's maken het moeilijk om stabiele inkomsten te genereren. Hierdoor blijven batterij en warmteopslaginvesteringen achter.

b. Structurele energiemismatch

- De negatieve prijzen illustreren een fundamentele onevenwichtigheid tussen productie en consumptie. Zonder voldoende flexibiliteit aan de vraagzijde en zonder infrastructuur om energieoverschotten te benutten, leidt dit tot structurele inefficiëntie en prijsonderdrukking.

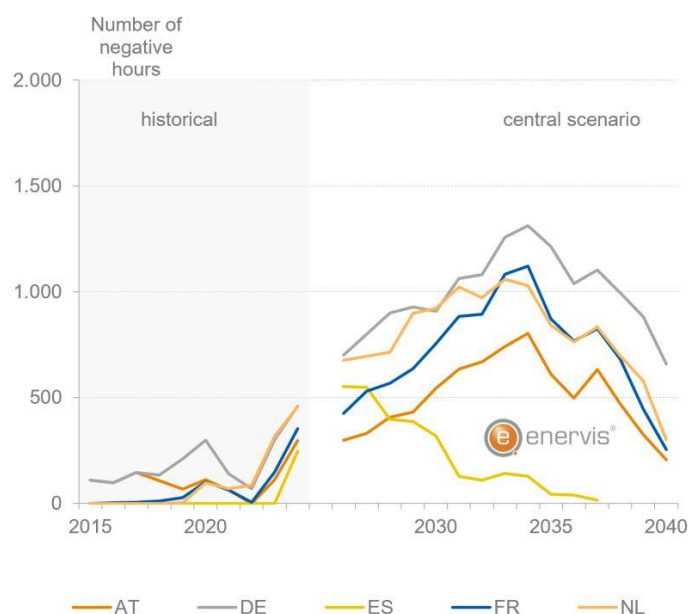
Vooruitzichten negatieve uren voor de Jaren 2030

Ondanks meer elektrificatie en nieuw beleid zullen negatieve elektriciteitsprijzen in Europa de komende jaren aanhouden volgens de European Power Market Outlook, te zien in Figuur 3.8. De snelle groei van zonne-energie loopt vooruit op de ontwikkeling van batterijen, flexibel verbruik en netuitbreiding, waardoor overproductie vaker voorkomt en de gemiddelde opbrengstprijzen (capture prices) onder druk blijven in de jaren 2020. Pas vanaf de jaren 2030 wordt een geleidelijk herstel verwacht, al blijft de markt volatiel, waardoor opslag en gecombineerd geplaatste energieprojecten aantrekkelijk blijven. Enkele drijfveren zijn:

- **Uitfasering van kolencentrales**, wat ruimte creëert voor meer hernieuwbare productie binnen het marktevenwicht.
- **Groei van energieopslag**, waarmee overtollige elektriciteit opgevangen en later ingezet kan worden.
- **Toename van vraagflexibiliteit**, bijvoorbeeld via elektrisch vervoer, warmtepompen, industriële processen en elektrolyse, die energieverbruik kunnen verschuiven naar momenten van overschot.

- **Beleidsmaatregelen**, zoals aanpassingen in CfD-regelingen, die negatieve prijsexposure beperken.

Figuur 3.8 Aantal historische en geprojecteerde uren met negatieve prijzen op de Europese elektriciteitsmarkt



Bron: Tim Steinert (Enervis) via LinkedIn. [Link](#).

3.2.2 Balanceringsmarkten

Om flexibiliteit te kunnen leveren aan het elektriciteitssysteem, worden opslagsystemen voornamelijk ingezet op de onbalansmarkt, FCR en aFRR balanceringsmarkten. Daarom worden de ontwikkelingen op deze markten uitgelicht, evenals de ontwikkelingen op de onbalansmarkt en mFRR-markt, omdat deze markten mogelijk relevant worden door wijzigingen in regelgeving en toenemende prijsvolatiliteit op de onbalansmarkt, die beide nieuwe kansen bieden voor batterij-exploitatie. Figuur 3.9 toont de aannames voor de balanceringsreserve uit de Monitor Leveringszekerheid van TenneT (2025).

Figuur 3.9 Aannames voor balanceringsreserve

Product	Reserveprijs (€/MW/h)		Belangrijkste technologieën die capaciteit leveren
	MLZ 2024	MLZ 2025	
FCR	21	20	Alleen batterijen
aFRR opregelen	27	36	Meestal batterijen
aFRR afregelen	19	26	Batterijen, gascentrales, wind
mFRR opregelen	9	11	DSR, WKK en andere thermische centrales
mFRR afregelen	7	10	WKK en andere thermische centrales

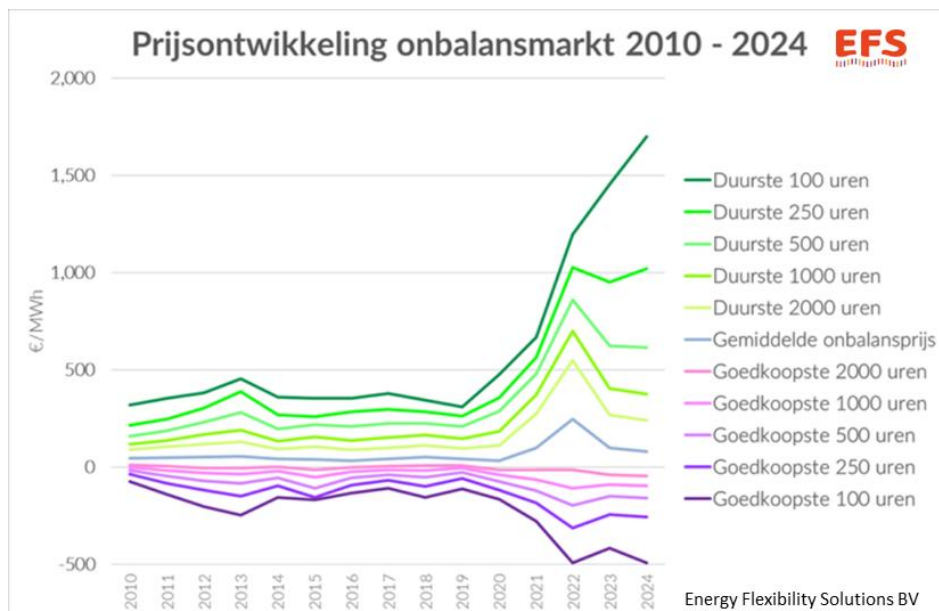
Bron: TenneT, Monitor Leveringszekerheid 2025.

Onbalansmarkt

De onbalansmarkt in Nederland is de meest dynamische flexibiliteitsmarkt, waarin prijzen achteraf tot stand komen op basis van daadwerkelijke afwijkingen tussen vraag en aanbod. Voor energieopslagsystemen biedt deze markt kansen om te profiteren van prijsspieken, vooral tijdens perioden van netinstabiliteit. Tegelijkertijd brengt dit aanzienlijke risico's met zich mee vanwege de hoge prijsvolatiliteit en het ontbreken van gegarandeerde inkomsten.

Figuur 3.10 toont duidelijk hoe de extremen op de onbalansmarkt sinds 2021 sterk zijn toegenomen, wat benadrukt hoe belangrijk snelle en slimme sturing van batterijen is. Deze prijsspieken vormen zowel een kans als een uitdaging voor exploitanten van flexibiliteitsmiddelen. Deelname aan de onbalansmarkt voor energieopslagsystemen, zoals warmteopslag of batterijen, is vooral interessant bij hoge marktvolatiliteit, maar moeilijk voorspelbaar²⁵.

Figuur 3.10 prijsontwikkeling onbalansmarkt 2010-2024



Bron: Robert Kleiburg, EFS.

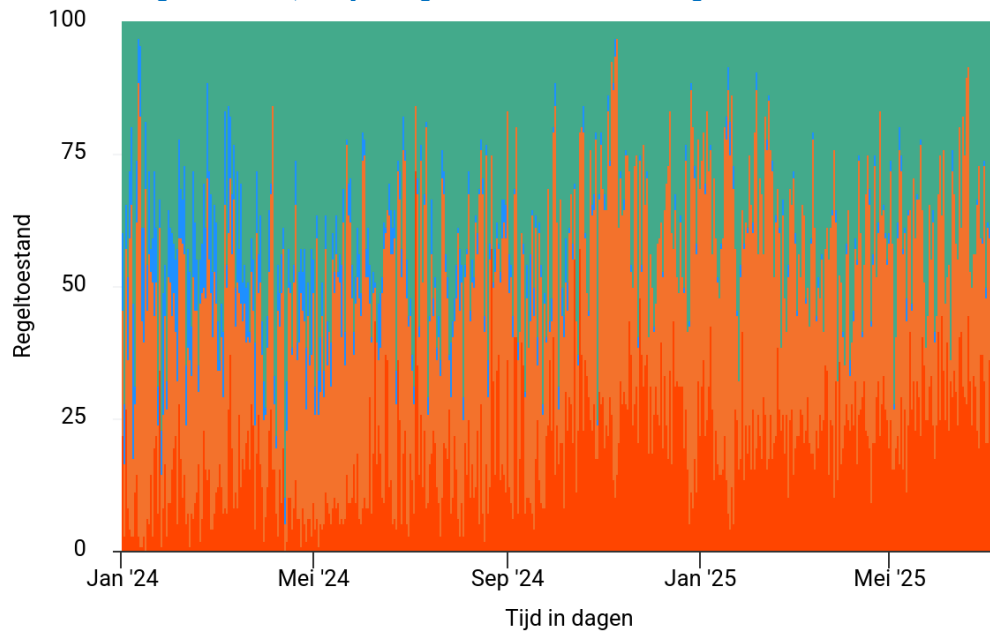
Regeltoestand 2

Regeltoestand 2 komt steeds vaker voor, als gevolg van toenemende duurzame opwekking (zon en wind). In 2024 was er in bijna 17% van alle kwartieren sprake van regeltoestand 2, en in de eerste vier maanden van 2025 zelfs 21%²⁶. Figuur 3.11 laat zien dat het percentage kwartieren met regeltoestand 2 vanaf begin 2024 is toegenomen.

²⁵ Rabobank Research, Backup power for Europe – part 6: Dutch BESS capacity grows despite regulatory hurdles. [link](#)

²⁶ Regeltoestand 2, Eddygrid. [link](#)

Figuur 3.11 Regeltoestand (1 januari 2024 tot 21 juli 2025). Groen is regeltoestand -1, blauw is regeltoestand 0, oranje is regeltoestand 1 en rood is regeltoestand 2



Bron: Profiteia, 2025.

Bij regeltoestand 2 geldt dat partijen lagere of negatieve prijzen ontvangen bij een positieve onbalans, en hoge prijzen betalen voor hun tekort bij een negatieve onbalans. Partijen op de energiemarkt ervaren dus toenemende financiële risico's en onzekerheden. Naast de impact op prijsvorming heeft het frequent voorkomen van regeltoestand 2 impact op de systeemstabiliteit. De kwaliteit van de frequentie van het elektriciteitssysteem wordt negatief beïnvloedt, zowel op nationaal als Europees niveau. De frequentiehandhavingsdoelen, welke Europees zijn vastgesteld, worden met pieken tot 2 GW regelmatig overschreven door TenneT.

Eén van de beleidsmaatregelen die TenneT eind 2024 heeft genomen om onbalansschommelingen aan te pakken is het vertragen van de balansdelta. Door de informatie over de onbalans te publiceren met een vertraging van 5 minuten (eerder was dit 3 minuten), was de verwachting dat marktpartijen minder reageren op de balansdelta-informatie. De maatregel is onvoldoende effectief gebleken, mede door seizoensinvloeden en de toename van hernieuwbare energie. In juni 2025 is de publicatievertraging weer verkort naar 2 minuten, en is de verversingssnelheid van de balansdata verhoogd van 60 seconden naar 12 seconden. De netbeheerder voert daarnaast nog andere optimalisatie door om de flexibiliteit en responsiviteit van het systeem te vergroten.

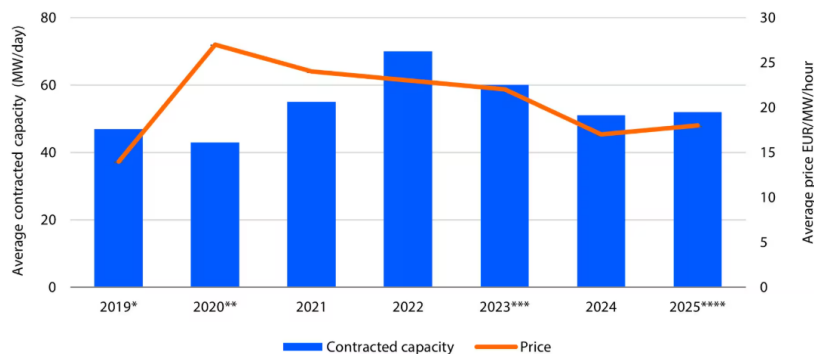
FCR

De FCR markt wordt steeds competitiever. De FCR-markt is relatief klein in omvang en daarom gevoelig voor snelle verzadiging²⁷. Zoals blijkt uit Figuur 3.12, is de gemiddelde prijs voor gecontracteerde FCR-capaciteit sinds 2020 gedaald. Deze daling is deels toe te schrijven aan een groeiend aantal marktpartijen - waaronder batterijprojecten - dat actief wordt op deze markt. Hierdoor ontstaat zogenaamde markt-kannibalisatie, vergelijkbaar met de situatie in het Verenigd Koninkrijk waar prijzen al veel sterker zijn gedaald. Hoewel de

²⁷ Rabobank Research, Backup power for Europe – part 6: Dutch BESS capacity grows despite regulatory hurdles. [link](#)

Nederlandse prijzen nog boven het niveau van sommige andere Europese markten liggen, is de neerwaartse trend zichtbaar en structureel.

Figuur 3.12 Ontwikkeling van de gecontracteerde capaciteit en prijs op de Nederlandse FCR markt

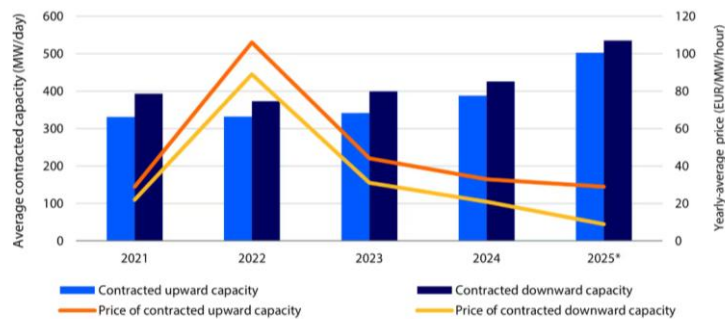


Bron: Rabobank

aFRR

De aFRR markt heeft een hoog verdienpotentieel voor batterijen of conversie technologieën. De prijzen in de aFRR-markt vertonen aanzienlijke variatie, zowel op korte als lange termijn, wat kansen biedt voor assets die flexibel kunnen inspelen op prijsspieken. Wel neemt het verdienpotentieel op de aFRR markt af, zoals te zien op Figuur 3.13.

Figuur 3.13 Ontwikkeling van de gecontracteerde capaciteit en prijzen op de aFRR markt



*Note: January to March Source: ENTSO-E, RaboResearch 2025

Bron: RaboResearch 2025

PICASSO

In oktober 2024 is TenneT toegetreden tot PICASSO (platform for the international coordination of the automatic frequency restoration process and stable system operation). PICASSO is het Europese platform om de aFRR tussen landen uit te wisselen. Door de meest kostenefficiënte balanceringsbiedingen in de hele regio te kunnen selecteren, kan TenneT kosten besparen. Dit verlaagt de kosten voor consumenten, en verhoogt de concurrentie tussen alle aanbieders van balanceringsdiensten in Europa, wat eveneens tot kostenverlaging zal leiden. Andere hoogspanningsnetbeheerders die deelnemen aan dit platform zijn netbeheerders uit Duitsland, Oostenrijk, Tsjechië en Denemarken. Batterijen zijn technisch ideaal voor aFRR (ze reageren snel en nauwkeurig). PICASSO vergroot de markt van nationaal naar Europees, waardoor meer activatiemogelijkheden ontstaan. Maar meer activiteiten betekent veel korte, onvoorspelbare cycli. Dat verhoogt de druk op batterijlevensduur en maakt actief degradatie-management cruciaal. Concurrentie drukt prijzen, maar volume kan dat deels compenseren.

mFRR

Het verdienpotentieel voor energieopslagsystemen op de mFRR markt is beperkt. De mFRR markt kent namelijk momenteel beperkte deelname van opslag, omdat deze assets moeten kunnen leveren over een periode van 24 uur²⁸. Dat is voor standalone opslagsystemen lastig te realiseren. In specifieke gevallen, zoals bij koppeling met warmtekrachtinstallaties (WKK's) in Nederlandse glastuinbouw, is dit wel mogelijk. Een geplande wijziging naar vier-uurs biedblokken in plaats van 24 uur, zou mFRR in de toekomst beter bereikbaar maken voor energieopslagprojecten.

MARI

Verwacht wordt dat Nederland in de tweede helft van 2025 toetreedt tot MARI (Manually Activated Reserves Initiative), het Europese platform voor het uitwisselen van mFRR.

Net als bij PICASSO, leidt deelname aan MARI tot betere marktintegratie, lagere balanceringskosten en hogere efficiëntie in het gebruik van reserves. Daarnaast krijgen marktpartijen in Nederland toegang tot een grotere markt, waardoor ook Nederlandse aanbieders (zoals batterij-aggregators) mFRR-capaciteit kunnen aanbieden in andere landen. Dit stimuleert investeringen in flexibiliteit en versterkt de rol van batterijen in noodsituaties op het net. Netbeheerders die al deelnemen aan MARI zijn onder andere netbeheerders uit Frankrijk, België, Duitsland en Slovenië.

²⁸ Rabobank Research, Backup power for Europe – part 6: Dutch BESS capacity grows despite regulatory hurdles. [link](#).

Tabel 3.2 Overzicht van elektriciteitsmarkten, activiteit en verdienpotentieel voor energieopslag.

Markt		Activiteit sinds 2024	Verdien-potentieel	Opmerking
Groothandelsma	Day-ahead	Toenemend	Gemiddeld	Arbitrage via negatieve prijzen en verwachte kwartiermarkten (2025), via dynamische energiecontracten.
	Intraday	Zeer actief	Hoog	Vereist realtime optimalisatie; zeer dynamische markt
Balanceringsmarkten	Onbalans-markt	Zeer actief	Gemiddeld	Sterk afhankelijk van voorspellend EMS; prijsvolatiliteit groot door toename regeltoestand 2.
	FCR	Volwassen	Hoog → Afnemend	Toenemende concurrentie drukt prijzen op relatief kleine markt; geschikt voor snelle batterijen
	aFRR	Sterk groeiend	Hoog	Sinds oktober 2024 Europees gekoppeld via PICASSO; groeiende markt met snel groeiend aantal assets die op deze markt actief zijn; aantrekkelijk voor slimme batterijen
	mFRR	Beperkt	Laag → toenemend	Toetreding tot MARI in Q4 2025; geschikt voor assets die gedurende langere tijd (24h) kunnen leveren. Momenteel beperkt potentieel voor batterijenopslag.

Bron: Ecorys, 2025. Vergelijking van varianten voor de inzet van flex tender assets in opdracht van Netbeheer Nederland en Energie Nederland; Rabobank Research, Backup power for Europe – part 6: Dutch BESS capacity grows despite regulatory hurdles. [link](#); DNV, 2025. Onderzoek naar verdienmodellen marktomvang en systeemimpact voor thuisbatterijen en buurtbatterijen.

3.3 Netcongestie (update 2024)

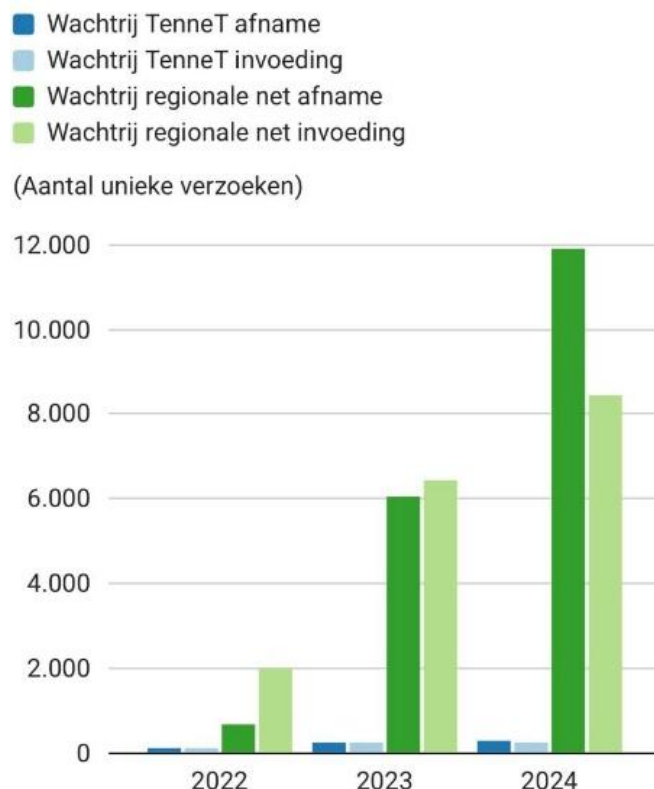
Netcongestie vormt een groeiende uitdaging in Nederland door de snelle elektrificatie en toenemende vraag naar netcapaciteit. Netbeheer Nederland schat dat tot 2040 €219 miljard (range €156–282 miljard) nodig is voor netuitbreiding om klimaat- en energieambities te halen. Dit leidt tot een verdrievoudiging van transporttarieven in 2040 ten opzichte van 2024. Meer dan 20.000 bedrijven wachten op een nieuwe of zwaardere netaansluiting, wat de urgentie van congestiebeheer onderstreept. Ondanks de perceptie dat het net ‘ramvol’ is, biedt flexibiliteit potentieel om de netcapaciteit efficiënter te benutten.

Toolbox: <https://www.rijksvastgoedbedrijf.nl/documenten/publicatie/2025/04/15/netcongestie>

In 2024 is de druk op het Nederlandse elektriciteitsnet verder toegenomen. Ondanks inspanningen van netbeheerders om het net uit te breiden, blijven wachttijden voor bedrijven en consumenten die extra stroomcapaciteit nodig hebben fors oplopen. De gemiddelde wachttijd voor een zwaardere aansluiting bij kleinverbruikers bedroeg eind 2024 maar liefst 40 weken. De problemen doen zich vooral voor op het midden- en hoogspanningsniveau, waar de uitbreiding van de infrastructuur achterblijft. Zo werd er in heel 2024 slechts één

nieuw hoogspanningsstation opgeleverd²⁹. Gemiddeld genomen duurt de bouw een jaar van een hoogspanningsstation, maar neemt de vergunningverlening 9 jaar in.

Figuur 3.14 Bedrijven die wachten op transportcapaciteit



Bron: Netbeheer Nederland

Gevolgen en de voortgang

De gevolgen van de aanhoudende netcongestie zijn aanzienlijk. Ruim 19.000 aanvragen voor transportcapaciteit konden niet worden gehonoreerd. Bij de regionale netbeheerders stonden eind 2024 8.440 unieke verzoeken open voor invoeding en 11.922 voor afname. Dit belemmert niet alleen de energietransitie, maar ook woningbouwprojecten en de aanleg van openbare laadinfrastructuur. Het aantal nieuwe aansluitingen voor zowel groot- als kleinverbruikers daalde verder, mede als gevolg van deze capaciteitsproblemen.

Toch zijn er ook positieve ontwikkelingen te melden. De uitbreiding van het elektriciteitsnet op laagspanningsniveau verloopt relatief voorspoedig. Er zijn in 2024 2.419 nieuwe transformatorhuisjes gebouwd, een aanzienlijke stijging ten opzichte van eerdere jaren. Ook zijn er 23 nieuwe middenspanningsstations gerealiseerd, vergelijkbaar met het aantal in 2023. Daarnaast bevinden zich momenteel 71 hoogspanningsprojecten in de realisatiefase en nog eens 180 in de voorbereidingsfase. Hoewel dit laat zien dat er hard gewerkt wordt aan uitbreiding, is de uitvoeringstijd een knelpunt.

²⁹ Er zijn in 2023 en 2024 respectievelijk 24 en 23 middenspanningsstations gerealiseerd. Het aantal gerealiseerde middenspannings-aansluitingen daalt echter al sinds 2021: van 1.540 aansluitingen per jaar naar slechts 662 in 2024. Bij de laagspanning zien we juist een sterke groei. Het aantal geplaatste transformatorhuisjes steeg van 1.501 in 2023 naar 2.419 in 2024. Het aantal gerealiseerde laagspannings-aansluitingen blijft stabiel boven de 100.000 per jaar, terwijl ook het aantal kilometers aangelegde kabels gestaag blijft toenemen. Kijkend naar de toekomst ligt de uitdaging nog groter. Tegen 2050 zijn er naar verwachting 50.000 extra transformatorhuisjes, ruim 670 nieuwe hoog- en middenspanningsstations en meer dan 100.000 kilometer kabel nodig. Daarbovenop zijn tienduizenden extra technici en voldoende fysieke ruimte (geschat op ca. 11.000 voetbalvelden) nodig om deze uitbreiding mogelijk te maken.

Een belangrijke ontwikkeling in de zoektocht naar oplossingen is de groei van het aantal flexcontracten. Netbeheer Nederland rapporteerde in 2024 in totaal 312 afgesloten flexcontracten, waarvan 161 met producenten, 129 met verbruikers en 22 met batterijprojecten. De meeste contracten zijn capaciteitsbeperkingscontracten (CBC's), waarbij netgebruikers zich flexibel opstellen tijdens piekmomenten. Netbeheerder Alliander hanteert een bredere definitie en meldt 457 flexcontracten, inclusief intentieverklaringen. Toch is het gebruik van flexibiliteitsopties nog beperkt, vooral doordat veel bedrijven nog onvoldoende bekend zijn met de mogelijkheden.

De overheid neemt maatregelen om het proces te versnellen. Minister Hermans werkt aan wetswijzigingen om vergunningsprocedures te verkorten en onderzoekt de invoering van zogeheten koepelvergunningen voor netuitbreidingen. Tegelijkertijd pleiten netbeheerders voor het inzetten van alternatieve energieoplossingen zoals warmtenetten, groen gas en waterstof, om de druk op het elektriciteitsnet te verlagen.

Doel van flexibiliteit vanuit netbeheerdersperspectief

Het inzetten van flexibiliteit heeft voor netbeheerders als primair doel het tegengaan van netcongestie. Hierdoor ontstaat er meer capaciteit op het bestaande netwerk, waarmee we slimmer gebruikmaken van de huidige infrastructuur. Dit stelt ons in staat om meer aansluitverzoeken te honoreren, zowel voor nieuwe aansluitingen als voor uitbreidingen. Tot nu toe geldt flexibiliteit vooral als tijdelijke oplossing (tot het einde van de congestieperiode), maar het is zeer waarschijnlijk dat we hier structureel behoefte aan zullen blijven houden. Flexibel vermogen zal in de toekomst naast netverzwaring en het herzien van conservatieve veiligheidsmarges (zoals het tijdelijk zwaarder belasten van netcomponenten) een essentiële pijler vormen voor een efficiënter gebruik van het net.

Flexibiliteit bij invoeding vs. Afname

Congestie management aan de invoedingszijde (bijvoorbeeld bij duurzame opwek) is relatief eenvoudig te organiseren: je vraagt de producent om in een bepaald tijdsvenster minder elektriciteit in te voeden. Dit raakt doorgaans geen primair bedrijfsproces en kan worden gecompenseerd met een marktconforme vergoeding.

Aan de afnamezijde is het echter complexer. Je kunt bijvoorbeeld niet zomaar aan een metaalverwerker vragen om de lasersnijder tussen bepaalde uren uit te zetten – dat raakt direct het productieproces. En als het al mogelijk is, rijst de vraag: wat is een eerlijke vergoeding per type installatie of bedrijfsproces? Kortom: aan de afnamezijde is het echt zoeken naar geschikte flexibele assets, én naar vergoedingsmodellen die aantrekkelijk genoeg zijn voor deelname.

Belemmeringen bij inzet van grote batterijen en WKK's

Grote batterijen en WKK's worden pas interessant voor congestie management als zij kunnen deelnemen aan redispatch-markten. Momenteel ligt daar een belangrijke barrière: BRP's (balanceringsverantwoordelijken) zijn vaak terughoudend als een derde partij – meestal een aggregatiedienstverlener (CSP) – in hun portfolio wil opereren zonder dat er gecorrigeerde T-prognoses worden aangeleverd. Daarnaast hebben BRP's die zelf sturingsdiensten leveren vaak weinig prikkel om actief deel te nemen aan redispatch. Ze laten deze markt min of meer links liggen. De enige 'stok achter de deur' zou een biedplicht of deelnameverplichting kunnen zijn. Daarmee wordt vrijwillige deelname aan redispatch vervangen door een verplichting wanneer BRP's niet uit eigen beweging in actie komen.

3.3.1 *Aanvraag wachtrij bij de netbeheerders (update juli 2025)*

Door de toenemende netcongestie in Nederland ontstaan wachtrijen bij regionale netbeheerders (RNB's) en TenneT. Uit onderzoek blijkt dat er bij RNB's geen sprake is van structurele vervuiling van deze lijsten, mede doordat de instapdrempel hoog is: klanten moeten een realisatieopdracht verstrekken en een aanbeting doen voordat zij worden opgenomen. Alleen bij Enexis leidde een vroegere praktijk met vrijblijvende interesselijsten tot enige vervuiling, maar deze is inmiddels beëindigd. Capaciteitsallocatie verloopt bij RNB's efficiënt, ook als er enkele irreële aanvragen tussen staan.

Bij TenneT ligt de drempel lager, omdat partijen al op de wachtlijst komen na het accepteren van een relatief goedkope offerte voor een basisontwerp. Dit maakt de lijst gevoeliger voor speculatieve aanvragen, met name van batterijontwikkelaars die gezamenlijk circa 70 gigawatt aanvragen - ver boven wat commercieel haalbaar is. Deze aanvragen vragen veel capaciteit van technisch personeel, omdat TenneT voor elke aanvraag studies en ontwerpen moet maken. TenneT overweegt daarom om eerder in het proces financiële verplichtingen op te leggen, vergelijkbaar met de aanpak van RNB's.

Voor bestaande klanten die alleen een capaciteitsuitbreiding aanvragen, geldt geen verplichte aanbeting, wat ruimte laat voor strategische aanvragen zonder directe behoefte. Netbeheerders controleren bij vrijgave van capaciteit of het gevraagde vermogen nog nodig is, en onbenut vermogen kan via het GOTORK-proces worden ingetrokken. Investeringsbeslissingen van RNB's zijn gebaseerd op langetermijnscenario's en niet op individuele projecten, terwijl TenneT individuele aanvragen wel kan meewegen, maar doorgaans investeert in projecten die meerdere doelen dienen.

Transparantie wordt geboden via de netcapaciteitskaart, waarop congestiegebieden, wachtrijlengtes, gevraagde vermogens en geplande versterkingen zichtbaar zijn. Hierdoor worden onnodige meervoudige aanvragen beperkt. Hoewel bij TenneT meer vervuiling voorkomt, wordt actieve opschoning niet noodzakelijk geacht, mede omdat natuurlijke reductie wordt verwacht wanneer onrendabele projecten vrijwillig afvallen. Internationale verkenningen moeten uitwijzen of juridische aanpassingen wenselijk zijn om aanvragen vooraf te toetsen op realisatiekansen.

3.3.2 *Prioritering kader en congestieverzachters opslag*

De potentie voor congestieverzachtende opslag is groot: in de regionale netten is via 150 prioriteringsverzoeken totaal circa 1,4 GW aan congestieverzachtende opslag aangevraagd. Echter, om dit allemaal ingepast en operationeel te krijgen, is een groot aantal acties nodig.

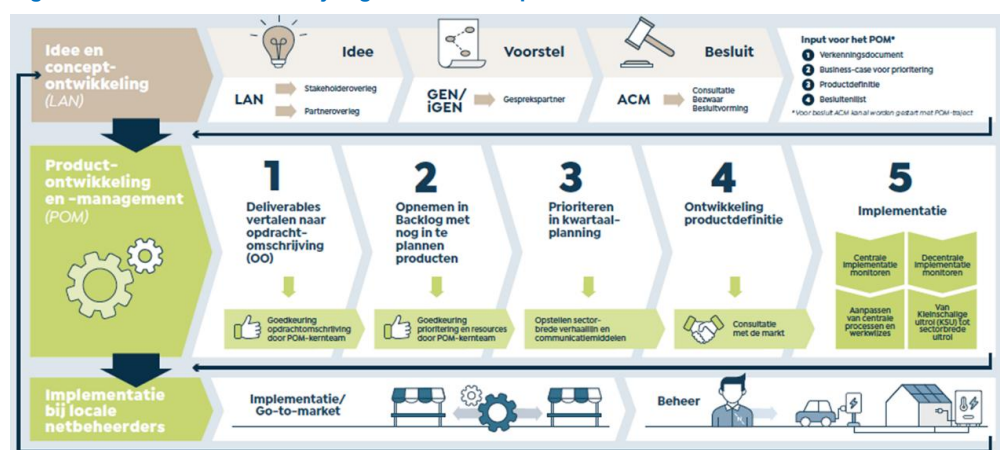
Energy Storage NL en de netbeheerders zijn in continue dialoog op verschillende thema's. Er is behoefte aan [meer inzicht in de beschikbare netcapaciteit](#) voor congestieverzachtende opslag in de regionale netten, met name tijdens TenneT-congestie. Verder is er onduidelijkheid over wat er wordt gedaan met inzichten over geschikte locaties voor opslag en of deze leiden tot aanpassingen of intrekking van aanvragen. Op het gebied van beoordeling en processen is er [behoefte aan duidelijkheid](#) over welke aanvullende data nodig zijn voor een goede beoordeling van congestieverzachters, zoals de hoeveelheid flexibiliteit en de bijbehorende vergoedingen. Daarnaast leeft de vraag wat een redelijke [invulling is van de aansprakelijkheid](#)

bij niet-levering. Wat betreft wet- en regelgeving wordt gevraagd welke barrières netbeheerders en andere partijen ervaren bij het verkrijgen van vergunningen voor opslag. Tot slot zijn er beleidsmatige vragen over de prioritering van zogenoemde tolling agreements (verhuurcontracten) en of voldoende duidelijk is dat partijen een CSP-rol moeten innemen om via GOPACS operationeel te kunnen zijn.

3.4 Netcode en contract ontwikkelingen in Nederland

Het afgelopen jaar zijn er veel ontwikkelingen geweest die grote impact hebben op de aansluitingen en bedrijfsvoering van de aangesloten. Brancheorganisaties, waaronder Energy Storage NL, zijn betrokken bij het Landelijk Actieprogramma Netcongestie (LAN), Gebruikersplatform Elektriciteits- en Gastransportnetten (GEN) en informeel-GEN (iGEN), maar in mindere mate bij de ontwikkeling van het product zelf. In de praktijk ondervinden marktpartijen momenteel veel implementatieproblemen. Als reactie hierop hebben de brancheorganisaties aangedrongen op een intensievere betrokkenheid bij de totstandkoming van het product. Een beter afgestemd product - waarbij marktpartijen zich kunnen vinden in zowel de deliverables (1) als de productdefinities (4) - vergroot de acceptatie, versnelt de implementatie en draagt bij aan een succesvolle uitvoering.

Figuur 3.15 Proces omschrijving van idee naar product realisatie

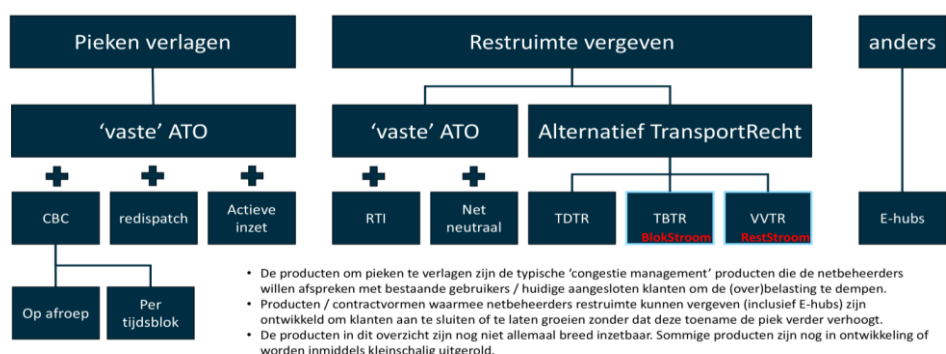


Bron: Netbeheer Nederland (2025).

3.4.1 Ontwikkelingen van de netcode het afgelopen jaar

Het afgelopen jaar zijn er veel ontwikkelingen geweest rondom nieuwe contracten. Er zijn diverse codewijzigingen rondom congestiemanagement en alternatieve contractvormen doorgevoerd. De producten zijn gestoeld op twee sporen; afname en invoedingspieken verlagen, of dalen opvullen. Deze twee sporen hebben twee verschillende aanpakken nodig om het elektriciteitsnet zo efficiënt mogelijk te gebruiken. Figuur 3.16 geeft de verschillende sporen weer met bijbehorende producten.

Figuur 3.16 Verhouding van alternatieve transportrechten ten opzichte van andere flexibele oplossingen



Bron: NBNL – gemaakt door Sander Dijkhoff van Stedin.

Beter benutten van het net

In de [producten- en dienstencatalogus](#) worden alle producten en diensten verzameld die door netbeheerders worden ontwikkeld en aangeboden ter verbetering van het gebruik van het energienet. Deze catalogus wordt elk kwartaal geactualiseerd.

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de beschikbare flexibele oplossingen. Per product is aangegeven of het momenteel beschikbaar is en bij welke netbeheerder. Indien een product nog niet beschikbaar is, wordt vermeld wanneer beschikbaarheid wordt verwacht.

Figuur 3.17 Overzicht van beschikbare flexibele oplossingen per product en netbeheerder

	opwek	afname	wachtrij	actieve aansluiting	Enexis	Liander	Stedin	TenneT
Mogelijkheden voor grootverbruikers binnen het gecontracteerd vermogen (GTV)								
Cablepooling	✓	✓		✓	Beperkt beschikbaar			
Groepstransportovereenkomst	✓	✓	✓	✓	Verwachte codewijziging in Q4 2025			
Gesloten Distributiesysteem (GDS)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Alternatief Transportrecht								
Blokstroom (tijdsblok-gebonden transportrecht)	✓	✓	✓	✓	V.a. 01/04/25 invulling met bestaande producten. V.a. Q4 beschikbaar volgens Netcode elektriciteit.			
Tijdsduurgebonden transportrecht	✓	✓	✓	✓				✓
Reststroom (volledig variabel transportrecht)	✓	✓	✓	✓	In ontwikkeling			
Congestie management								
Capaciteitsbeperkingscontract (CBC) Individueel CBC-Afroep CBC-Tijdsblok	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
					✓	✓	✓	✓
Groeps-CBC	✓	✓	✓	✓	Beschikbaar 2 ^e helft 2025			
Redispatch (vrij aanbieden flexvermogen)	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Biedplichtcontract voor redispatch	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
Verplichte deelname congestie management	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Niet-marktgebaseerd congestie management (NMCM)	✓	✓	✓	✓	In ontwikkeling			
Maatregelen en randvoorwaarden vanuit netbeheerders								
GOTORK	✓	✓		✓	Q1 2025	Q2 2025	2 ^e helft '25	2 ^e helft '25
Realtime Interface (RTI)	✓		✓	✓	✓	✓	✓	N.V.T.
Overig								
Congestieverzachtters	✓	✓	✓	✓	Beperkt inzetbaar vanaf Q3 2025			

Bron: Partners in Energie (2025). [Link](#)

3.4.2 Reflectie Energy Storage NL op de aangeboden contracten

Een uitraag aan Energy Storage NL leden over hun ervaring laat zien dat men over het algemeen een matig ervaring (score 4/10) en veel frustratie over trage processen, starre voorwaarden en gebrekkige communicatie.

Ervaring van de voorwaarden per contracttype:

- **CSC:** Kansrijk concept, maar traag en onvoldoende afgestemd binnen de netbeheerders.
- **TDTR:** Goede voorwaarden, maar gebrekkige transparantie en onduidelijke toewijzing. Onduidelijke operationalisatie – handmatige afroep
- **VVTR:** Onzeker financieel rendement - lastig te financieren.
- **CBC:** Alleen goed werkbaar na intensieve aanpassing contractvoorwaarden (m.n. aansprakelijkheid).
- **Firm & Blokstroom:** Starre voorwaarden en hoge kosten, nauwelijks tot geen capaciteit beschikbaar.
- **Algemene observatie:** RNB's en TenneT bieden weinig tot geen inhoudelijke feedback op aanvragen.

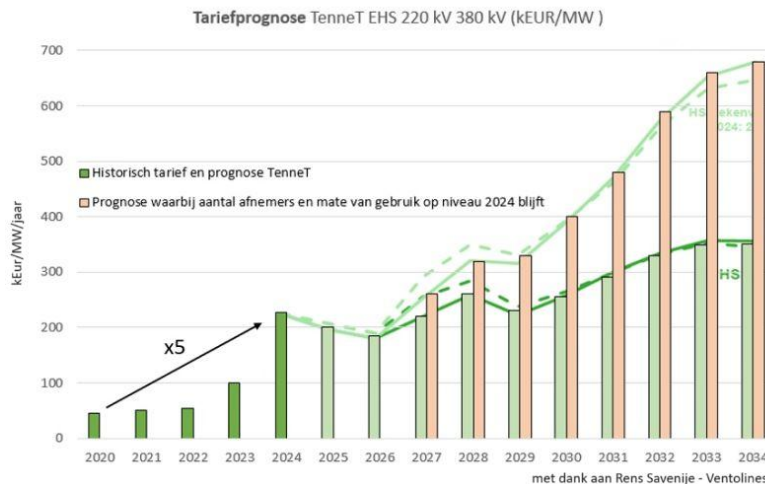
Een aantal nadere knelpunten zijn:

- Netbeheerders werken in silo's - leidt tot inefficiënte communicatie. Veel verschil tussen de accountmanagers en de beschikbare informatie.
- Starre templates (bijv. voor CBC) zonder ruimte voor project specifieke wensen. Bijvoorbeeld het is onmogelijkheid om CBC op afroep direct aan te vragen - belemmert flexibiliteit.

3.5 Tarieven en voorgestelde wijzigingen

Nettarieven, die de kosten voor het gebruik van het elektriciteitsnet weerspiegelen, zijn een belangrijk instrument om de netbelasting te beheersen, kosten eerlijk te verdelen en investeringen in netverzwaring te sturen. De afgelopen jaren zijn de nettarieven echter in een ongekend tempo gestegen, met grote gevolgen voor bedrijven in Nederland. TenneT's tienjarige prognose laat zien dat deze stijging zal doorzetten³⁰. De tarieven stijgen in de periode tot 2034 met respectievelijk 158% en 153% voor de extrahoogspannings netten (EHS netten) en de hoogspanningsnetten (HS-netten). Onder het meest extreme scenario zouden de tarieven zelfs kunnen verdrievoudigen, aldus TenneT. Figuur 3.18 toont de ontwikkeling van de nettarieven sinds 2020 voor de hoogspanningsnetten.

³⁰ TenneT Tienjaars tariefprognose, p.6, <https://tennet-drupal.s3.eu-central-1.amazonaws.com/default/2024-07/TenneT%20tienjaars-tariefprognose.pdf>

Figuur 3.18 Tariefprognose TenneT EHS 220 kV 380 kV (kEUR/MW)

Bron: TenneT, uitwerking van Ventolines – Rens Savenije (2024).

Netbeheerder TenneT gaat ervan uit dat in 2030 circa **6,7 GW** aan batterijvermogen op het Nederlandse elektriciteitsnet benodigd zijn voor de leveringszekerheid, oplopend tot **11,4 GW**³¹ in 2033. Voor heel Europa voorziet de pan-Europese netbeheerdersorganisatie ENTSO-E in 2030 zelfs een groei van 56 GW ten opzichte van de capaciteit die in 2024 al aanwezig was³². Deze investeringen vergen miljarden, maar leveren tegelijkertijd lagere systeemkosten op, verminderen de jaarlijkse CO₂-uitstoot met 19 miljoen ton en voorkomen dat er in Europa ongeveer 30 TWh aan duurzame stroom verloren gaat.

De ramingen van TenneT zijn echter ambitieus. Zonder aanvullend beleid acht Energy Storage NL het onwaarschijnlijk dat deze volumes daadwerkelijk worden gerealiseerd. De belangrijkste reden voor dit gat tussen verwachting en realiteit is dat de **businesscase voor energieopslag momenteel onvoldoende rendabel is**, mede door de hoge nettarieven. Blijven de belemmeringen bestaan en benut Nederland de groeipotentie van batterijen niet, dan gaan belangrijke kansen verloren. Daarmee worden niet alleen de eerdergenoemde voordelen voor het stroomnet gemist, maar ook voor de energietransitie als geheel.

3.5.1 Tijdsafhankelijke nettarieven

Twee andere ontwikkelingen in het tariefstelsel zijn de invoering van tijdsafhankelijke tarieven³³ en het voorgestelde invoedingstarief³⁴.

Tijdsafhankelijke nettarieven stimuleren bedrijven en huishoudens om elektriciteit vooral te gebruiken tijdens daluren, wat piekbelasting verlaagt en investeringen in netverzwaring beperkt. Volgens CE Delft kan dit tot 4,5 miljard euro aan netkosten besparen, vooral als een tijdsafhankelijk kWh-tarief wordt gecombineerd met een maandelijks piektarief (kWmax). Grootverbruikers die hun verbruik actief sturen profiteren het meest, terwijl de impact voor

³¹ TenneT: Monitor Leveringszekerheid 2025, p.35, <https://www.tennet.eu/nl/over-tennet/publicaties/rapport-monitoring-leveringszekerheid>

³² ENTSO-E: Opportunities for a more efficient European power system by 2050, p.6, https://eepublicdownloads.blob.core.windows.net/public-cdn-container/tyndp-documents/TYNDP2024/foropinon/Infrastructure_Gaps_Report.pdf

³³ CE Delft, Tijdsafhankelijke nettarieven grootverbruikers, 2025

³⁴ CE Delft, Analyse en doorrekening van invoedingstarief, 2024

minder flexibele sectoren beperkt blijft. Energieopslag speelt hierin een sleutelrol door stroom op te slaan bij lage tarieven en terug te leveren bij hoge tarieven, wat zowel een financieel voordeel oplevert als bijdraagt aan netstabiliteit. Ook voor huishoudens en kleine bedrijven blijkt het systeem effectief, bijvoorbeeld via slim gebruik van warmtepompen of elektrische voertuigen³⁵.

3.5.2 Invoedingstarief

Het invoedingstarief is een voorgesteld transporttarief voor elektriciteitsproducenten, zoals zonneparken en batterijen, dat gemiddeld €2,50 per MWh bedraagt en bedoeld is om netkosten eerlijker te verdelen³⁶. CE Delft onderzocht zes varianten, waarbij prikkels afhankelijk kunnen zijn van tijd en locatie. Voor afnemers dalen hierdoor de nettarieven, terwijl de stroomprijs iets stijgt, waardoor de totale energiekosten nagenoeg gelijk blijven. Voor energieopslag betekent dit extra kosten bij teruglevering, maar ook kansen als opslag slim inspeelt op tijd en locatie. CE Delft en Energie-Nederland waarschuwen voor risico's zoals uitvoeringsproblemen en negatieve effecten op de energiemix. Europese harmonisatie van dit tarief is daarom cruciaal.

Conclusie en implicaties voor energieopslag

De onderzoeken tonen dat zowel tijdsafhankelijke tarieven als het invoedingstarief potentieel hebben om het elektriciteitsnet efficiënter en kosten reflectiever te maken, maar ze brengen ook uitdagingen met zich mee. Tijdsafhankelijke tarieven lijken directer gunstig voor energieopslag, omdat ze prijsarbitrage en netstabiliteit ondersteunen. Het invoedingstarief vereist een zorgvuldige afstemming om de kosten voor energieopslag niet disproportioneel te verhogen, vooral gezien hun rol in netbalancing.

3.6 Overige relevante ontwikkelingen voor de opslag sector

In de sectie zullen diverse thema's aan bod waarop het afgelopen significante veranderingen of ontwikkelingen zijn geweest. Technologie specifieke ontwikkelingen zullen terugkomen in H4 per technologiegroep.

3.6.1 Demografische ontwikkelingen: meer doen met minder mensen

Nederland staat voor de uitdaging van een steeds ouder wordende bevolking met een relatief stabiele beroepsbevolking. Dat leidt tot structurele druk op arbeid en zorg. Wetenschappelijke data van o.a. CBS, PBL en UWV³⁷ wijzen op belangrijke trends:

- Sterke vergrijzing met dubbele effecten (verouderende bevolking én oudere jongeren). Stabilisering, en zelfs afname, van de werkzame beroepsbevolking op middellange termijn.
- Forse stijging van de grijze druk, met minder werkenden per gepensioneerde. Structurele krapte op de arbeidsmarkt die ongevoelig is voor economische schommelingen, vooral in sectoren als zorg, onderwijs, techniek, ICT. Oplossingen beperken zich niet tot meer

³⁵ Berenschot, Verkenning alternatief nettariestelsel kleinverbruik, 2024

³⁶ ACM, Onderzoek invoedingstarief elektriciteit, 2024

³⁷ <https://www.uvw.nl/nl/arbeidsmarkt/informatie/trends-ontwikkelingen/demografische-ontwikkelingen-meer-doen-minder-mensen>

werken, maar richten zich op participatie, productiviteit, flexibiliteit en generatiemanagement.

De energieopslagsector krijgt ook te maken met [structurele arbeidskrapte](#), waardoor [innovatie](#), [automatisering](#), [onderhoudsarme systemen](#) en [slimme integratie](#) cruciaal worden. Het tekort aan talent in de snelgroeiende batterij-industrie maakt het voor bedrijven uitdagend om interne batterij-analytics tools te bouwen, waardoor kant-en-klare oplossingen een praktischere en kosteneffectievere keuze zijn. Verzekeringsmaatschappijen stimuleren of verplichten zelfs steeds vaker batterij-eigenaren om technologieën te gebruiken om verzekeringsvoorwaarden te verbeteren en geautomatiseerde verzekeringsrapportages mogelijk te maken.

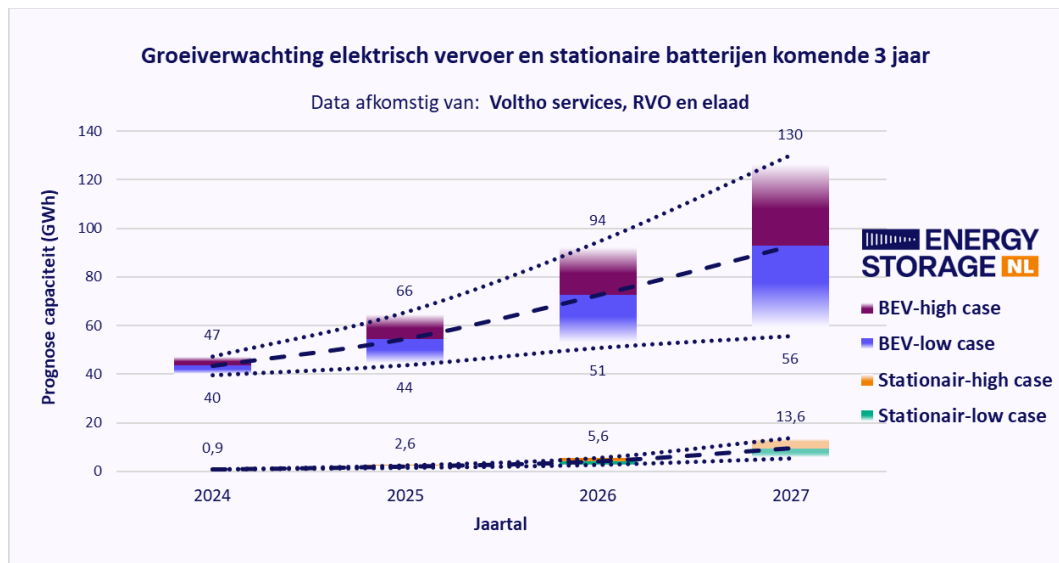
3.6.2 *Ontwikkelingen elektrisch vervoer*

In 2050 moet het wegtransport in Europa CO₂-neutraal zijn. In het Klimaatakkoord uit 2019 is daarom afgesproken dat het vervoer met vracht- en bestelauto's in de grotere steden vanaf 2030 uitsluitend nog zero emissie plaatsvindt. Daarnaast ligt er een ambitie van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat dat in 2030 ten minste 30% van alle nieuwe vrachtauto's zero emissie zijn. Voor 2040 is die ambitie zelfs 100% (bron: [TLN 2025](#)). De stijgende stroomvraag - geleverd aan alle elektrische vracht- en bestelwagens - zal volgens TLN en RAI in 2030 gelijk staan aan het verbruik van bijna 1 miljoen huishoudens, en in 2050 zelfs circa 4,5 miljoen huishoudens (± 16.000 e-trucks + 267.000 e-bestelvoertuigen voor bevoorrading van zero-emissiezones). Echter door o.a. netcongestie lopen deze ambities in gevaar.

Anderzijds telde Nederlands aan het eind van het eerste kwartaal van 2025 voor het eerst iets meer dan 1 miljoen elektrische auto's. Daarmee is nu ruim een op de tien personenauto's een stekkerauto. Onder stekkerauto's vallen zowel volledig elektrische auto's (594 duizend) als plug-in hybrides (410 duizend). Waar voorheen vooral zakelijke rijders met een stekkerauto reden, zijn sinds begin 2025 voor het eerst de particuliere eigenaars in de meerderheid. Dit meldt het CBS op basis van nieuwe cijfers over het motorvoertuigenpark.

Hoewel deze auto's nog niet volledig V2G zijn, zit deze ontwikkeling er wel aan te komen. Momenteel kunnen elektrische wel slim laden maar nog niet ontladen en dus elektriciteit terug leveren aan huishoudens of het net. De gemiddelde accucapaciteit van een elektrische auto ligt rond de 65 kWh. Hoewel er maar een fractie van de accu gebruikt wordt voor V2G capabiliteit, zorgt deze ontwikkeling ervoor dat er veel opslagcapaciteit lokaal realiseert wordt verspreid door het hele land, initieel eerste alleen als additionele elektriciteitsvraag en geleidelijk als V2G. Dit zal significante impact hebben het elektriciteitssysteem en de opslagsector.

Figuur 3.19 Prognose van batterijcapaciteit groei van elektrisch vervoer en stationaire opslagsystemen (>0.1MWh)



Hoofdstuk 4.1.2 zal verder de diepte ingaan over de groei en prognoses van de batterijen sector in Nederland.

3.6.3 Cyberveiligheid in Nederland en de EU

De Nederlandse bedrijven en de energiesector vertonen een relatief lage cyberweerbaarheid.³⁸ De energieopslagsector loopt achter in vergelijking met andere vitale sectoren, zoals de bancaire en telecomsector. Basismaatregelen - waaronder tweefactorauthenticatie (2FA), het gebruik van sterke wachtwoorden, en aanwezigheid van een security.txt op de website - ontbreken frequent. De afhankelijkheid van cloudplatforms vergroot de kwetsbaarheid: uitval of compromittering van deze platforms maakt slimme batterijsystemen onbestuurbaar. Bovendien maken installatiefouten, zoals het niet wijzigen van standaardwachtwoorden, systemen vatbaar voor aanvallen.

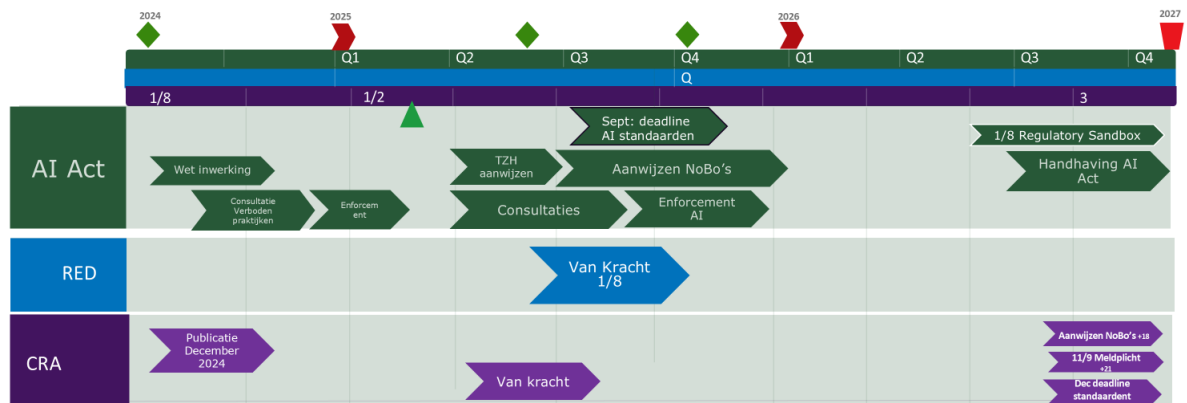
Europese Unie

Ook binnen de EU is de cyberweerbaarheid van decentrale energiesystemen onvoldoende. De fragmentatie van het energiesysteem, in combinatie met het ontbreken van geharmoniseerde beveiligingsstandaarden, draagt bij aan een verhoogd risicoprofiel. Dreigingen zoals ransomware, marktmanipulatie (door het aansturen van omvormers om netinstabiliteit te veroorzaken), en statelijke aanvallen met geopolitieke motieven nemen toe. De opkomst van AI-gestuurde aanvallen verhoogt de complexiteit van detectie en mitigatie.

Hoewel initiatieven zoals Information Sharing and Analysis Centres (ISAC's) bijdragen aan sectorale samenwerking, blijft tijdige en transparante informatie-uitwisseling een uitdaging, vooral bij incidenten met commerciële of reputatiegevoelige componenten.

³⁸ Blijkt uit gesprekken met experts en data afkomstig van <https://internet.nl/>

Figuur 3.20 Reguleringstijdlijnen



Bron: Rijksoverheid (2025).

Aankomende wetgeving

- **NIS2-richtlijn (sinds 2024 in werking, implementatie in 2025):** Deze herziene richtlijn breidt de scope uit naar meer typen organisaties, inclusief niet-vitale sectoren zoals energieopslag. Zij legt zwaardere eisen op aan risicobeheer, incidentrapportage en sectoroverschrijdende samenwerking.
- **Cyber Resilience Act (CRA):** De CRA introduceert Security by Design-vereisten en verplichte software-updates voor digitale producten. Producenten van slimme opslagsystemen moeten aantoonbaar voldoen aan gestandaardiseerde beveiligingsnormen.
- **Cyber Security Act (CSA):** Onder deze verordening krijgt de RDI de rol van National Cyber Certification Authority (NCCA) voor certificering van producten en diensten.
- **AI Act:** Deze wetgeving stelt eisen aan AI-systemen, inclusief systemen voor dreigingsdetectie of geautomatiseerde besluitvorming binnen energiebeheer.
- **Data Act:** Deze regeling, nog in ontwikkeling, beoogt veilige en transparante datadeling binnen cloudgebaseerde systemen, relevant voor op afstand bestuurd opslagfaciliteiten.
- **CER-richtlijn:** Richt zich op de fysieke én digitale weerbaarheid van kritieke infrastructuur, met implicaties voor grootschalige energieopslaglocaties.

3.6.4 Vergunningverlening onder de Omgevingswet – Huidige status

Sinds de invoering van de Omgevingswet op 1 januari 2024 is de vergunningverlening voor activiteiten in de fysieke leefomgeving - waaronder energieopslagsystemen - fundamenteel gewijzigd. De wet vervangt en vereenvoudigt tientallen wetten en regelingen tot één integraal stelsel. Daarmee beoogt de wet een betere balans tussen bescherming van de leefomgeving en het faciliteren van duurzame ontwikkeling, waaronder de energietransitie.

Beleidsstructuur en decentrale regels

De Omgevingswet werkt met drie centrale instrumenten voor beleidsvorming en regelgeving op decentraal niveau:

- **Omgevingsvisie (raadsbesluit):** Dit is een document waarin gemeenten en provincies beschrijven wat de lange termijnvisie van de fysieke leefomgeving moet zijn. De gemeenten en provincies zijn verplicht een omgevingsvisie vast te stellen, maar er is geen harde deadline. In praktijk streven ze ernaar om deze in 2026 af te hebben.

- Programma's (collegebesluit): Deze hoeven niet gebiedsdekkend te zijn en kunnen thematisch of sectoraal zijn. Hierin werkt het college van B&W (of GS voor provincies) de doelen uit de omgevingsvisie uit tot concrete maatregelen. Deze programma's moeten worden gemonitord op doeltreffendheid en doelmatigheid.
- Decentrale regelgeving:
 - Gemeenten: omgevingsplan
 - Provincies: omgevingsverordening
 - Waterschappen: waterschapsverordening Dit zijn de juridisch bindende regels die direct bindend zijn voor inwoners en bedrijven. Tot uiterlijk 31 januari 2031 hebben gemeenten om hun bestaande plannen om te zetten naar één samenhangend omgevingsplan. Tot die tijd geldt een tijdelijk omgevingsplan, bestaande uit voormalige bestemmingsplannen, gemeentelijke verordeningen en 'bruidschatsregels' van het Rijk

Voor de meeste energieopslagprojecten is de gemeente het bevoegd gezag. Provincies zijn alleen verantwoordelijk bij projecten van regionaal belang of in beperkingengebieden, en het Rijk bij complexe, interregionale of rijksbelangprojecten.

Deze decentrale regelgevingen bepalen de vergunningplichten voor activiteiten en kunnen twee soorten regels bevatten:

- Algemene regels: Direct werkend, zonder vergunningsplicht. Geen belangenafweging (gesloten normen).
- Beoordelingsregels: Open normen die een afweging vergen, vaak met vergunningsplicht (binnen- of buitenplannen).

Daarnaast kunnen uniforme vergunningplichten ook voortvloeien uit rijksregels, namelijk uit het Ba, het Bbl, het Bkl en ministeriele regelingen. Met deze regels moeten provincies en gemeenten ook al rekening houden bij het opstellen van hun decentrale regelgeving.

Gelaagd systeem van vergunningverlening

De Omgevingswet introduceert een gelaagde systematiek van vergunningverlening, waarmee voor activiteiten in de fysieke leefomgeving wordt bepaald welke mate van toetsing nodig is. Lichte activiteiten vallen onder algemene regels, specifieke gevallen onder een meld- of informatieplicht, en activiteiten met significante impact, zoals vrijwel alle vormen van grootschalige energieopslag, onder de vergunningsplicht. Aanvragen verlopen via het Digitaal Stelsel Omgevingswet (DSO).

Alle vergunningen vallen onder de omgevingsvergunning, waarbij een projectontwikkelaar kan kiezen om aanvragen gecombineerd of afzonderlijk in te dienen. Bij een gecombineerde aanvraag is er één eindverantwoordelijke, het bevoegd gezag, dat toezicht houdt en coördineert tussen de verschillende instanties. Dit gezag wordt bepaald door de aard en omvang van het project: doorgaans is dit de gemeente, bij projecten van regionaal belang of in beperkingengebieden de provincie, en bij rijksbelang of complexe interregionale projecten het Rijk. Bij gecombineerde aanvragen geldt dat de 'zwaarste' activiteit bepaalt wie het bevoegd gezag is.

Het is de verantwoordelijkheid van de initiatiefnemer om alle benodigde vergunningen te identificeren. Overheden hebben hierbij een informatie- en coördinatieplicht, zowel horizontaal tussen bestuurslagen als verticaal richting initiatiefnemers, vooral bij innovatieve of

grensverleggende technologieën. Bij afzonderlijke aanvragen verloopt het contact rechtstreeks met de betreffende instantie, wat in sommige gevallen sneller en efficiënter kan zijn. In alle gevallen is het essentieel dat de initiatiefnemer vooraf helder heeft welke vergunningen nodig zijn en bij welke instantie deze moeten worden aangevraagd.

Vergunningplichten per type opslag

Afhankelijk van het type energieopslag gelden verschillende vergunningaspecten. De vergunningsplicht wordt mede bepaald door de aard van de opslag, de locatie en het lokaal geldende omgevingsplan.

- **Elektriciteitsopslag:** Meestal is een vergunning vereist voor zowel bouwen als milieubelastende activiteiten. Bij de beoordeling wordt gelet op veiligheid (bijvoorbeeld volgens PGS 37-1), geluid, ruimtelijke inpassing en andere milieueffecten.
- **Warmteopslag:** kan zowel ondergronds als bovengronds plaatsvinden. Voor ondergrondse warmteopslag geldt dat de vergunningsplicht afhankelijk is van schaal, diepte en locatie. Grootschalige of diepe systemen vallen vaak onder vergunningplicht voor bodemenergie, maar kleinere of ondiepe systemen kunnen in sommige gevallen zonder vergunning of onder algemene regels worden uitgevoerd. Extra aandacht gaat uit naar interferentie met bestaande bronnen, grondwaterkwaliteit en constructieve veiligheid. Bovengrondse warmteopslag is doorgaans minder vergunning-intensief en vraagt meestal alleen een vergunning bij grote installaties of wanneer specifieke milieu- of veiligheidsrisico's optreden.
- **Moleculenopslag:** Wordt doorgaans aangemerkt als een zwaardere milieubelastende activiteit. Vergunningverlening omvat toetsing op externe veiligheid en risico's voor de omgeving, en grootschalige projecten kunnen een MER-plicht hebben.

Decentrale overheden mogen geen vergunningen weigeren op basis van netcongestie; dit valt onder de Energiewet. Wel kunnen gemeenten via hun omgevingsplan aanvullende eisen stellen aan energieopslag, binnen de ruimte die de Omgevingswet en provinciale verordeningen bieden. Dit betekent dat vergunningseisen per gemeente kunnen verschillen, bijvoorbeeld in landschappelijke inpassing, participatieverplichtingen of minimale afstanden tot gevoelige functies. Initiatiefnemers doen er goed aan om in een vroeg stadium het lokale omgevingsplan en bijbehorend beleid te raadplegen.

3.6.5 Flextenders

Omdat flextenders een nieuw instrument zijn binnen de energiemarkt, is er nog weinig ervaring mee opgedaan. Vorig jaar hebben netbeheerders Stedin en TenneT voor het eerst een tender uitgezet om flexibiliteitsdiensten in te zetten in de provincie Utrecht. Het doel is om afnamecongestie op het elektriciteitsnet te verminderen.

De flextender die in Utrecht is uitgezet door netbeheerders Stedin en TenneT vormt een van de eerste praktijkvoorbeelden in Nederland. Deze marktvraag volgt op een Kamerbrief van voormalig minister Rob Jetten waarin is aangekondigd dat verregaande maatregelen nodig zijn om de nijpende situatie op het Utrechtse stroomnet te verzachten. De flextender in Utrecht is een strategische oproep aan marktpartijen om flexibiliteitsdiensten aan te bieden waarmee netbeheerders een tijdelijke stroomvoorziening hebben om de groeiende netcongestieproblemen in de provincie Utrecht het hoofd te bieden. In de marktvraag worden partijen

opgeroepen om te reageren zodat hun input kan worden meegenomen in de uiteindelijke aanbestedingsprocedure.

Stedin heeft recent (sept 2025) een aanbesteding uitgeschreven voor een zogeheten [Flextender](#) in Walcheren Noord, waarmee flexibele energieoplossingen zoals mobiele batterijen kunnen worden ingezet om netcongestie te verlichten. De tender vereist onder meer een capaciteit van minimaal 4 MW/8 MWh, beschikbaarheid op specifieke momenten en naleving van strikte geluids- en milieunormen, waardoor batterijopslag de meest kansrijke technologie is. Met een geraamde waarde van circa €7,36 miljoen en een looptijd van twee jaar (met verlengingsopties) vormt dit een belangrijke stap in de toepassing van batterijen voor congestiemanagement. Volgens Energy Storage NL laat dit zien dat batterijen steeds vaker actief worden aangestuurd om lokale netproblemen op te lossen en zo bijdragen aan een flexibeler energiesysteem.

4 Ontwikkelingen per technologiegroep

De wereldwijde energietransitie vraagt om innovatieve oplossingen voor het opslaan van energie, zodat duurzame bronnen zoals zon en wind optimaal benut kunnen worden.

Opslagtechnologieën spelen hierin een cruciale rol. De belangrijkste ontwikkelingen en marktstaat worden hieronder uiteengezet voor drie energieopslag groepen:

- **Elektriciteitsopslag** met batterijen, variërend van lithium-ion tot opkomende alternatieven zoals natrium-ion of flow-batterijen, maakt het mogelijk om schommelingen in de elektriciteitsproductie en -vraag te balanceren. Hierdoor wordt de stabiliteit van het elektriciteitsnet gewaarborgd.
- **Warmteopslag** richt zich op het vasthouden en later vrijgeven van thermische energie, bijvoorbeeld via waterbuffers, gesmolten zouten of thermochemische systemen. Deze technieken zijn essentieel voor de gebouwde omgeving en industriële processen, waar warmte- en koudevraag vaak fluctueert.
- **Moleculenopslag** omvat de omzetting en opslag van energie in chemische dragers zoals waterstof, ammoniak of synthetische brandstoffen. Dit biedt grote voordelen voor transport, industriële toepassingen en seizoensopslag, omdat moleculen makkelijk op te slaan en te vervoeren zijn.

Gezamenlijk vormen deze drie opslagvormen de pijlers van een veerkrachtig en duurzaam energiesysteem, waarin flexibiliteit, schaalbaarheid en efficiëntie centraal staan.

4.1 Elektriciteitsopslag in Nederland in 2025

Samenvatting

Elektriciteitsopslag wordt in Nederland vrijwel volledig gedomineerd door lithium-ion batterijen, hoewel er ook pilots zijn met alternatieven zoals natrium-ion en flow-batterijen. De toepassingen liggen verspreid over de gebouwde omgeving, commerciële en industriële gebruikers, utiliteit/energiesysteem en mobiele opslag.

Eind 2024 bedraagt de operationele batterijcapaciteit in Nederland c.a. 1GWh (0.67 GWh utiliteit, 0,19 GWh C&I, 0,07 GWh gebouwde omgeving³⁹, 0,02 MWh overig⁴⁰) terwijl er in totaal meer dan 6,3 GW aan projecten bij regionale netbeheerders is aangevraagd. TenneT heeft 60GW aan aanvragen, 10GW minder dan vorig jaar door veel wegvallende projecten.

De markttoepassingen liggen vooral in frequentiehandhaving, peakshaving en congestie-management. Voor utiliteit en netbeheerders is vooral het verminderen van netcongestie cruciaal; commerciële en industriële spelers gebruiken batterijen voor kostenoptimalisatie en risicoreductie.

³⁹ Exclusief thuisbatterijen <0.1MWh

⁴⁰ De mobiele opslag sector is ongeveer 300MWh groot eind 2024

Beleidsmatig is de aandacht voor opslag sterk toegenomen. Het Landelijk Actieplan Netcongestie (LAN) stimuleert flexibele contractvormen waardoor opslag aantrekkelijker wordt, maar deze ontwikkelingen stuiten op operationele uitdagingen. Een ander groot thema is veiligheid van lithium-ion systemen: de PGS 37-1 richtlijn en de voorgenomen RIVM-rekenmethode leggen strikte eisen op aan brand- en explosie-risico's, met conservatief afstanden van vaak 40–45 m, terwijl eigen berekeningen soms op 0–5 m uitkomen. Dit belemmert kleinere spelers en kan vertraging en hogere kosten veroorzaken

Uitdagingen en kansen

- **Juridische onzekerheid:** het huidige kader is versnipperd, vergunningstrajecten complex, en verschillen per veiligheidsregio vergroten de drempel.
- **Gebrek aan nationale visie:** Nederland mist een expliciete opslagdoelstelling, wat investeringen beperkt, zeker in vergelijking met landen als het VK en Spanje die wel nationale doelen en subsidies hanteren.
- **Markttransparantie:** er is onvoldoende inzicht in opslagcapaciteit waardoor beleidsinterventies of strategiebepaling lastig worden. Energy Storage NL roept op tot registratie.
- **Strategische afhankelijkheid:** de Europese afhankelijkheid van Aziatische batterijproductie vormt een risico voor leveringszekerheid. Strategische en toekomstbestendige leverancier keuze zijn noodzakelijk.

Zonder structurele hervormingen (helder beleid, transparantie in netcapaciteit, vereenvoudigde vergunningen) dreigt opslaggroei achter te blijven bij de toename van hernieuwbare productie, met negatieve gevolgen voor de energietransitie.

4.1.1 Technologieoverzicht

Elektriciteitsopslag is het tijdelijk opslaan van opgewekte elektrische energie, zodat deze op een later moment kan worden gebruikt. Dit gebeurt met behulp van technologieën zoals batterijen, perslucht opslag of vliegwielen. Het doel is om vraag en aanbod van elektriciteit beter op elkaar af te stemmen, pieken in de productie op te vangen en een stabiele stroomvoorziening te garanderen, vooral bij het gebruik van wisselvallige hernieuwbare energiebronnen zoals zon en wind.

4.1.2 Marktstatus en belangrijke toepassingen

Belangrijke spelers

Tabel 4.1 toont een overzicht van de belangrijke spelers in de elektriciteitsopslagmarkt per marktrol.

Tabel 4.1 Overzicht van belangrijke spelers in de elektriciteitsopslag per marktrol

Marktrol	Omschrijving	Voorbeelden
Producent / ontwikkelaar	Produceert de energieopslagtechnologie zoals batterijcellen, warmtebuffertanks, supercondensatoren en andere technologieën. Verantwoordelijk voor innovatie, ontwerp, en implementatie van nieuwe producten.	Alus, Iwell, Alfen, Cellcube, Aquabattery, Volstora, CDL, Powerwatt, SolarEdge, Huawei, TimeShift, Ampowr, Elestor, Rolls Roys, Anesco, etc...

Marktrol	Omschrijving	Voorbeelden
Leverancier van grondstoffen	Levert essentiële grondstoffen nodig voor het produceren van de energieopslagstechnologie, zoals lithium voor lithium-ion batterijen.	Niet Nederlandse of Europese partijen. Hoofdzakelijk afkomstig uit China
Investeerder	Investeert kennis of kapitaal in energieopslag voor onderzoek, ontwikkeling of uitbreiding. Kan variëren van venture capital tot particuliere investeerders en institutionele beleggers.	Banken, private equity, verzekeraars, InvestNL, klimaatfonds Nederland, BOM, Zonhub, meewind
Kennisinstituut	Voert onderzoek uit en biedt technische expertise om ontwikkeling en innovatie van nieuwe technologieën te ondersteunen.	Universiteiten, BatteryNL, IEA, TNO.
Adviseur	Levert advies aan bedrijven, overheden en andere stakeholders over de technische, beleidsmatige, economische en juridische aspecten van energieopslag.	Pondera Consult, DNV GL, Strategy, Ventolines, EFS, Repowered, Enerzien, Windunie, etc...
Belangenorganisatie	Vertegenwoordigt de belangen van bedrijven in de energieopslagsector. Promoot de voordelen, lobbyt en informeert het publiek over de voordelen van energieopslag.	ESNL, EASE EnergieNederland, Netbeheer Nederland.
Beleidsmaker	Ontwikkelt en implementeert beleid en regelgeving die de groei van de energieopslagsector stimuleren.	Rijksoverheid, gemeenten, provincies, waterschappen
Subsidieverstreker	Biedt investeringen en subsidies aan bedrijven en projecten in de energieopslagsector.	RVO
Recycler	Zorgt voor de recycling en verwerking van gebruikte energieopslagsystemen.	ARN, Ecaraccu, Heskon, Refurb battery, Van Peperzeel, Stichting OPEN
Markttoezichthouder	Houdt toezicht op de naleving van wetten en regelgeving. Garandeert eerlijkheid, veiligheid en transparantie op de energieopslagmarkt.	ACM, RDI, DGMI
Installateur	Installeert en onderhoudt energieopslagsystemen bij eindgebruikers.	Electroproject, LVG Solar, Kenter, Accu Select, Indutecc, Equans
Digitale bedrijven (softwareleveranciers)	Ontwikkelen en leveren software voor het optimaliseren, monitoren en beheren van energieopslagsystemen.	Sympower, Gridflex, Nedap
Veiligheid en testbedrijven	Bieden diensten voor het testen en certificeren van energieopslagsystemen.	Helixis, SOCOMEC, Kema labs, CTS Nederland, Omega, Straight Forward, batenburg
Netbeheerders	Transmissie- en distributienetbeheerders, die het elektriciteitsnetwerk beheren en onderhouden, inclusief de integratie van energieopslagsystemen.	Stedin, Liander, Enexis, TenneT

Let op: Dit is geen uitputtende lijst; er zijn nog veel meer belangrijke spelers per marktrol. Kijk voor meer informatie op www.energystoragenl.nl/lid/

Nederlandse batterij ecosysteem en strategische autonomie

Het Nederlandse batterij-ecosysteem bestaande uit o.a. Energy Storage NL, BCC-NL⁴¹, BatteryNL⁴², TNO⁴³ en de regionale clusters/ROM's⁴⁴, spelen een sleutelrol in het versterken van de strategische autonomie binnen de waardeketen voor geavanceerde opslag (NextGen stationary). Waar veel landen zich beperken tot het inkopen van technologie of het huisvesten van assemblage, positioneert Nederland zich als bron van kennis, innovatie en systeem-integratie. Een kernmechanisme is dat publiek-private consortia fundamenteel onderzoek (BatteryNL) koppelen aan toepassing (BCC-NL, TNO). Testfaciliteiten (Battery Lab, fieldlabs) en regionale pilots leveren cruciale validatie- en marktdata. Human capital en ondersteunende diensten (vergunningen, financiering) borgen continuïteit. De beoogde impact is de versnelling van TRL-stappen, beschikbaarheid van unieke operationele datasets, en een basis creëren voor internationale normering en certificering. Enkele speerpunten:

- Strategische betekenis: deze samenhangende infrastructuur maakt dat Nederland geen passieve marktvolger is, maar technologieontwikkelaar met invloed op toekomstige standaarden, waardeketens en marktvormen. In termen van strategische autonomie betekent dit:
- Minder afhankelijkheid van Aziatische leveranciers door eigen kennisontwikkeling en recyclingcapaciteit.
- Versterking van de Europese positie in batterij-innovatie, doordat Nederlandse programma's aansluiten bij EU-missies (BATT4EU, IPCEI).
- Concurrentievoordeel voor Nederlandse bedrijven door vroege toegang tot testdata en TRL-versnelling.

Een aantal actuele pilots:

- Battery Park Zeewolde – grootschalig BESS voor windpark, cruciaal voor degradatiedata en netbalanceren.
- FlevoBESS – 31,6 MW/126 MWh, 4-uur opslag, data voor LDES en business cases.
- BCC-NL projecten – scheepvaart en heavy-duty toepassingen, focus op veiligheid en certificering.
- BatteryNL & TNO – fundamenteel materiaalonderzoek + validatie via Battery Lab.

Marktomvang elektriciteitsopslag

Het verkrijgen van accurate data en gegevens van de elektriciteitsopslag installaties in Nederland is rondit ingewikkeld. Sommige partijen verzamelen en analyseren data op basis van openbare bronnen en wederzijdse gegevensuitwisseling, maar die informatie is vaak fragmentarisch of verouderd. Veel is ook geheim totdat de financier zeker is dat het project er komt. Energy Storage NL (ESNL) heeft wel goed zicht op de bredere trends en ontwikkelingen in de markt en sector doordat zij verschillende bronnen gebruikt voor data validatie (netbeheerders, grote marktspelers, overheidsinstanties). Het blijft een dynamisch speelveld

⁴¹ BCC-NL bundelt de nationale krachten en zorgt voor directe aansluiting van industriële vraagstukken op onderzoek. Door gezamenlijke programma's (scheepvaart, heavy-duty, bulk-BESS) ontstaat kennis die niet alleen Nederland, maar ook de Europese waardeketen onafhankelijker maakt van externe technologie.

⁴² BatteryNL levert fundamentele kennis over materialen en interfaces, essentieel voor volgende generaties batterijen (o.a. solid-state, natrium-ion). Hiermee bouwt Nederland technologische voorsprong op in domeinen waar nog geen dominante mondiale standaard is.

⁴³ TNO en haar faciliteiten (Battery Lab) vormen de vertaalslag van wetenschap naar markt. Door certificering, testprotocollen en pack-integratie kan Nederland eigen standaarden ontwikkelen en exporteren.

⁴⁴ Regionale clusters en ROM's zorgen voor toepassing in concrete projecten (Zeewolde, FlevoBESS) en koppelen innovaties aan eindgebruikers. Dit genereert niet alleen marktdata, maar ook evidence-based kennis die internationaal inzetbaar is.

waarin projecten regelmatig van koers veranderen door vergunningstrajecten, netaansluitingsproblemen of gewijzigde businesscases waardoor aanpassing nodig zijn.

Er is momenteel geen centraal register voor batterijen, maar daar wordt wel aan gewerkt. Naast zonnepanelen en andere opwekinstallaties, kunnen consumenten en bedrijven nu ook batterijen registreren op energieleveren.nl. De datakwaliteit is redelijk, maar bevat 5–10% fouten, vooral in opgegeven vermogens van omvormers, capaciteit en aansluitcategorie. Nu is dit nog beheersbaar, maar bij groei van het aantal batterijen kan een aanzienlijk deel van het flexibel vermogen verkeerd of niet in beeld komen. Deze registratie is verplicht volgens de Nederlandse Netcode Elektriciteit verplicht voor eigenaren van een elektriciteitsopslag systeem en die zijn aangesloten op het stroomnet. Grotere systemen batterijen dienen direct bij de netbeheerder aangemeld te worden. Andere registratie platforms zijn bijvoorbeeld van [Stibat](#) t.b.v. recycling of van Liander, die [opslag registreert](#) achter de aansluiting om in kaart te brengen waar die systemen staan met welke capaciteit. Bij veel eindgebruikers en installateurs nog niet bekend dat deze registratie verplicht is, waardoor nog lang niet alle batterijen goed geregistreerd worden.

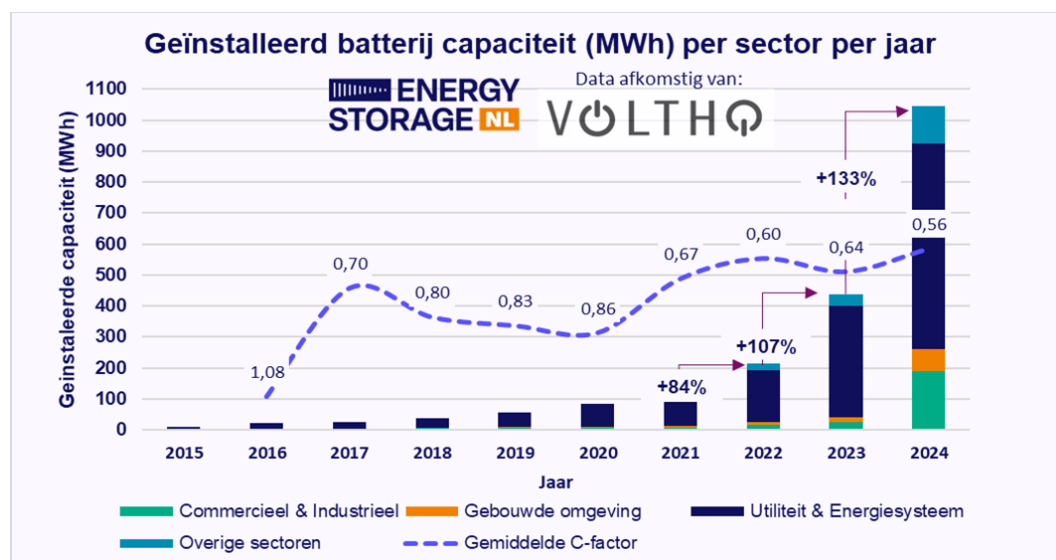
Methode van data verzameling

Energy Storage NL heeft het afgelopen jaar accuratere data verzameld over het vermogen (MW) en de capaciteit (MWh) van elektriciteitsopslagsystemen in Nederland. Dankzij de samenwerking met externe datapartner Voltho is aanvullende projectdata beschikbaar gekomen. Daarnaast gebruikt Energy Storage NL ook publieke data van Egridz, CBS, Ventolines en andere publieke bronnen. Hierdoor kunnen robuuste inschattingen worden gemaakt van de locaties van elektriciteitsopslagsystemen, inclusief het bijbehorende vermogen en de capaciteit.

Geïnstalleerd batterij capaciteit in 2024 per sector

In 2024 hebben we zeer grote groeicijfers gezien, groter dan de grootste groei in zon of wind. De afgelopen twee jaar is er zelf een verdubbeling geweest van de capaciteit van elektriciteit opslag in Nederland, resulteren in de stationaire zakelijke batterij capaciteit van bijna 1GWh in 2024. Ook worden de elektriciteit opslagprojecten (batterijen) steeds groter in relatie tot hun aansluiting en ontlaadsnelheid (C-rate; verhouding tussen MW en MWh). In 2024 was het gemiddelde batterij vermogen in Nederland bijna 2 uur lang ontladen (C-rate van 0.56).

Figuur 4.1 Geïnstalleerde stationaire batterij capaciteit van systemen groter dan 0,1MWh in Nederland

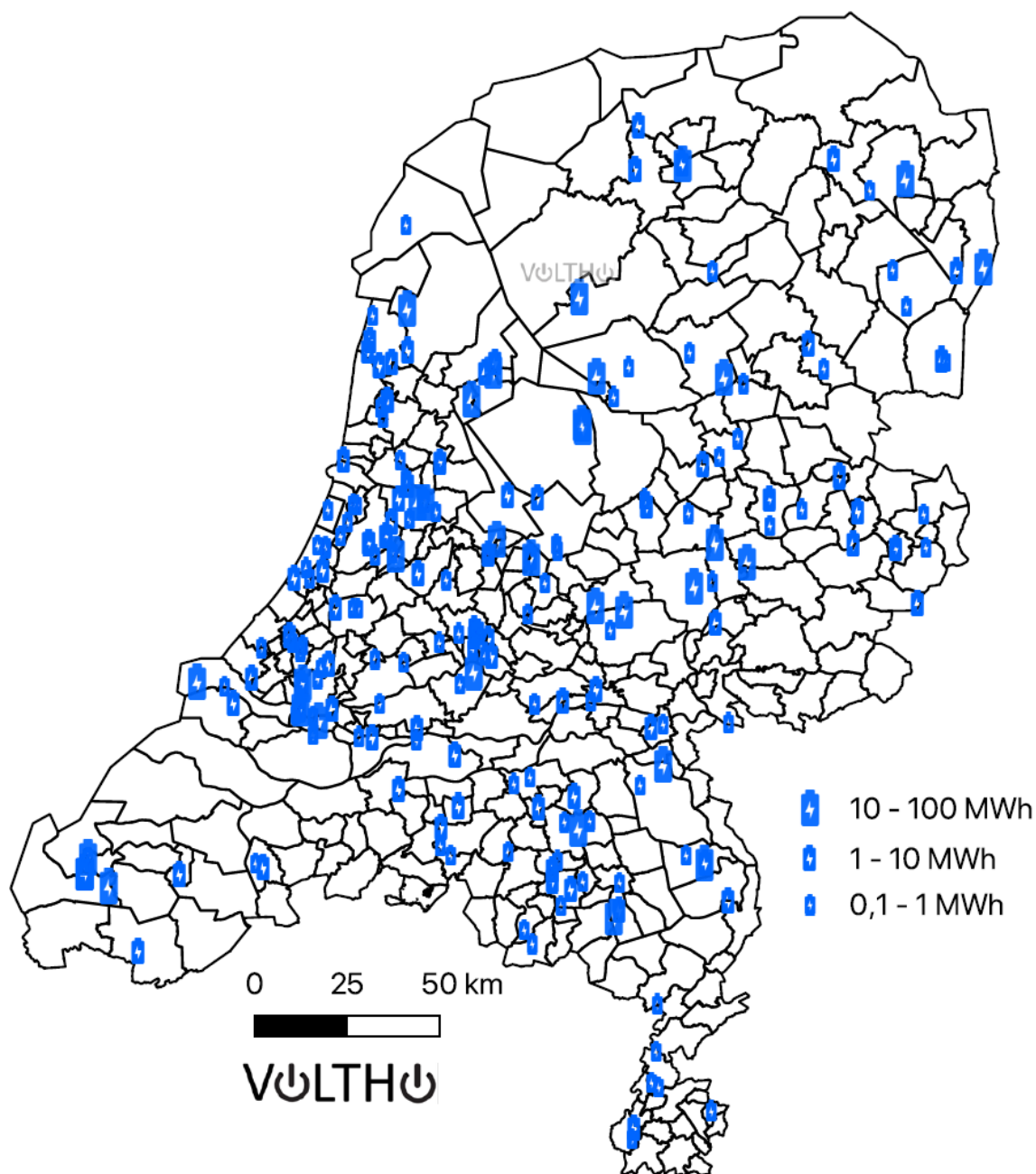


Thuisbatterijen, zakelijke batterijen kleiner dan 0,1MWh zijn niet meegenomen in deze analyse. Schatting is dat de werkelijke geïnstalleerde batterij capaciteit nog 125 – 250 MWh groter is. Mobiele opslagcapaciteit wordt meegenomen en wordt vermeld onder 'Overige sectoren'. Data afkomstig van de Voltho database. Mobiele opslag data aangevuld door Energy Storage NL. Data gebaseerd op gerealiseerd projecten.

Achter-de-meter batterijsystemen NL kaart 2024

Figuur 4.2 toont de Nederlandse gemeente kaart met de stationaire batterijsystemen van 2015 tot en met 2024, geplot per grootte en locatie voor Energy Storage NL. Deze kaart is exclusief projecten >20MWh. Data afkomstig uit de Voltho database. Doorkijkend naar 2025 telt Nederland inmiddels 500+ zakelijke geïnstalleerde batterijen, variërend van 0.1MWh tot meer dan 100 MWh. Dit is goed voor ongeveer 1,5 GWh+ aan geïnstalleerde capaciteit en tevens meer dan >15 GWh aan serieuze aangekondigde projecten.

Figuur 4.2 Achter-de-meter batterijsystemen in NL tot en met 2024



Bron: Voltho LinkedIn.

Gebouwde omgeving

De batterijen bij de gebouwde omgeving, >0.1MWh (100kWh), hebben een verviervoudiging laten zien het afgelopen jaar, oplopende tot 70MWh in 2024 volgens Voltho. Dit segment bestaat uit systemen bij particulieren en zakelijkgebruik die groter zijn dan 100kWh. Van kleiner batterij systemen (<100kWh) is geen concrete data van bekend.

Huishoudens

Uit [onderzoek van DNE Research](#) en DNV wordt geschat dat het aantal thuisbatterij, veelal tussen de 5kWh en 30kWh, in Nederland tussen de 15.000 en 39.000 ligt (0,2% tot 0,5% van huishoudens). Daarbij voorspelde DNE dat het residentiële segment en omvang kon hebben van 472MWh in 2024. Energy Storage NL heeft geen verdere data voor dit segment.

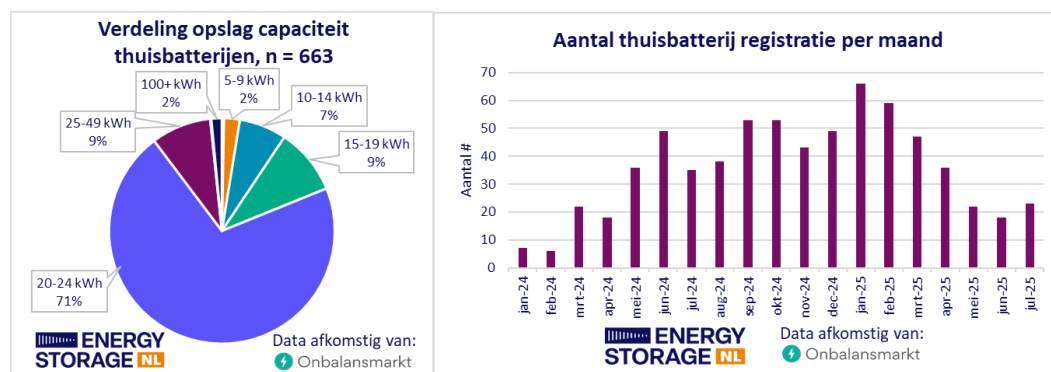
Ontsluiten van flexibiliteit bij kleinverbruikers, voornamelijk huishoudens en kleine bedrijven met aansluitingen tot 3x80 ampère, zijn cruciaal in de Nederlandse energietransitie. De groeiende druk op het laagspanningsnet komt door een toename van elektriciteitsvraag (bijvoorbeeld warmtepompen, elektrische voertuigen) en gedecentraliseerde opwekking (bijvoorbeeld zonnepanelen). Het huidige nettariëfstelsel, voornamelijk gebaseerd op vastrecht en capaciteit, biedt onvoldoende prikkels voor efficiënt netgebruik. Daarnaast vereist de technische integratie van thuisbatterijen standaardisatie en interoperabiliteit met netinfrastructuur. Normering is essentieel om veilige en betrouwbare integratie van slimme apparaten, waaronder thuisbatterijen, te waarborgen. Thuisbatterijen kunnen een belangrijke bijdragen leveren aan het energiesysteem. Uit eerste onderzoeken van de netbeheerder blijkt dat thuisbatterijen een veel grotere flexpotentie heeft bij kleinverbruikers dan laadpalen en warmtepompen. Echter, hiervoor moeten de randvoorwaarde wel gecreëerd worden.

De voorgenomen afschaffing van de salderingsregeling in 2027 zal verdere impuls geven aan de residentiële markt omdat particulieren worden geconfronteerd met terugleververgoedingen. Daarnaast zijn er veel thuisbatterij aanbieders die particulieren benaderen met onder andere reclamecampagne en beloftes op forse besparingen en snelle terugverdientijden.

Inkomsten verschillen van thuisbatterij opbrengsten

Verschillende bedrijven bieden thuisbatterijen aan die handelen op de onbalansmarkt en beloven daar soms onrealistische resultaten bij. Door de praktijkresultaten te registreren en delen kunnen we een beter en van de verkoper onafhankelijk beeld krijgen van de opbrengsten. Er zijn momenteel 663 installaties aangemeld bij [onbalansmarkt.com](#), waarvan er 202 'live' hun resultaten delen (Juli 2025).

Figuur 4.3 Verdeling opslagcapaciteit thuisbatterijen (links) en het aantal geregistreerde thuisbatterijen per maand van januari 2025 tot en met juli 2025

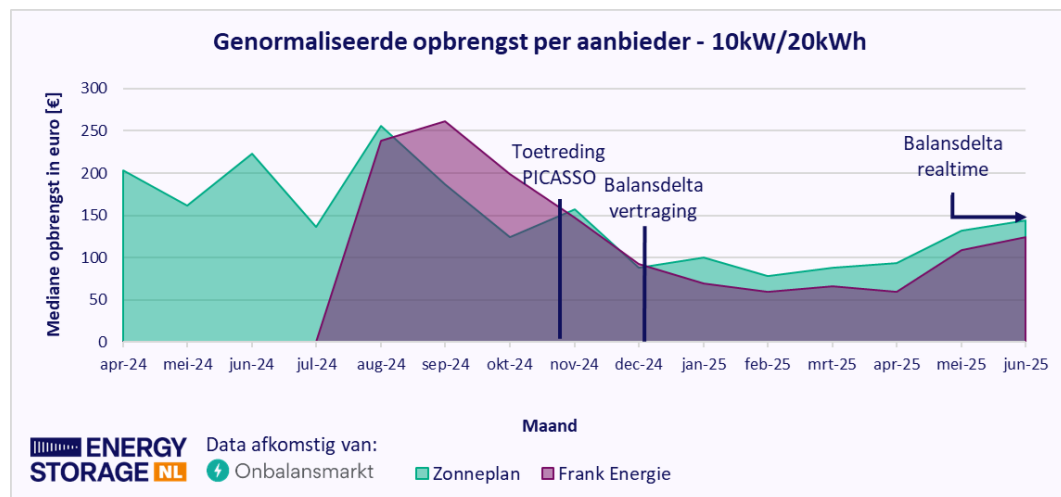


Bron: Onbalansmarkt (2025). [Link](#)

Het is te zien dat in loop van 2024 en begin 2025 er een sterke stijging is van het aantal geregistreerde thuisbatterij op deze website. Het merendeel van deze systemen vallen in de categorie 20-24kWh.

De opbrengsten van thuisbatterij is afhankelijk van verschillende factoren, eentje daarvan is de passieve onbalansmarkt. Invloeden of aanpassingen aan de werking van de onbalansmarkt, zoals meermaals gebeurt is de afgelopen maanden, heeft impact op de opbrengsten. Dit is terug te zien in de grafiek hieronder, waar o.a. de toetreding tot PICASSO en vertraagde publicatie van de balansdelta significante impact hebben op de opbrengsten. Hierdoor lopen particulieren een zeer groot risico om niet de beloofde terugverdiëntijden of besparing te realiseren.

Figuur 4.4 De thuisbatterijen worden aangestuurd door aggregators zoals Zonneplan en Frank Energie



Deze partijen handelen op de onbalansmarkt en generen daarmee inkomsten voor de eigenaar. Inkomsten zijn mediane genormaliseerde opbrengst per aanbieder op 10kW en 20kWh thuisbatterij.

Commercieel & Industriële batterijen

De grootste groei in een bepaald segment is te zien in het Commercieel & Industrieel, bestaande uit Agri & glastuinbouw, Datacentra, Industrie, Logistiek & distributie en Maritiem & Havens. In 2024 heeft deze groep een verzevenvoudiging laten zien van de geïnstalleerd capaciteit in Nederland, oplopend tot bijna 200MWh en ongeveer 100MW (gemiddelde C-rate 0.56) (Bron: Voltho).

Deze systemen staat voor- of achter de meter⁴⁵ op terreinen van bedrijven. Hiermee kunnen bedrijven peakshaven, lokaal opgewekte energie tijdelijk opslaan en handelen op de spot- of balansmarkt. Dit biedt zowel economische voordelen als operationele flexibiliteit, met name op locaties waar netcongestie is. Marktpartijen geven aan dat ook toepassingen - waarbij batterijen worden ingezet als overbrugging voor bedrijven die wachten op een netaansluiting uitbreiding - toenemen.

⁴⁵ Er bestaan verschillende interpretaties van het begrip *front-of-the-meter* (FTM). In sommige definities wordt FTM gebruikt voor situaties waarin alle energiestromen van en naar de batterij via de netaansluitingsmeter verlopen. Andere definities hanteren een meer capaciteitsgeoriënteerde benadering, waarbij FTM specifiek wordt toegepast op grootschalige projecten met een omvang van minder dan 20 MWh.

Utiliteit & Energie systeem.

De grootste batterij projecten worden ingezet om fluctuaties op de energiemarkten te benutten. Dit segment bestaat uit systemen bij Energieleverancier, Netbeheerders, en Waterbeheer & Infrastructuur en het bijna een verdubbeling gezien in gerealiseerde projecten. De totale capaciteit is opgelopen tot 670MWh met een gemiddelde C-rate van 0.56 (bijna een 2uurs batterij) in 2024 (Bron: Voltho). Vanaf 2025 zijn 4-uurs batterijen (C-rate 0,25) de norm bij grootschalige projecten, en vormen ze geen uitzondering meer (Bron: Egridz).

Drijfveren en businesscase

De groei in dit segment werd gestimuleerd door verschillende drijfveren. Dalende batterij-prijzen hebben deze sector geactiveerd, onder andere door de komst van de elektrische auto en snelle technologische ontwikkeling. Daarnaast hebben grotere prijsschommelingen op de elektriciteitsmarkt en de toenemende behoefte aan balanceringsdiensten op de energiemarkten ervoor gezorgd dat er meer te verdienen viel met opslagsystemen. De belangrijkste drijfveren zijn energiehandel, energiezekerheid en verduurzaming.

Echter de veronderstelling dat de businesscase significant aantrekkelijker is geworden, klopt niet. Aan de ene kant zien we dat de inkomsten zijn gestegen. Maar daar staat tegenover dat kosten fors zijn toegenomen, met name de transporttarieven in Nederland. Die zijn een paar keer over de kop gegaan en vormen nu een substantieel deel van de operationele kosten. Daardoor blijft de businesscase voor BESS in Nederland matig tot in sommige gevallen ronduit onrendabel voor systemen voor de meter.

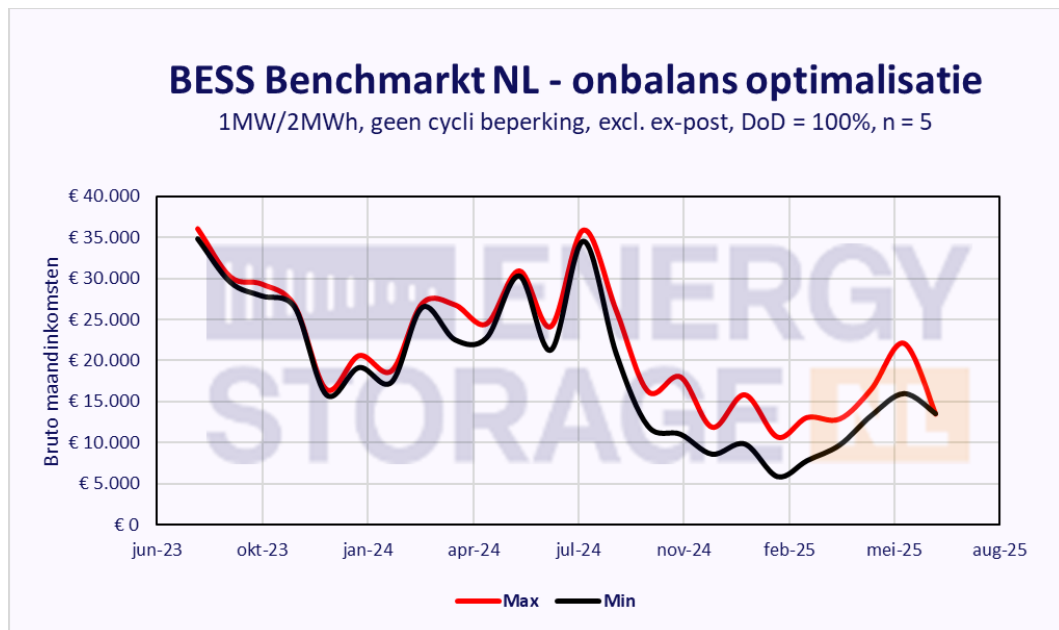
Toch stappen veel ontwikkelaars en ondernemers in, vaak omdat zij het risico durven nemen of doordat ze de batterijopslag kunnen combineren met aansluitingen (co-located).

Inkomsten zakelijke batterij systemen

Er bestaat veel onduidelijkheid over de inkomsten van batterij systemen en hun inkomsten. Om een beter beeld te geven hoe de inkomsten per maand kunnen verschillen, is publieke informatie verzameld over de bruto-inkomsten. In de onderstaande figuur is te zien wat een potentiële 1MW/2MWh batterij systeem heeft kunnen verdienen met onbalans optimalisatie. Dit zijn brutoresultaten die gebaseerd zijn op werkelijk behaalde resultaten. Er zitten significante verschillen tussen de aansturende partijen die voor de energieopslag eigenaar handelen. Het is dus voor eigenaren zeer belangrijk om aansturing en opbrengsten nauwlettend in de gaten te houden.

Daarnaast zijn er zeer grote verschillen in inkomsten per maand. Dit brengt veel onzekerheid met zich mee waardoor projectfinanciering moeilijk wordt. In 2025 ontstaan nieuwe initiatieven die risicomanagementoplossingen bieden om batterij-energieopslagsystemen beter financierbaar te maken en zo kapitaal vrij te spelen voor de energietransitie.

Figuur 4.5 Maximalen en minimale bruto-inkomsten van onbalansoptimalisatie van verschillende partijen. Gemiddelde aantal cycli = 1.9 per dag over de dataset



Bron: Publiek beschikbare data. Analyse door Energy Storage NL.

Kosten utiliteit batterij systemen

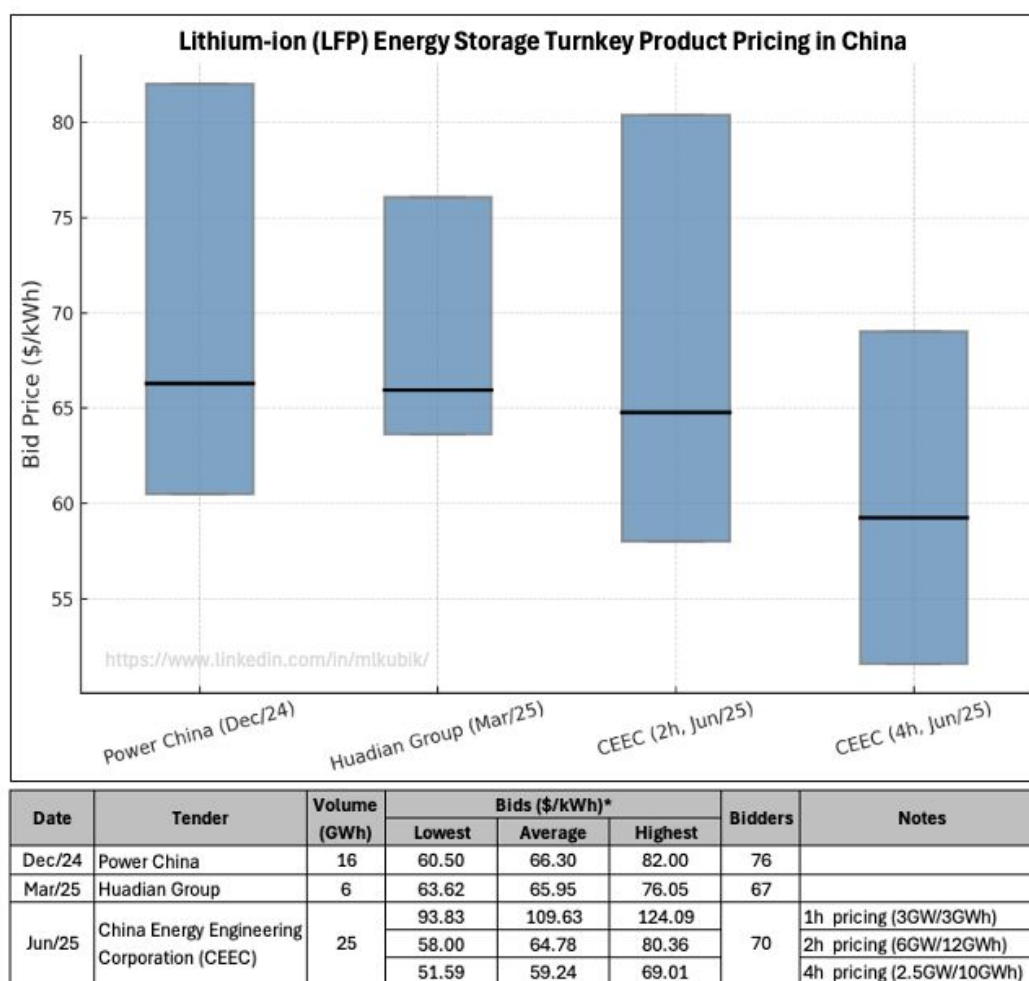
De kostprijs van lithium-ionbatterijen is de afgelopen jaren sterk gedaald, van circa USD 1.400/kWh in 2010 naar ongeveer USD 140/kWh in 2023 voor complete batterijsystemen, hetgeen een reductie van 90% vertegenwoordigt. Niettemin blijven de totale systeemkosten (inclusief omvormers, bekabeling, installatie en vergunningen) in Europa en Nederland aanzienlijk hoger dan in China en de Verenigde Staten.

Deze prijsdaling heeft de toepassing van batterijen in grootschalige domeinen, zoals netopslag en elektrische voertuigen, aanzienlijk vergemakkelijkt en stimuleert de ontwikkeling van nieuwe technologieën. De prijs van lithium-ijzerfosfaat (LFP) batterijen daalde in 2024–2025 met ruim 20%, voornamelijk door schaalvergroting in Chinese gigafabrieken. De International Energy Agency (IEA) schat de learning rate hierbij op circa 18% per verdubbeling van de productie.

Een illustratief voorbeeld is de aanbesteding in juni 2025 door China Energy Engineering Corp (CEEC) voor 25 GWh aan energieopslagsystemen (ESS), de grootste tender tot nu toe. De prijs werd vastgesteld op USD 51,59/kWh (turnkey, exclusief EPC en netaansluiting), een daling van 15% ten opzichte van december 2024. Deze aanbesteding omvatte onder meer DC/AC-blokken, middenspanningsskids en energiebeheersystemen.

Voortgaande prijsdalingen, aangedreven door schaalvoordelen en productinnovatie, versterken de economische haalbaarheid van lithium-ion-gebaseerde ESS, met name voor langduurtoepassingen (8–10 uur) die essentieel zijn voor de integratie van hernieuwbare energie. Tegelijkertijd kan de sterke prijsconcurrentie de marges van leveranciers onder druk zetten en onzekerheden creëren omtrent duurzaamheid, systeemkwaliteit, service en dataprivacy.

Figuur 4.6 Lithium-ion (LFP) Energieopslag productprijzen in China

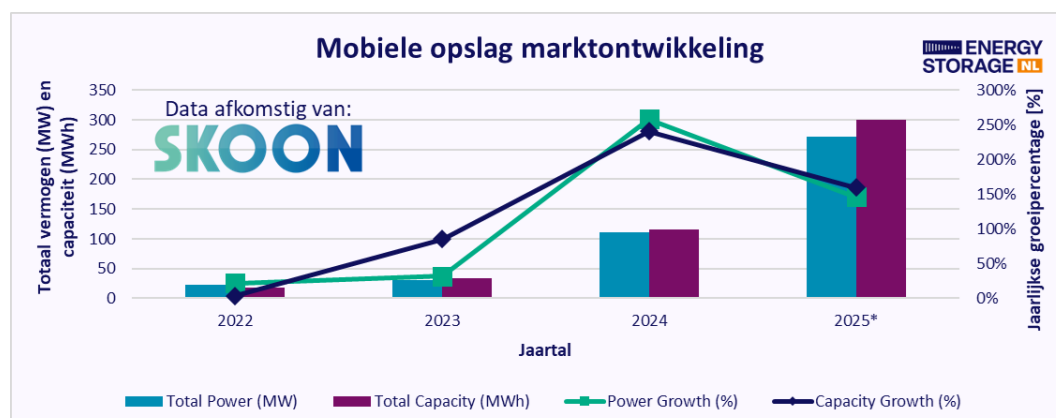


*Prices in CNY converted to USD Jun-2025 (note: Power China bids were reported in Dec-24 in USD only)

Overige sectoren: Mobiele opslag⁴⁶

De Nederlandse sector voor mobiele energieopslag bevindt zich in een fase van professionalisering en schaalvergroting. Eind juli 2025 telde de Nederlandse mobiele opslag markt 57 verhuurbedrijven (NLse en niet NLse) met in totaal 1.015 systemen, waarvan circa 960 batterijen en 50 waterstofgeneratoren. Samen vertegenwoordigen deze systemen een geschatte capaciteit van 300 MWh en een maximaal vermogen van ongeveer 270 MW. Het aantal producten groeit gestaag, maar opvallender is dat de gemiddelde omvang en kracht van de systemen de afgelopen twee jaar aanzienlijk zijn toegenomen. Waar voorheen vooral kleinere, draagbare oplossingen domineerden, zien we sinds 2024 een duidelijke verschuiving naar grotere installaties, wat wijst op een volwassenwording van de markt en een toenemende vraag naar langdurige en grootschalige toepassingen.

⁴⁶ Mobiele opslag wordt gedefinieerd als verplaatsbare batterijsystemen die in Nederland worden ingezet. Deze systemen kunnen eigendom zijn van zowel Nederlandse als buitenlandse bedrijven.

Figuur 4.7 Marktgroei van mobiele opslagsystemen in Nederland.

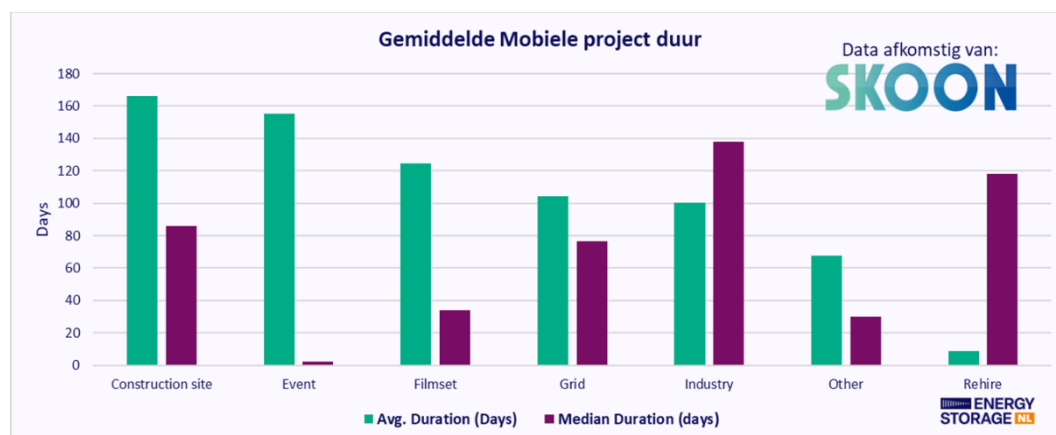
Bron: Skoon. Let op: de bovenstaande tabel is opgesteld op 27-7-2025 en op basis van de data van Skoon. Dit betekent dat er waarschijnlijk nog meer producten actief op de markt zijn of zullen worden toegevoegd voordat het jaar is voltooid.

De benuttingsgraad van de vloot bevindt zich rond een mediane en gemiddelde waarde van circa 54 procent. Deze relatief gematigde waarde verbergt echter een hoge variabiliteit: sommige aanbieders realiseren structureel hogere inzet door scherpere prijsstrategieën of een betere marktpositionering, terwijl andere spelers met structureel lagere bezettingsgraden kampen. Het feit dat de gemiddelde bezettingsgraad slechts iets boven de 50 procent ligt, wijst op een nog onvolledig uitgebalanceerde markt, waarin vraag en aanbod elkaar niet altijd efficiënt vinden. Dit biedt ruimte voor verdere marktordening, standaardisering en mogelijk consolidatie.

Afzetmarkten en groei van mobiele opslag

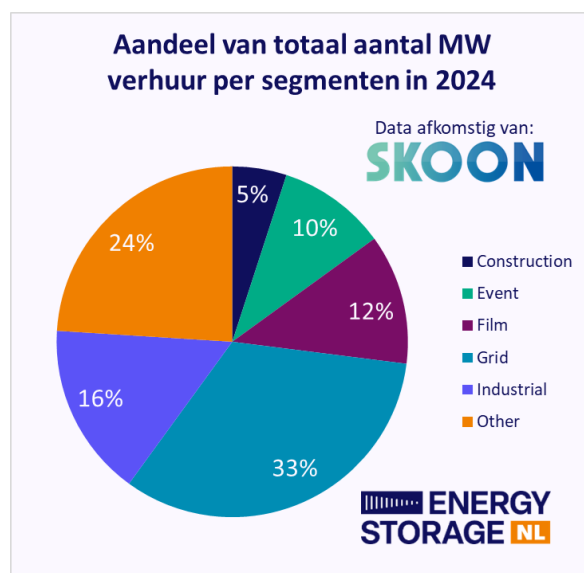
Wat betreft de afzetmarkten zijn er duidelijke verschillen in gebruiksprofiel. Evenementen vertonen de kortste huurperioden met gemiddeld 8,6 dagen, hoewel enkele uitzonderingen, zoals het Amsterdam Light Festival, dit gemiddelde enigszins vertekenen. In de bouwsector en bij zogeheten 'rehirings' liggen de gemiddelde huurperiodes veel hoger, respectievelijk 155,4 en 121,6 dagen, wat duidt op structurele en langdurige energiebehoeften. Filmproducties nemen een middenpositie in met een gemiddelde duur van 67,6 dagen. Deze verschillen onderstrepen dat mobiele opslag niet louter een nicheproduct voor kortdurende evenementen is, maar een structurele rol speelt in sectoren waar tijdelijke of flexibele energievoorziening noodzakelijk is.

Figuur 4.8 Gemiddelde project duur per afzetmarkt. Let op: Deze data is afkomstig van Skoon en weerspiegelt niet de algemene Nederlandse inzet van de mobiele verhuurmarkt.



Een belangrijke trend is de verschuiving van traditionele markten zoals bouw, film en evenementen naar grootschaligere en complexere toepassingen in het elektriciteitsnet. Waar in 2022 en 2023 vooral traditionele sectoren groei lieten zien, stabiliseerde de vraag in 2024, terwijl grid-gerelateerde boekingen juist sterk toenamen (netcongestie oplossen). Dit weerspiegelt niet alleen een bredere maatschappelijke en beleidsmatige verschuiving richting netondersteuning en flexibiliteit, maar ook de strategische keuzes van aanbieders om zich te richten op grotere, kapitaalintensievere projecten.

Figuur 4.9 Toont het aandeel van het totale aantal MW van de jaarlijkse verhuur dat elke sector in 2024 heeft gehuurd. Rehires zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien deze in deze analyse niet als traditionele verhuur worden beschouwd.



Samenvattend laat de Nederlandse mobiele opslagsystemen-sector een duidelijke transitie zien van kleinschalige, kortdurende toepassingen naar grootschalige en langdurige inzet, met een toenemende rol in netstabilisatie. De groei in vermogen en capaciteit overtreft die in aantallen, wat kan duiden op schaalvergroting en professionalisering. Daarnaast beïnvloeden

de aansluit problemen bij de regionale netbeheerders de aantallen projecten bij zakelijk gebruikers (grid segment), zoals hieronder verder toegelicht. De benuttingsgraad van rond de 54 procent laat zien dat er ruimte is voor optimalisatie, met name door betere afstemming tussen aanbod en vraag en door strategische prijszetting. Vooruitkijkend kan worden verwacht dat de sector zich verder zal ontwikkelen richting integratie met de energiesector, waarbij mobiele systemen niet enkel als tijdelijke oplossingen, maar ook als structurele flexibiliteitsopties in het Nederlandse energiesysteem worden ingezet.

Toepassing ontwikkeling mobiele opslag

Mobiele energieopslag biedt flexibiliteit en wordt in Nederland toegepast in diverse contexten, variërend van tijdelijke oplossingen tot netwerkondersteuning. Ontwikkelingen in specifieke toepassingen omvatten:

- **Tijdelijke stroomvoorziening en ondersteuning bij netcongestie:** Mobiele batterijen worden vaak gebruikt als alternatief voor dieselgeneratoren bij evenementen, bouwprojecten en in noodsituaties. Typische projecten duren meerdere weken tot meerdere maanden. Door beperkte of afwezige netaansluitingen (bijv. 3x80A) kunnen project (o.a. bouwplaatsen) hun energiebehoefte niet dekken. Mobiele opslag wordt dan gebruikt als: **(Tijdelijke) energiebron** voor elektrisch bouw materieel, **overbrugging** bij traag of beperkt beschikbare netaansluitingen, **piekafvlakking** om tijdelijke stroompieken op te vangen.
 - Een recent voorbeeld is het A1-project Apeldoorn–Twello, waar slimme combinaties van vaste en tijdelijke aansluitingen met opslag (400–1200 kWh) en energiemanagementsystemen (EMS) werden ingezet.
- **Een emissieloos project realiseren**, zoals bouwenprojecten of festivals. Mobiele batterijen vervangen dieselaggregaten en maken bouwplaatsen schoner: Vermijden van CO₂- en NO_x-uitstoot. Voldoen aan strengere milieuregels en emissieplafonds. Praktijkvoorbeeld: renovatiebouwplaats met slechts 25A netaansluiting en batterijcontainer die o.a. een torenkraan en hefsteigers van stroom voorzag.
- **Bijdrage aan duurzaamheid en circulariteit** door het gebruik van second-life batterijen. Afgedankte EV-accu's worden hergebruikt als stationaire energieopslag. Kwaliteit van de accu neemt door de jaren af totdat deze niet meer geschikt voor de auto. Maar de kwaliteit van deze accu is nog perfect voor mobiele opslag toepassingen. Door hergebruikt realiseer je tot **84% minder CO₂-uitstoot** bij productie t.o.v. nieuwe mobiele batterijen. Geschikt voor langlopende of herhaalbare projecten. Batterijen functioneren autonoom, vragen weinig onderhoud.

Naast emissiereductie dragen mobiele opslagoplossingen bij aan: **vermindering van logistieke afhankelijkheid** van fossiele brandstoffen en **beperking van geluidsoverlast** op o.a. bouwplaatsen (i.t.t. aggregaten).
- **Netondersteuning en hernieuwbare integratie:** Hoewel veel energieopslagsystemen vast zijn geïnstalleerd, zijn er ook mobiele oplossingen, zoals container gebaseerde batterijsystemen, die kunnen worden verplaatst naar locaties waar ze het meest nodig zijn. Deze systemen ondersteunen het opslaan van overtollige energie van wind- en zonneparken, die vervolgens kan worden vrijgegeven tijdens periodes van hoge vraag.
- **Digitale energieplanning en monitoring**, zoals met behulp van platforms aangeboden door Skoon, kunnen batterijen en andere energiedragers digitaal effectief worden gepland en gestuurd. Simulaties met een Fossil Digital Twin voor emissie-besparingsinzicht en realtime dashboards voor energieprestaties zijn al mogelijk. Daarnaast kunnen snelle bijstelling van configuraties bij wijzigend energieverbruik worden gerealiseerd; ideaal voor de diversiteit aan projecten

- **Elektrische voertuigen als mobiele systemen** hebben een opkomende rol in het energiesysteem, ook wel bekend als 'Distributed Energy Resources (DERs)'. Deze voertuigen kunnen hun batterijen gebruiken om energie terug te leveren aan het netwerk (vehicle-to-grid, V2G), wat een vorm van mobiele opslag kan zijn. Dit concept is nog in ontwikkeling, maar de eerste toepassing worden als gezien. Deze groep kan potentieel zeer grote hoeveelheden elektriciteit opslaan.

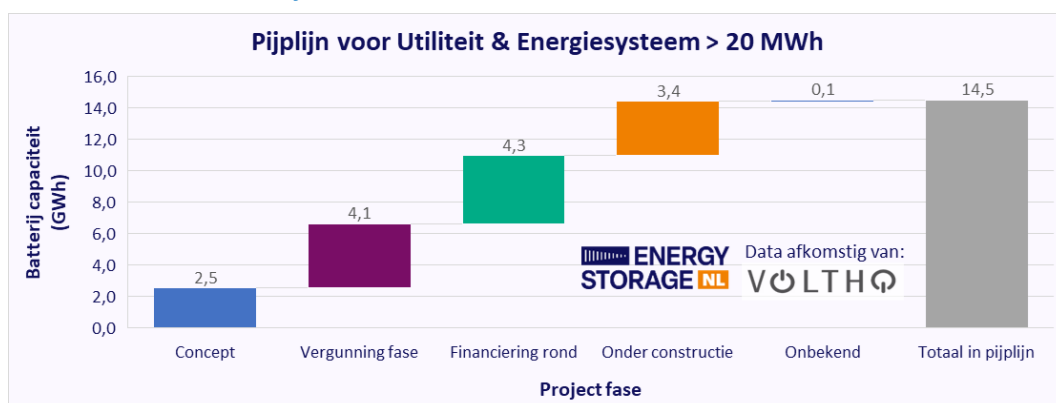
Deze toepassingen onderstrepen de veelzijdigheid van mobiele energieopslag, die zowel praktische als strategische voordelen biedt in een energielandschap dat steeds meer afhankelijk wordt van hernieuwbare bronnen.

Groeiverwachting batterijen komende 3 jaar

In 2025 kent Nederland een sterke groei in de geïnstalleerde batterijcapaciteit, zowel in de gebouwde omgeving als binnen industriële en utiliteitstoepassingen. Naar verwachting bedraagt de totale opgestelde capaciteit eind 2025 circa 2,1 GWh, met een gemiddelde C-factor van 0,32. Dit komt overeen met een opgesteld vermogen van ongeveer 670 MW. De segmenten thuisbatterijen en mobiele opslagsystemen zijn in deze prognose niet meegenomen. Voor deze raming geldt een onzekerheidsmarge van $\pm 23\%$ ⁴⁷, en er dient rekening te worden gehouden met mogelijke onvolledigheid van de beschikbare data.

De pijplijn van utiliteit projecten (>20MWh) is flink, maar hij is nog lang niet toereikend als we kijken naar de verwachting uit de scenario's van de netbeheerders⁴⁸. Om de ambities voor 2030 te halen, moeten alle nu bekende projecten daadwerkelijk worden gerealiseerd en dat is geen vanzelfsprekendheid. Voor 2040 en 2050 moet er zelfs nog tientallen GWh boven op de huidige pijplijn bijgebouwd worden willen we de verwachting van de netbeheerders en onze klimaatdoelstellingen halen.

Figuur 4.10 Pijplijn voor Utiliteit & Energiesysteem. Data afkomstig van Voltho 01-07-2025 in Nederland van Utiliteit & Energiesysteem batterijen systemen (> 20MWh). Gemiddelde C-rate utiliteit systemen in 2025 is 0.32.



⁴⁷ Voor de marktprognoses is gewerkt met een low case (worst case) en high case (optimistisch), met symmetrische bandbreedte. De methode combineert gerealiseerde en aangekondigde projecten met een ratio ("R") voor niet-aangekondigde projecten. Voor 2024–2027 zijn oplopende onzekerheidsmarges toegepast (30–40%), waarbij 2027 is bepaald via extrapolatie van de voorgaande jaren.

⁴⁸ Monitoring Leveringszekerheid monitor 2025 (Tabel B2-4) vermeldt de volgende batterij capaciteiten voor 2030: 20GWh grootschalig, 4GWh collocatie, 0,8GWh huishoudens, 0,6GWh EV, 26,9GWh Multiday LDES.

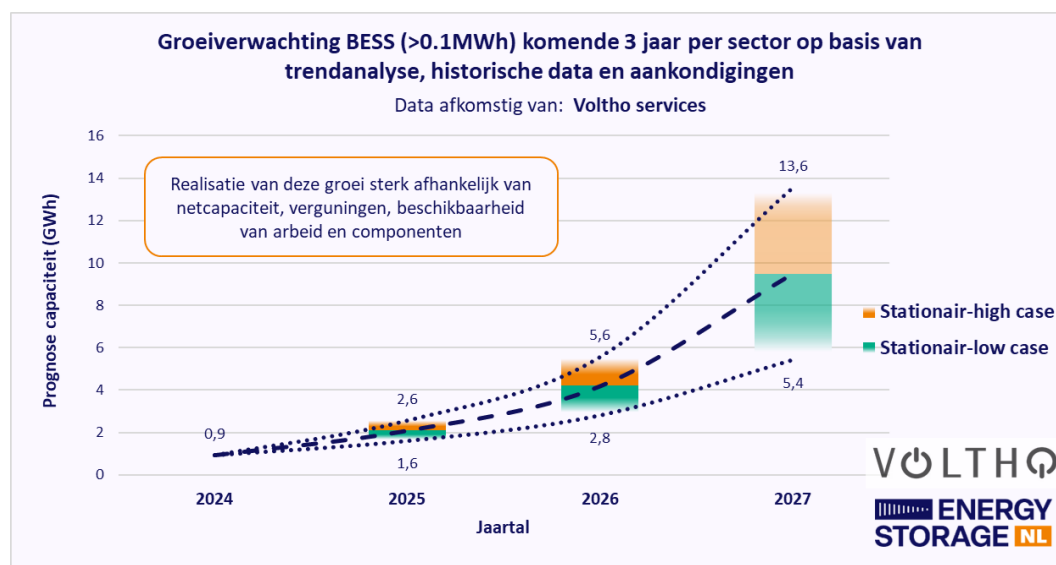
De zorgen in de sector zijn dan ook terecht. De doorlooptijd van een project bedraagt vaak meerdere jaren. Dat komt vooral door complexe procedures rondom netaansluiting, vergunningen, en ruimtelijke inpassing. De term 'handdoekje leggen' wat de laatste jaren in leven is geroepen is te begrijpen maar ook te verklaren. Er is veel onduidelijkheid hoeveel vrije capaciteit er per station is, dus doen ondernemers meerdere transport verzoeken om informatie te krijgen. Daarnaast is het verkrijgen van grond en vergunning ook zeer lastig, met name in Nederland. Dit zorgt er ook voor dat er op meerdere plekken alvast een aanvraag gedaan wordt, want wachten op de grond of vergunning is simpelweg niet rendabel. Tegenwoordig zijn ook veel aanvragen komen te vervallen waardoor de wachtrij weer iets 'schoner' is.

Verwachtingen 2026 2027

De verwachting voor 2026 en 2027 laten een verdere forse groei zien in het opgesteld elektriciteitsopslag capaciteit groter dan 0.1MWh. Met 4.2GWh (base case 2026) en 9.5GWh (basecase 2027) laten jaarlijkse verdubbeling van capaciteit. Deze voorspelling zijn gebaseerd op huidige trend van geïnstalleerd vermogen, publieke aankondigingen en plannen van ondernemers. De voorspelling is dat er in 2027 een aantal grote batterij project klaar zijn met de bouw en aangesloten kunnen worden.

Hoe verder in de toekomst, hoe onzekerder de voorspellingen worden. Beleid van de Nederlandse overheid, netcongestie en netkosten, vertragingen in de bouw of leveringen, prijs van batterij systemen en de baten op de spot- en balanceringsmarkten spelen o.a. allemaal een belangrijke rol. Er is dan ook een foutmarge opgenomen van 23%, 33% en 43% (boven en naar beneden) voor de jaren 2025, 2026 en 2027. De thuisbatterij en mobiele energieopslag systemen zijn niet meegenomen in deze trendanalyse.

Hoewel de prognoses wijzen op een forse groei van energieopslag in Nederland, is de praktijk complexer en uitdagender geworden. Voor ontwikkelaars en eigenaren nemen de risico's merkbaar toe: het rondkrijgen van een sluitende businesscase wordt moeilijker door stijgende transporttarieven en onzekerheid rond netaansluitingen, terwijl het vertrouwen in de houdbaarheid van vergunningen en contracten onder druk staat door een wispelturig en versnipperd beleidslandschap. De invoering van de Omgevingswet, in combinatie met uiteenlopende visies van provincies, gemeenten en waterschappen, zorgt voor een lappendeken van regels zonder duidelijke landelijke lijn. Daarbij komt dat energieopslag voor veel beleidsmakers nog nieuw terrein is, waardoor eerste aanvragen vaak met terughoudendheid en wantrouwen worden behandeld. Dit leidt tot vertragingen en soms zelfs afwijzingen, zoals bij het project van ABO Energy dat ondanks instemming van gemeente en netbeheerder door de provincie werd tegengehouden.

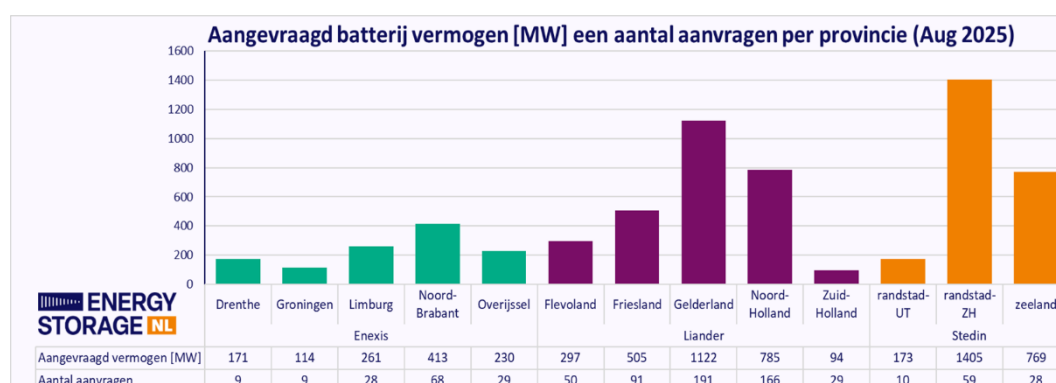
Figuur 4.11 Trendanalyse vanaf 2024 en 2025 op basis van historische data en aankondigingen.

De realisatie van opslagsystemen in de Gebouwde omgeving, Commercie & Industrie en Utiliteit zijn sterk afhankelijk van diverse randvoorwaarde, zoals netcapaciteit en vergunningverlening. Vanaf 2027 is de verwachting dat er een aantal grote batterij systemen live gaan.

Kortom: de realisatie van energieopslag in Nederland wordt geremd door onzekerheid, versnipperd beleid en gebrek aan bestuurlijke ervaring. Wil de sector daadwerkelijk het verwachte groeipad realiseren, dan is een consistente, voorspelbare en samenhangende beleidsaanpak noodzakelijk – één die vertrouwen geeft aan investeerders én de voortgang van projecten niet onnodig belemmert.

Transport aanvragen t.b.v. batterijen bij de Netbeheerders

De transportaanvragen voor batterijen bij de netbeheerders laten aanzienlijke aantallen zien. Enexis, Liander, Stedin en TenneT hebben hiervoor data aangeleverd. In bijlage 0C wordt dieper ingegaan op de gegevens van de regionale netbeheerders.

Figuur 4.12 Totaal aantal batterij aanvragen en afneemvermogen uitgesplitst per provincie. Het totaal bedraagt 6,3 GW over 767 aanvragen bij de regionale netbeheerders Stedin, Enexis, Liander.

Het totale aangevraagde vermogen bij de regionale netbeheerders (6339 MW) is significant – ter vergelijking: dit is ruwweg equivalent aan de output van meerdere kerncentrales of grote windparken, wat wijst op een sterke groei in energietransitie of elektrificatie. Ongeveer 80% van de aanvragen zijn voor co-located systemen, en 40% van het aangevraagd vermogen (MW) is voor co-located. Het grootste verschil met de data van 2024 is dat Enexis nog gebruikt maakte van een interesselijst, waar iedereen zonder voorwaarden zich voor kon aanmelden. In 2025 gebruikt Enexis een wachtlijst, waar alleen partijen op staan die een aansluiting hebben of opdracht hebben gegeven op een offerte. Dit heeft het aantal aanvragen sterk verminderd.

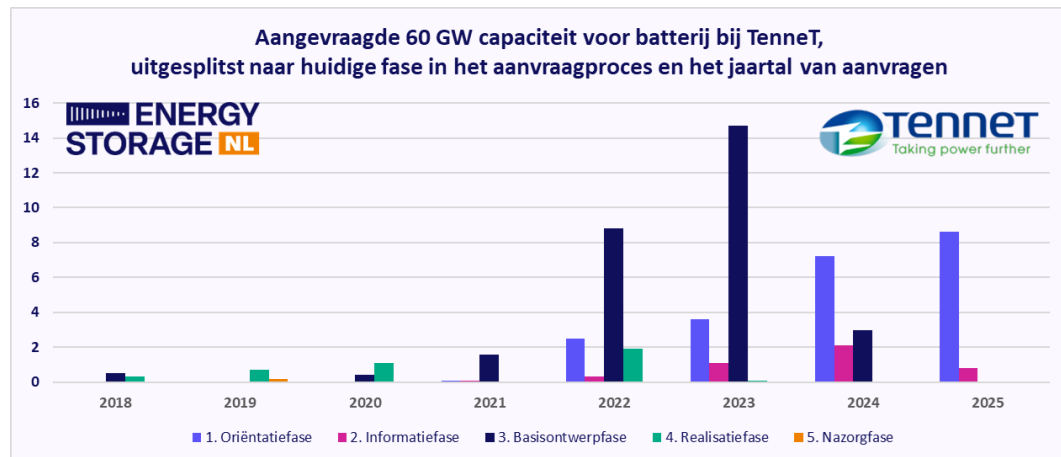
TenneT meldt een wachtlijst van **60 GW** in Nederland, verdeeld over **232 aanvragen** voor aansluiting op het hoogspanningsnet. Van deze aanvragen betreffen **199 nieuwe aansluitingen** en **33 uitbreidingen** (voornamelijk co-locaties).

Qua projectfase ziet de verdeling er als volgt uit:

- 74 in de oriëntatiefase;
- 39 in de informatiefase;
- 102 in de basisontwerpfase;
- 14 in de realisatiefase;
- 3 in de nazorgfase.

Een deel van de aanvragen stamt nog uit de periode **2018–2020**, maar het merendeel is ingediend sinds **2022**.

Figuur 4.13 Wachtrij van batterij aanvragen bij TenneT (hoogspanning) in de verschillende fase en jaar van aanvraag.



De wachtlijst is inmiddels reduceerd van >70 GW naar 60 GW, waar aanvragen in de oriëntatiefase zijn doorgestroomd of teruggetrokken. De realisatiefase is gegroeid van 3 GW naar 4 GW.

4.1.3 Belangrijke ontwikkelingen

Relevante beleidsontwikkelingen

Toegenomen beleidsmatige aandacht voor elektriciteitsopslag

Uit interviews met beleidsmakers en marktpartijen blijkt dat de aandacht voor elektriciteitsopslag de afgelopen periode aanzienlijk is toegenomen, met name in het kader van het *Landelijk Actieplan Netcongestie* (LAN). Dit plan beoogt oplossingen voor de toenemende druk op het elektriciteitsnet en stimuleert onder meer de implementatie van flexibele contractvormen, zoals het *Tijdsduurgebonden Transportrecht* (TDTR). TDTR-contracten verlenen transportcapaciteit voor specifieke perioden binnen het jaar, wat investeringen in elektriciteitsopslag aantrekkelijker maakt. Door deze contractvorm kunnen gebruikers het net blijven gebruiken, zelfs tijdens congestieperiodes, mits zij opslag toepassen om piekbelasting te vermijden.

Omgevingsveiligheid van lithium-ion energieopslagsystemen

De sterke toename van grootschalige energieopslagsystemen (EOS) in Nederland, met name op basis van lithium-ion technologie, heeft geleid tot intensieve beleidsmatige en technische aandacht voor fysieke en omgevingsveiligheid. Centraal hierbij staan de *PGS 37-1*-richtlijn en de door het RIVM ontwikkelde *rekenmethode omgevingsveiligheid*, beide gericht op het beheersen van risico's zoals brand, explosie en emissie van giftige gassen bij thermal runaway. De PGS 37-1 biedt een sectorspecifiek, breed gedragen veiligheidskader met nadruk op preventieve bronmaatregelen zoals certificering (UL9540A), modulaire thermische isolatie en intelligente batterijmanagementsystemen. De RIVM-rekenmethode daarentegen hanteert een probabilistische benadering, waarbij risicocontouren worden bepaald op basis van faalkans en effect. De rekenmethode kent zowel vaste afstandstabellen (vaak 40–45 meter) als flexibele berekeningsopties op basis van testdata waar doorgaans afstanden van 0-5m PR-contour uitkomen, maar vereist toegang tot specialistische kennis en software, wat kleinere partijen belemmert. De sector pleit daarom voor realistischere aannames, snellere herzieningen en betere afstemming met Europese regelgeving. Zonder deze aanpassingen bestaat het risico dat omgevingsveiligheidseisen projectontwikkeling vertragen, tot hogere kosten leiden en zelfs averechts werken op de energietransitie, doordat veilige opslagoplossingen worden verdrongen door dieselalternatieven in tijdelijke toepassingen.

Recyclingverplichtingen voor lithium-ion houdende energiedragers in het kader van de Europese Batterijenverordening

Met de inwerkingtreding van de Europese Batterijenverordening op 18 augustus 2025 worden producenten en importeurs van industriële batterijen, ongeacht chemische samenstelling, merk of herkomst, verplicht tot het organiseren van de inzameling en verwerking van gebruikte batterijen. Deze uitgebreide producentenverantwoordelijkheid heeft directe implicaties voor partijen actief in energieopslag, van residentiële systemen tot grootschalige batterijsystemen. Producenten kunnen hun verplichtingen individueel invullen - met aanzienlijke administratieve lasten en vereisten vanuit Rijkswaterstaat - of collectief via een producentenorganisatie. Holland Solar en Energy Storage NL pleiten voor een collectieve aanpak met wettelijk verplichte deelname (AVV) om freeriders en marktverstoring te voorkomen. Cruciale randvoorwaarden voor een werkbaar systeem zijn een duidelijke afbakening van de productscope, effectieve handhaving op niet-deelnemende importeurs, en de vormgeving van een financieel robuust systeem dat toekomstige inzamel- en verwerkingskosten afdekt via een verwijderingsbijdrage. Een bijdrage van circa €3,00 per kilogram wordt hierbij als uitgangspunt genomen, maar vereist nadere onderbouwing op basis van recycleerbaarheid en lifecycle-

analyse. Stichting OPEN wordt gezien als potentiële uitvoeringsorganisatie, maar alternatieven worden overwogen indien noodzakelijke randvoorwaarden uitblijven. Voor de energieopslagsector betekent dit dat recycling en end-of-life-management voortaan integraal onderdeel moeten zijn van ontwerp, prijsstelling en markttoetredingsstrategieën.

Afbouw salderingsregeling als investeringsprikkels

In 2025 heeft de Nederlandse overheid de versnelde afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers doorgezet, waarmee het financieel minder aantrekkelijk werd om overtollige zonnestroom terug te leveren aan het net. Als gevolg hiervan is de belangstelling van huishoudens en bedrijven voor kleinschalige batterijopslag sterk toegenomen. Door opslag toe te passen, kunnen zij de zelfconsumptie van zonnestroom maximaliseren en de kosten van teruglevering minimaliseren.

Structurele netcapaciteitsproblemen

Begin 2025 werd een groot deel van Nederland geconfronteerd met structurele netcongestie. In veel regio's konden nieuwe aansluitingen of teruglevering van zonne-energie niet worden gerealiseerd vanwege capaciteitsbeperkingen op het middenspannings- en hoogspanningsnet. Deze situatie fungeerde als directe stimulans voor investeringen in decentrale energieopslag, die noodzakelijk werd geacht voor de realisatie van nieuwe duurzame energieprojecten.

Relevante technologische ontwikkelingen

De afgelopen 18 maanden is er aanzienlijke vooruitgang geboekt in batterijtechnologie, met implicaties voor elektrische voertuigen (EV's), grootschalige netopslag en particuliere toepassingen. De ontwikkelingen zijn vooral zichtbaar op vier niveaus: [materiaalinnovaties](#), [productie & recycling](#), [veiligheid & systeemintegratie](#), en [nieuwe batterijconcepten](#). Door deze innovaties worden de systemen kwalitatief beter, veiliger, betrouwbaarder, en door schaalvergroting ook goedkoper. Ondanks de aandacht voor nieuwe batterijchemieën zoals natrium-ion en solid-state, lossen verbeteringen in [LFP-batterijen](#) momenteel veel bestaande problemen op, waardoor alternatieven minder aantrekkelijk worden.

Materiaalinnovaties

- **Solid-State Batterijen:** Deze batterijen gebruiken vaste elektrolyten (keramiek, sulfiden of polymeren) in plaats van vloeibare elektrolyten. Hierdoor zijn ze veiliger en kunnen ze hogere spanningen en energiedichtheden (>400 Wh/kg) bereiken. Toyota heeft aangekondigd rond 2027 te mikken op commerciële productie. Uitdagingen zijn o.a. beperkte laadsnelheid, dendrietvorming en prestatieverlies bij lagere temperaturen.
- **Silicon-Anode Batterijen:** Silicium kan theoretisch tien keer meer lithium-ionen opslaan dan grafiet, wat de energiedichtheid van batterijen verhoogt. Door gebruik van nanostructuren en elastische binders wordt de volumetoename tijdens lading beperkt. Dit maakt ze zeer kansrijk voor EV's met langere actieradius.
- **Natrium-Ion Batterijen:** Hoewel de energiedichtheid lager ligt (~100–160 Wh/kg, ongeveer de helft van lithium-ion), bieden ze belangrijke voordelen: lagere kosten, gebruik van ruim beschikbare materialen en betere prestaties bij lage temperaturen. Bedrijven zoals CATL en BYD werken aan grootschalige toepassing, met name in stedelijke distributievoertuigen en stationaire opslag.
- **Zinc-air batterijen voor Long Duration Energy Storage (LDES):** Zinc-air batterijen gelden als een veelbelovende oplossing voor lange termijn energieopslag (>100 uur). Ze

onderscheiden zich door: grondstofvoordelen: gebruik van overvloedig, goedkoop en niet-kritisch zink; vermijden van lithium en kobalt. Veiligheid: waterige elektrolyten, geen brand- of explosierisico. Duurzaamheid & prijs: intrinsiek circulair en aantrekkelijk voor toepassingen in seizoensopslag en netbalanceren. Nederlandse en Europese strategieën voor elektrificatie en netstabilisatie noemen zinc-air expliciet als prioritaire richting naast flow- en natriumbatterijen, juist vanwege hun potentieel voor seizoensopslag en clean peaker plants. Huidige markt (2025): ca. **\$419 miljoen**. Verwachte groei: **6–7% CAGR → \$700 miljoen in 2033**.

Productie en Recycling

- Procesinnovatie: Droogcoating van elektroden en verbeterde recyclingprocessen verlagen energieverbruik en CO₂-uitstoot in de productie.
- Recycling en tweede levensfase:
 - Hydrometallurgische recycling maakt efficiënter terugwinnen van lithium, nikkel en kobalt mogelijk.
 - Second-life toepassingen: EV-batterijen worden hergebruikt in stationaire opslag, wat de levensduur van het materiaal verlengt en de circulariteit versterkt.

Veiligheid en Systeemintegratie

- Thermisch management: Integratie van vloeistofkoeling en phase change materials (PCM's) beperkt oververhitting.
- Zelfblussystemen: Brandwerende aerosols en sensorgebaseerde automatische systemen reduceren het risico van thermische runaway.

Slimme energiebeheersystemen/ batterijbeheersystemen (EMS/BMS) en AI

- Betere intelligentie in batterijbeheer levert betere resultaten op, met potentiële omzetsstijgingen van ongeveer 15% die haalbaar zijn door slimmer gebruik van bestaande hardware. Veel investeerders in energieopslag richten zich op handelsoptimalisatie en markt-biedstrategieën, maar onderschatten vaak de significante impact van technische prestaties en intelligent hardwarebeheer op de omzet.
- Multi-cell aansturing: BMS-innovaties kunnen nu op cell niveau aansturen i.p.v. alleen op module niveau. Dit vergroot de levensduur en veiligheid van de batterij.
- Geavanceerde voorspellende software voor batterijen kan veiligheid, prestaties en levensduur optimaliseren door basisgegevens zoals spanning, stroom en temperatuur te analyseren. Door batterijen te benchmarken en problemen zoals veroudering, prestatieverlies en onevenwichtigheden te identificeren, kunnen bedrijven concrete inzichten krijgen om efficiëntie en winstgevendheid te verbeteren.
- Vehicle-to-Grid (V2G): EV's kunnen via EMS als gedistribueerde opslag bijdragen aan netstabiliteit.

Nieuwe concepten voor grootschalige Opslag

- **Flow Batterijen:** Vooral van belang voor stationaire, grootschalige netopslag. Hun schaalbaarheid wordt vergroot door onderzoek naar organische en metaalvrije elektrolyten.
- **Efficiëntie en levensduur:** Nieuwe generaties bereiken tot 10.000 cycli, waardoor de Levelized Cost of Storage aanzienlijk daalt.
- **Plug-and-play systemen:** In de particuliere sector nemen kant-en-klare oplossingen toe, die installatie vereenvoudigen en adoptie versnellen.

4.1.4 Uitdagingen en kansen

Juridische onzekerheid leidt tot rem op investeringen

Het huidige juridische kader voor elektriciteitsopslag is onduidelijk en versnipperd, wat investeringen belemmert. Vergunningstrajecten zijn complex, o.a. door de nieuwe omgevingswet (zie hoofdstuk 3.6.5) en er zijn verschillen per veiligheidsregio als het aankomt op veiligheidseisen. Daarnaast ontbreekt het vaak aan tijdige en transparante netinformatie vanuit netbeheerders, waardoor vroegtijdige netbewuste ontwerpkeuzes moeilijk zijn. Deze onzekerheid voor projectontwikkelaars zorgt ervoor dat investeringen in deze opkomende markt naar onze buurlanden verschuiven.

Gebrek aan nationale visie op opslag (zie hoofdstuk 3.1.2)

Marktpartijen ervaren belemmering bij het ontbreken van een heldere, nationale visie op energieopslag en dit leidt tot vertraging. Gemeenten, provincies en RES-regio's hebben behoefte aan richting en eenduidige kaders vanuit het rijk. Vragen zoals: "Waarom hebben zoveel opslag nodig?" "Waarom moet dat in mijn provincie of gemeente?" worden terechtgesteld door de gemeente bij een vergunningsaanvraag en zouden nationaal beantwoord moeten worden. Deze nationale strategie ontbreekt nu, waardoor lokaal beleid inconsistent is en projecten stagneren. Er is behoefte aan landelijke richtlijnen die verduidelijken welke rol opslag speelt in de energietransitie en hoe dit praktisch kan worden ingepast.

Uitdagingen in de batterijen markt: transparantie en strategische afhankelijkheid

De consumenten en gebouwde omgeving markt voor elektriciteitsopslag met batterijen bevindt zich nog in een pril stadium en is kwetsbaar. Verschillende risico's spelen een rol. Sommige aanbieders doen misleidende uitspraken over prestaties of terugverdiëntijd, leveren producten die niet altijd veilig zijn, of geven onvoldoende duidelijke informatie over de werking van hun systemen. Daarnaast kan een energiemanagementsysteem (EMS) beperkt compatibel zijn en alleen functioneren met specifieke apparaten of diensten van één leverancier. Dat beperkt de keuzevrijheid van gebruikers en kan leiden tot afhankelijkheid van één partij (vendor lock-in). Ook zijn er zorgen over de bescherming van persoonlijke gegevens, met name bij systemen die veel data verzamelen en verwerken (cloud-gestuurde EMS-systemen).

Tegelijkertijd wordt de markt sterk beïnvloed doordat batterijsystemen vrijwel altijd samen met een EMS worden aangeboden. Dit bepaalt het speelveld voor de komende jaren. Vragen als: *Wie bezit de data, waar wordt die opgeslagen en hoe goed is die beschermd tegen misbruik of aanvallen?* zijn hierbij cruciaal. Partijen die de controle krijgen over deze datastromen, verwerven niet alleen een technische maar ook een commerciële en geopolitieke sleutelpositie.

Onvoldoende inzicht in opslagcapaciteit en beperkte kennisdeling

Om de veiligheid en betrouwbaarheid van het elektriciteitsnet te waarborgen, is in Nederland een registratieplicht ingesteld voor batterijsystemen met een vermogen van **0,8 kW of groter** (RVO 2025). Deze verplichting geldt zowel voor residentiële toepassingen (zoals thuisbatterijen) als voor grootschalige installaties in de zakelijke markt, zonne- en windparken of systemen met een directe netaansluiting.

De registratie vervult meerdere functies. Enerzijds biedt zij [inzicht in de geografische spreiding en het totale vermogen van batterijsystemen](#), hetgeen essentieel is voor de planning en belastingprognoses van netbeheerders. Anderzijds ondersteunt de registratie de naleving van Europese en nationale regelgeving rondom elektriciteitsopslag en draagt zij bij aan een betere integratie van hernieuwbare energie in het energiesysteem. Transparantie over locatie en capaciteit maakt het mogelijk om de rol van batterijen in flexibiliteitsmarkten en netbalance-ringsdiensten beter te verankeren, wat de economische waarde van opslagsystemen vergroot. Energy Storage NL roept de sector dan ook op om batterij te laten registreren.

4.2 Warmteopslag in Nederland in 2025

Samenvatting:

Warmteopslag kent in Nederland een breed scala aan toepassingen, variërend van kleinschalige huishoudens (boilers, PCM-systemen) tot grootschalige installaties in glastuinbouw, warmtenetten en utiliteitsbouw. Het aantal installaties wordt grotendeels bepaald door kleinschalige particuliere toepassingen, maar het zwaartepunt van de capaciteit ligt bij grotere collectieve systemen. De belangrijkste technologieën zijn:

- **Warmtenetten** – nemen met enkele MT en HT-ATES⁴⁹ systemen ca. **40% van de totale opslagcapaciteit** voor hun rekening.
- **Glastuinbouw** – goed voor ca. **30% van de capaciteit**, voornamelijk via seizoensgebonden warmtebuffers.
- **Gebouwde omgeving** – ca. **15% van de warmteopslag capaciteit**, met name via collectieve oplossingen zoals PTES⁵⁰ of LT-ATES⁵¹. Er zijn 3.500 systemen volgens TNO. Deze techniek domineert de utiliteitsbouw (kantoren, ziekenhuizen, scholen, musea, winkelcentra) en collectieve woningbouwprojecten.
- **Particulieren warmteopslag** telt naar schatting 100.000 - 1.000.000 systemen en verwacht een verdrievoudiging van verkochten systemen in 2026, o.a. gedreven door groeiende vraag naar zelfconsumptie.

De overheid ziet warmteopslag steeds meer als sleuteltechnologie voor flexibiliteit in het warmtesysteem, vooral in combinatie met zonthermie, geothermie en restwarmte. Toch blijft de uitrol achter door:

- **Trage vergunningverlening** en mismatch tussen subsidie tijdslijnen.
- **Beperkte marktinkomsten** door slecht waardering van de waarde van warmte, hoge energiebelasting (elektriciteit), en ongelijk speelveld tussen technologieën waardoor warmteopslag zich nauwelijks terugverdiend zonder specifieke aanvullende prikkels.

Zonder versnelling in vergunningverlening, eenduidige beleidskaders en betere verdienmodellen dreigt warmteopslag achter te blijven bij de groei van hernieuwbare warmtebronnen.

⁴⁹ Midden- en Hoge Temperatuur Aquifer Thermal Energy Storage

⁵⁰ Kuil thermische opslag

⁵¹ Lage Temperatuur Aquifer Thermal Energy Storage

4.2.1 Technologieoverzicht

Warmteopslag, of thermische energieopslag (TES), omvat technologieën die warmte of kou opslaan voor later gebruik. Warmteopslag is vooral relevant op lokaal niveau, omdat bij transport veel warmte verloren gaat. Daarom is het met name effectief in stedelijke, dichtbevolkte gebieden en bij industrie. Ongeveer de helft van het totale energieverbruik in Nederland wordt bepaald door de warmtevoorziening. Met de overgang van gas naar alternatieve warmtebronnen zal het in het toekomstige energiesysteem vaker nodig zijn om vraag en aanbod op verschillende tijdschalen op elkaar af te stemmen.

Tabel 4.2 geeft een overzicht van de verschillende technologieën die in de technologiegroep voor thermische energieopslag vallen en hun Technology Readiness Level.

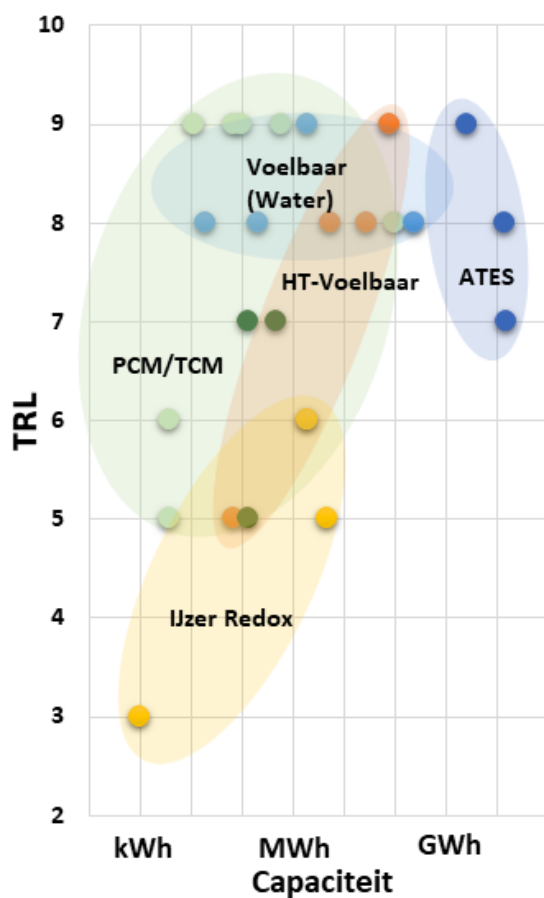
Tabel 4.2 TRL niveaus thermische energieopslagtechnologieën

Type	Status
Warmtebuffer (huis & wijk) (TTES)	Ontwikkeld (TRL 9-11)
Warmtebuffer (Industrie) (TTES)	Ontwikkeld (TRL 9-11), seizoensopslag nog in experimentele fase (TRL 6-7)
Ondergrondse opslag in aquifers (ATES)	Ver in ontwikkeling (TRL 7-8)
Warmte-koudeopslag (WKO): open bodemenergiesystemen	Ontwikkeld (TRL 9-11)
Aardwarmte: gesloten bodemenergiesystemen (BTES)	Ver in ontwikkeling (TRL 7-8)
Thermische adsorptie	In ontwikkeling (TRL onbekend)
Faseovergangsmaterialen (PCM): gesmolten zout, ijsbuffers	In ontwikkeling (TRL 6-9)
Vaste stof (beton, steen)	Ontwikkeld (TRL 9-11)

Bron: analyse Ecorys, gebaseerd op de Routekaart Energieopslag (2023).

In [Figuur 4.14](#) zijn de verschillende warmteopslagtechnieken gevisualiseerd en uitgezet tegen de typische opslagcapaciteit per technologie.

Figuur 4.14 Aangegeven TRL en capaciteit per opslagtechnologie



Bron: Innovatieroadmap warmteopslag en internationale assessment warmteopslag van TKI Urban Energy, TNO en RVO (2024). Ieder punt (bolletje) is de aangegeven staat van een commerciële partij in Nederland. Legenda: voelbare opslag met water: lichtblauw; ATEs: donkerblauw; HT-voelbare opslag: oranje; PCM: lichtgroen; TCM: donkergroen; Redox: geel.

4.2.2 Marktstatus

Belangrijke spelers

Tabel 4.3 toont een overzicht van de belangrijke spelers in de elektriciteitsopslagmarkt per marktrol. Nederland kent ongeveer een twintigtal ontwikkelaars van warmteopslag systemen. Er zijn momenteel veel ontwikkelaars van warmteopslag technologie actief en verschillende technieken staan op het punt om de markt te betreden.

Tabel 4.3 Overzicht van belangrijke spelers in de warmteopslag per marktrol

Marktrol	Omschrijving	Voorbeelden
Producent / ontwikkelaar	Produceert de warmteopslagtechnologie zoals warmtebuffertanks, ondergrondse systemen (WKO, MTO, HTO), voelbare warmteopslag in water, hoge temperatuur systemen, Phase Change Materials (PCM's), thermochemische materialen (TCM's) en redox warmteopslag. Verantwoordelijk voor innovatie, ontwerp en implementatie van nieuwe producten.	IF Technology, HoCoSto, Newton Energy Solutions, G2Energy, CESAR, EnergyNest, Brabotech, SolarEis, Orange Climate, Triple Solar (i.s.m. SunAmp), DuraFlow,, Cellcius, ThermoVault, RIFT, Ecovat, HyKro, BBOne, Solyx Energy
Gebruiker	Eindgebruiker van warmteopslagsystemen, variërend van huishoudens en kleine bedrijven tot grote industriële bedrijven en warmtenetten.	Energiebedrijven (bijv. Vattenfall, Eneco), huishoudens, industrie (bijv. chemische en voedselindustrie).
Leverancier van grondstoffen	Levert essentiële grondstoffen nodig voor het produceren van de warmteopslagtechnologie, zoals zouten voor thermochemische opslag, materialen voor PCM's of water voor voelbare opslag.	Hygro, Lens, Metalot Future Energy Lab, Nobian Industrial Chemicals.
Investeerder	Investeert kennis of kapitaal in warmteopslag voor onderzoek, ontwikkeling of uitbreiding. Kan variëren van venture capital tot particuliere investeerders en institutionele beleggers.	Banken, private equity, verzekeraars, InvestNL, Klimaatfonds Nederland.
Kennisinstituut	Voert onderzoek uit en biedt technische expertise om ontwikkeling en innovatie van nieuwe warmteopslagtechnologieën te ondersteunen.	Universiteiten (bijv. TU Eindhoven, VU Amsterdam, TU Delft, Twente), IEA, TNO, KWR.
Belangenorganisatie	Vertegenwoordigt de belangen van bedrijven in de warmteopslagsector. Promoot de voordelen, lobbyt en informeert het publiek over de voordelen van warmteopslag.	ESNL (Energy Storage NL), EASE, EnergieNederland, Netbeheer Nederland, Stichting Warmtenetwerk.
Subsidieverstrekker	Biedt investeringen en subsidies aan bedrijven en projecten in de warmteopslagsector.	RVO, TKI's, Invest-NL, EU-grant's
Digitale bedrijven (softwareleveranciers)	Ontwikkelen en leveren software voor het optimaliseren, monitoren en beheren van warmteopslagsystemen.	Sympower, Gridflex, Nedap.
Veiligheid en testbedrijven	Bieden diensten voor het testen en certificeren van warmteopslagsystemen.	SOCOMEK, Kema Labs, CTS Nederland.

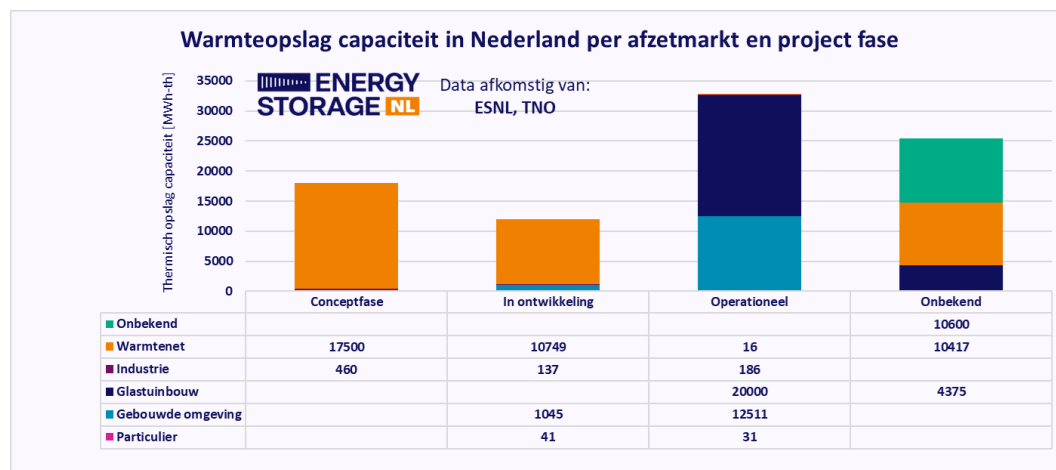
Let op: Dit is geen uitputtende lijst; er zijn nog veel meer belangrijke spelers per marktrol. Kijk voor meer informatie op www.energystoragenl.nl/id/

Marktomvang warmteopslag

Betrouwbare publiek beschikbare gegevens over de omvang van de Nederlandse warmteopslagmarkt (zoals het aantal geïnstalleerde systemen, hun vermogen en opslagcapaciteit) zijn helaas beperkt. Daarom is in het kader van dit marktonderzoek een enquête uitgezet onder relevante marktpartijen en zijn aanvullende databronnen gebruikt (a.o. TNO) om de gegevens aan te vullen. Op basis van de verkregen data kunnen we een voorzichtige inschatting maken van de huidige marktstatus en verwachtingen ten aanzien van de toekomstige groei.

Via de enquête zijn gegevens verzameld over circa **3.500 warmteopslaginstallaties**, met een gezamenlijk opslagcapaciteit van circa **88 GWh**. Van de warmteopslagprojecten die via de survey zijn geïnterviewd, bevindt zich ongeveer de helft nog in de ontwikkelingsfase – betreffende vooral huishoudelijk, PTES, en industriële warmteopslag systemen. De meeste respondenten geven aan dat de gemiddelde doorlooptijd⁵² van hun opslagprojecten **2 tot 3 jaar** betreft.

Figuur 4.15 Warmteopslag capaciteit in Nederland per afzetmarkt en projectfase



Bron: Ecorys & Energy Storage NL energy storage market survey (2025). De grootste capaciteiten komen terug in enkele MT-ATES (25-60 °C) en HT-ATES (>60 °C) systemen. De grootste aantallen zijn vooral bij particulieren te zien.

Naast de circa 3.500 installaties⁵³ die via de enquête zijn geregistreerd, bestaan er volgens TNO naar schatting meer dan 3.500 lage-temperatuur ATES-systemen (LT-ATES, <25 °C) in Nederland - variërend van 20.000 tot >5.000.000 m³ opslagcapaciteit per systeem - en meer dan 130.000 gesloten systemen (GBES) actief in Nederland⁵⁴. Er wordt geschat dat er inmiddels tussen de 100.000 en 1.000.000 warmteopslagsystemen in Nederlandse woningen aanwezig zijn. Energy Storage NL verwacht dat het aantal verkochte systemen in het particuliere segment in 2026 zal verdrievoudigen door opschaling van productie en toenemende vraag van zelfconsumptie.

⁵² De doorlooptijd verwijst hier naar de tijdsduur tussen projectstart (initiatie, conceptontwikkeling) tot volledige oplevering/inbedrijfstelling van een energieopslagproject.

⁵³ Variërend naar technologie en jaar van realisatie

⁵⁴ Innovation roadmap warmteopslag, TNO 2024

Tabel 4.4 **Overzicht van de huidige marktpenetratie van warmteopslagtechnologie in Nederland volgens de Routekaart energieopslag, aangevuld met survey data Energy Storage NL en TNO data.**

Technologie	Marktpenetratie in Nederland
Kleine warmwater tank woning (boilervat)	100.000 – 1.000.000
Lage temperatuur bodemenergie (ATES WKO, open, gesloten)	3.500+ open, ~130.000 gesloten
Midden- en hoge temperatuur ondergrondse opslag (MTO, HTO)	~10 gerealiseerd, ~5 in ontwikkeling
Hoge temperatuur gesloten bodemenergie (BTES)	Enkele
Warmteopslag in mijnen	Enkele
Kuil thermische opslag (PTES)	20+, groei 10+ (2027)
Grote warmwater tank (lange-termijn, lager vermogen) (TTES)	—
Thermochemische materialen (TCM)	Experimenteel
Redox warmteopslag	Experimenteel
Faseovergang (PCM)	Tientallen ijsbuffers, nichemarkten; gesmolten zout opkomend
Vaste stof (beton, steen)	Experimenteel, Industriële toepassing opkomend

De gemiddelde jaarlijkse groeivoet (CAGR) in de periode 2020 tot 2025 bedraagt circa **114% voor het aantal warmteopslaginstallaties** en **22% voor de warmteopslagcapaciteit**. Uitgaande van deze groeipercentages betekent dit dat het aantal installaties jaarlijks meer dan verdubbelt, terwijl de opslagcapaciteit jaarlijks met ongeveer een vijfde toeneemt. Dit duidt erop dat de markt vooral groeit in het aantal kleinere systemen, en dat grootschalige installaties, met hogere individuele capaciteit, nog relatief beperkt vertegenwoordigd zijn. Deze trend kan wijzen op een snelle adoptie in de particuliere sector en kleinschalige toepassingen, terwijl grootschalige collectieve en industriële systemen mogelijk een tragere marktintroductie kennen.

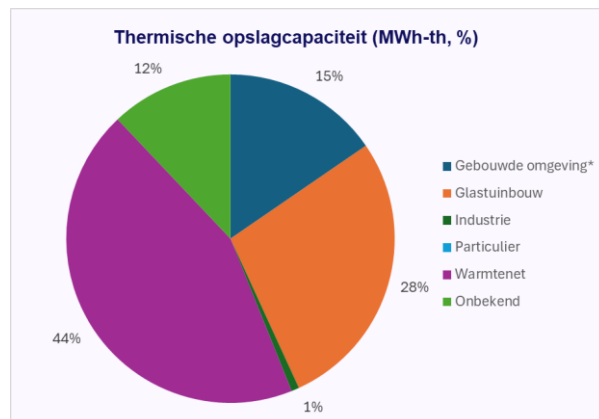
4.2.3 Belangrijke toepassingen

De Nederlandse warmtevraag wordt grotendeels bepaald door gebouwen die niet zijn aangesloten op warmtenetten, waardoor decentrale warmteopslag een cruciale rol speelt. Voor deze marktsegmenten zijn compacte oplossingen, zoals thermochemische materialen (TCM) en faseovergangsmaterialen (PCM), van bijzonder belang, aangezien ze hoge energiedichtheden combineren met schaalbaarheid in de gebouwde omgeving. Tegelijkertijd is er, mede door de geplande sterke groei van warmtenetten, ook behoefte aan grootschalige centrale systemen. Hiervoor zijn hoge-temperatuur aquiferopslag (HT-ATES), pit thermal energy storage (PTES) en tank thermal energy storage (TTES) onmisbaar, omdat zij de integratie van duurzame warmtebronnen in netwerken mogelijk maken en flexibiliteit in het systeem vergroten.

Van de huidige warmteopslagprojecten die via de survey zijn geïnventariseerd, is het merendeel bestemd voor toepassing in de particuliere sector, zoals woningen en kleine bedrijven. Kijken we naar de opslagcapaciteit (in MWh-th) van deze installaties, dan ontstaat een meer gebalanceerd beeld. Ongeveer **40%** van de capaciteit is gekoppeld aan

warmtenetten, gevolgd door de glastuinbouwsector (ongeveer 30%) en de gebouwde omgeving (ongeveer 15%). Hoewel het aantal installaties sterk wordt gedreven door kleinschalige, particuliere toepassingen, ligt het zwaartepunt van de daadwerkelijke opslagcapaciteit in Nederland dus bij grotere, collectieve systemen zoals warmtenetten en toepassingen in de glastuinbouw en gebouwde omgeving.

Figuur 4.16 Thermische opslagcapaciteit per sector. Noot: Het aandeel van de gebouwde omgeving is naar verwachting hoger wanneer de aanvullende gegevens van TNO worden meegenomen



Bron: Ecorys & Energy Storage NL energy storage market survey (2025)

De door TNO genoemde LT-ATES-systemen in Nederland die niet via de enquête zijn geregistreerd, werden naar verwachting voornamelijk toegepast in de gebouwde omgeving. LT-ATES is in Nederland vooral in gebruik in de utiliteitsbouw, zoals kantoren, ziekenhuizen, scholen, musea en winkelcentra. Daarnaast komt de techniek ook voor in de woningbouw, met name in collectieve systemen (warmtenetten) bij nieuwbouwprojecten.

Daarnaast zijn er in interviews inzichten opgedaan over de ontwikkeling van warmteopslag vanuit het gebruikersperspectief. Eén van de geïnterviewde partijen doet pilotprojecten met mobiele warmteopslag, en pioniert met verschillende vormen van energieopslag om hun locaties toekomstbestendig te maken. Bijvoorbeeld in het geval van tijdelijke (woon)locaties die slechts 3 tot 5 jaar kunnen worden benut, is er behoefte aan warm tapwater, wat voorzien kan worden op een compacte, mobiele, en emissievrije manier.

4.2.4 Belangrijke ontwikkelingen

Relevante beleidsontwikkelingen

De Nederlandse overheid erkent steeds nadrukkelijker het belang van warmteopslag als sleuteltechnologie binnen de energietransitie. In recente beleidsstukken wordt warmteopslag genoemd als essentieel onderdeel van een flexibel en duurzaam warmtesysteem, met name in combinatie met hernieuwbare bronnen zoals zonthermie, geothermie en restwarmte. Toch staat het ondersteunende beleid nog in de kinderschoenen.

Behoefte aan gerichte overheidssteun

Uit de survey onder marktpartijen blijkt dat er een duidelijke behoefte is aan gerichte overheidssteun. Respondenten geven aan dat financiële ondersteuning essentieel is om projecten te realiseren. Momenteel gaan er regelmatig start-up en scale ups failliet (zoals Cellcius, GroeneWarmte (vroeger Ecovat)) omdat er te weinig durf of opschalingkapitaal in Nederland te verkrijgen is. Warmteopslag projecten zijn in de regel kapitaal intensief en vereisen veel maatwerk.

Partijen noemen specifiek de [SDE++-subsidie](#) als cruciaal voor de ontwikkeling van projecten. Daarnaast speelt de [WBSO-regeling](#) een belangrijke rol voor R&D-activiteiten. Voor start-ups is het aantrekken van kapitaal in de vroege fase bijzonder lastig, wat de noodzaak onderstreept van toegankelijke financieringsinstrumenten gericht op jonge technologiebedrijven in de energietransitie.

Beleidsaandacht voor warmteopslag in gebouwen

De potentie van warmteopslag in de gebouwde omgeving wordt steeds vaker erkend, onder andere vanwege de bijdrage aan netflexibiliteit. Minister Hermans benadrukte recent dat warmtebatterijen kunnen helpen bij het lokaal balanceren van vraag en aanbod. Een belangrijke impuls komt vanuit de aanstaande herziening van de Europese [Energy Performance of Buildings Directive \(EPBD\)](#), die vanaf mei 2026 vereist dat ook opslag wordt meegenomen in de energieprestatieberekeningen van gebouwen. In lijn hiermee wordt in Nederland de [NTA8800](#) aangepast, mede dankzij inspanningen van Energy Storage NL en FME, zodat thermische opslag explicieter wordt gewaardeerd. Dit maakt investeringen in warmteopslag aantrekkelijker voor gebouw eigenaren, met onder meer betere energielabels en lagere energiekosten als resultaat.

Toch blijft het beleid op dit vlak voorzichtig. Warmteopslag wordt (nog) niet structureel gewaardeerd binnen de huidige [BENG-eisen](#), omdat tijdelijke opslag het gebouwgebonden energiegebruik niet direct verlaagt. Aanpassing van bestaande regelingen zoals de [ISDE](#), [EIA](#) en [BOSA](#) blijft voorlopig uit. De overheid verwijst in plaats daarvan naar bredere innovatieprogramma's zoals [DEI+](#) en [MOOI](#) - waardevol, maar vaak moeilijk toegankelijk voor kleinschalige of particuliere projecten.

Warmteopslag binnen warmtenetten

Een positieve uitzondering is de [WIS-regeling](#), die specifiek openstaat voor warmteopslag bij collectieve warmtenetten. Hiermee wordt een belangrijke stap gezet richting integrale warmteoplossingen, waarbij opslagtechnologie pieken op het warmtenet kan opvangen en duurzame bronnen efficiënter benut kunnen worden. Energy Storage NL ziet deze regeling als een direct resultaat van eerder onderzoek naar de maatschappelijke waarde van warmteopslag, in samenwerking met Invest NL.

Beleidsupdate en integratie in systeemdenken

In een recente Kamerbrief onderstreept de overheid het strategisch belang van warmteopslag in de energietransitie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen [kortetermijnopslag](#), zoals warmwaterbuffers voor dagelijkse pieken, en [seizoensopslag](#), bijvoorbeeld via ondergrondse systemen zoals [WKO](#) en [LT-ATES](#). Innovatieve vormen zoals [thermochemische opslag](#) en systemen met [faseovergangsmaterialen \(PCM's\)](#) worden genoemd als veelbelovende alternatieven, al bevinden deze zich nog vooral in de demonstratiefase.

Toch ervaren veel projecten belemmeringen: de businesscase is vaak zwak, onder andere door het ontbreken van passende tariefstructuren en onzekerheid over eigendom, aansprakelijkheid en regulering. Ook de [ruimtelijke inpassing](#), zowel ondergronds als bovengronds, vormt een knelpunt.

Om deze uitdagingen het hoofd te bieden, werkt het Rijk aan verankering van opslag in regelgeving, waaronder de herziening van de [Warmtewet](#), en aan betere borging binnen het [Nationaal Programma Lokale Warmtetransitie \(NPLW\)](#). Hierin wordt warmteopslag aangemerkt als structureel onderdeel van lokale warmteplannen. Ook worden nieuwe subsidiemogelijkheden verkend, zoals uitbreidingen op de SDE++.

Focus op innovatie en marktintroductie

De overheid investeert in kennisontwikkeling en opschaling via pilotprojecten en publiek-private samenwerkingen. Binnen de [Nationale Technologiestrategie \(NTS\)](#) is Energy Materials als prioriteit aangemerkt – een mogelijk toekomstig beleidskader voor warmteopslag. Concrete beleidsmaatregelen binnen dit programma worden echter pas in [Q3 2025](#) verwacht.

Relevante technologische ontwikkelingen

De warmteopslagsector in Nederland heeft zich in 2024–2025 sterk ontwikkeld. Zowel bestaande technologieën als innovatieve oplossingen hebben belangrijke stappen gezet richting bredere toepassing, hogere efficiëntie en betere integratie binnen stedelijke, agrarische en residentiële omgevingen. In deze reflectie worden de relevante technologische ontwikkelingen per opslagsysteem besproken, met nadruk op kansen en belemmeringen.

Lage Temperatuur Bodemenergie (ATES/WKO, Open en Gesloten systemen)

Warmte-koudeopslag (WKO) is een gevestigde technologie in Nederland, met meer dan 3.000 open systemen en tienduizenden gesloten systemen (GBES). De systemen functioneren doorgaans bij 5°C tot 25°C en maken gebruik van watervoerende lagen in de ondiepe ondergrond voor seizoensopslag.

In 2024 is de bestaande WKO-tool geoptimaliseerd. Deze verbetering maakt het mogelijk voor gemeenten en bedrijven om nauwkeuriger geschikte locaties voor WKO-systemen te identificeren. De integratie van geavanceerde geohydrologische data en AI-gestuurde modellering is hierbij cruciaal, omdat deze tools interferentie tussen systemen helpen minimaliseren.

Opvallend is de toename van WKO-toepassingen in dichtbevolkte gebieden, zoals Amsterdam en Utrecht. Een concreet voorbeeld is een groot kantorencomplex in de Zuidas dat in 2024 werd uitgerust met een open WKO-systeem. Dit leverde een energiebesparing van 30% op. Daarnaast is er een groeiende populariteit van gesloten systemen bij kleinere projecten, zoals individuele woningen. De invoering van nieuwe ontwerpnormen (BRL 11000) draagt bij aan hogere efficiëntie en duurzaamheid van deze installaties.

Tegelijkertijd blijven er aandachtspunten. De grondwaterkwaliteit en het risico op kortsluitstroming tussen watervoerende lagen vragen om zorgvuldige monitoring. De aangescherpte regelgeving voor afdichting van kleilagen in 2024 is een directe reactie op deze uitdagingen en moet lekkages voorkomen.

Midden- en Hoge Temperatuur Ondergrondse Opslag (MTO, HTO)

MTO- en HTO-systemen maken het mogelijk om warmte op te slaan bij respectievelijk 25-50°C en 60-90°C. Ze zijn geschikt voor integratie met bronnen zoals geothermie en industriële restwarmte, vaak in combinatie met warmtenetten.

In 2024 is het HTO-systeem bij Agriport A7 in Middenmeer verder geoptimaliseerd. Dit project slaat warmte op bij 85°C en heeft aangetoond dat het gasgebruik in glastuinbouwkassen met 40% kan worden verminderd. Het succes leidt in 2025 tot de start van drie nieuwe HTO-projecten in Drenthe en Zuid-Holland.

Het WarmingUP GOO-programma (voortbouwend op HEATSTORE) heeft in 2024 quickscans uitgevoerd voor HTO-toepassingen in onder andere Leeuwarden. Een proefboring aldaar bevestigde de technische haalbaarheid van HTO-opslag op dieptes tot 500 meter, met een rendement van 85-90%.

MTO-toepassingen worden steeds populairder bij kleinere warmtenetten van 50-200 woningen. Zo zijn in 2024 tien nieuwe MTO-systemen operationeel geworden in glastuinbouwgebieden in Drenthe. Ook juridisch zijn er stappen gezet: het voorlopige afwegingskader voor HTO-vergunningverlening is in 2024 geüpdatet, waardoor vergunningsprocedures efficiënter verlopen. Deze versoepeling verlaagt de drempel voor nieuwe HTO-projecten.

Desondanks blijven er risico's, zoals putverstopping en corrosie. Nieuwe coatings voor putwanden, getest in 2024, bieden perspectief om deze problemen te verminderen.

Hoge Temperatuur Gesloten Bodemenergie (BTES)

BTES-systemen maken gebruik van gesloten leidingsystemen in diepe verticale boringen (100-250 meter) en slaan warmte op bij hogere temperaturen. In 2024 zijn in Denemarken BTES-systemen succesvol gecombineerd met zonthermie voor toepassing in warmtenetten. In Nederland is in Nagele een pilot gestart waarbij een systeem met 150 meter diepe boringen warmte opslaat bij 70°C ten behoeve van een aardgasvrije woonwijk.

De efficiëntie van BTES is in 2024 verbeterd dankzij nieuwe warmtewisselaars met geavanceerde thermische geleidende materialen, wat een rendementsstijging van 10% opleverde. Toch blijven de hoge aanlegkosten en de beperkte schaalbaarheid een barrière. Voor 2025 wordt een subsidieregeling verwacht die deze projecten financieel aantrekkelijker moet maken.

Kuil Thermische Opslag (PTES)

PTES gebruikt grote, geïsoleerde waterkuilen voor seizoensopslag van warmte, meestal uit zonnecollectoren. Denemarken loopt voorop met een PTES-project in Aarhus van 50.000 m³ dat warmte opslaat bij 80°C.

In Nederland is in Nagele in 2024 een kleiner PTES-systeem (1.000 m³) operationeel geworden. Dit voorziet acht woningen van warmte en is ontwikkeld door HoCoSto. Ondanks eerdere financiële moeilijkheden toont dit project aan dat PTES ook op kleinschalig niveau toepasbaar is.

Er wordt gewerkt aan technologische verbeteringen: zo zijn aerogel-gebaseerde isolatieliners getest, waarmee het warmteverlies met 15% is verminderd. Een grote uitdaging blijft de ruimtelijke impact van deze systemen: per woning is 25–30 m³ opslagvolume nodig, wat hun toepassing in stedelijke omgevingen beperkt.

Grote Warmwater Tank (TTES)

TTES-systemen slaan warmte op in grote geïsoleerde watertanks, vaak voor seizoensopslag op wijkniveau. In 2024 ging GroeneWarmte (voorheen Ecovat) failliet, maar maakte een doorstart. In Arnhem is sindsdien een TTES-project opgestart met een ondergrondse tank van 32 meter doorsnede, die 500 appartementen van warmte voorziet. Het systeem behaalt een rendement van 90%.

Daarnaast introduceerde NESTore, een spin-off van TNO, een TTES-systeem met recyclebare isolatiematerialen, waarmee warmte wekenlang op hoge temperatuur kan worden opgeslagen met minimaal verlies. Belangrijke knelpunten blijven echter de hoge aanvangskosten en ruimtebehoefte. Een publiek-private samenwerking wordt in 2025 verwacht om financiering toegankelijker te maken.

Thermochemische Materialen (TCM)

TCM-systemen slaan warmte op in chemische bindingen van materialen zoals zouthydraten. Deze systemen bieden theoretisch verliesvrije opslag over lange perioden. Binnen TKI Urban Energy zijn in 2024 drie projecten gestart gericht op residentieel gebruik van zouthydraten. Een pilot in Delft liet zien dat opslag bij 70°C mogelijk is met een energiedichtheid die vier keer hoger is dan bij water.

Er zijn nieuwe reactorontwerpen getest om TCM-systemen beter schaalbaar te maken voor toepassingen op wijkniveau. Toch blijven de hoge kosten en technische complexiteit een obstakel. Verdere financiering wordt in 2025 verwacht om deze barrières te overwinnen.

Redox Warmteopslag (CLC)

Redox-systemen zoals Chemical Looping Combustion bevinden zich nog in de onderzoeksfase. In 2024 zijn binnen TKI Urban Energy laboratoriumtests uitgevoerd, die het potentieel voor verliesvrije opslag bevestigen. De lage efficiëntie vergeleken met directe opslagmethoden vormt echter een belemmering voor praktische toepassing. Verdere technologische ontwikkeling is vereist.

Kleine Warmwater Tank Woning (Boilervat)

Boilervaten blijven een gangbare oplossing voor kortetermijnopslag in combinatie met warmtepompen of zonnecollectoren. Solyx Energy bracht in 2024 een verbeterde Water Accumulator uit, met slimme regeling via Solar iBoost. Dit systeem won een innovatieprijs.

Ook HR Energy's Qube – een integratie van PVT-panelen, warmtepomp en boilervat – kreeg erkenning als Product van het Jaar. Het systeem werkt op 50°C en is ontworpen voor individuele woningen. Warmteverlies bij langere opslag blijft een aandachtspunt, en er wordt gewerkt aan betere isolatiematerialen.

Faseovergangmaterialen (PCM)

PCM's slaan warmte op via faseveranderingen bij constante temperatuur. In 2024 zijn in The Green Village (Delft) PCM-buffers getest voor vloerverwarming. Deze buffers reduceren het energiegebruik van warmtepompen met 20% doordat ze 's avonds warmte afgeven. Flamco's FlexTherm Eco is geoptimaliseerd voor tapwateropslag bij 70°C en gebruikt anorganisch zout. De stabiliteit van PCM's na meerdere cycli blijft een aandachtspunt. Nieuwe hybride PCM's met een levensduur van 50 jaar zijn in 2024 getest. Ook worden PCM's met ijs ontwikkeld door Solareis voor de gebouwde omgeving.

Vaste Stoffen (Beton, Steen)

Vaste stoffen zoals beton en steen bieden hoge thermische massa. Ecovat gebruikt een betonnen buitenmantel als warmtebuffer, wat in 2024 heeft bijgedragen aan stabiele opslag bij 80°C. In Utrecht is een pilot gestart waarin natuursteen wordt gebruikt in combinatie met zonthermie. Dit systeem behaalt een rendement van 85% bij temperaturen tot 90°C. De lage energiedichtheid van vaste stoffen beperkt de toepassing tot grootschalige systemen.

Tot slot

De Nederlandse warmteopslagsector heeft in 2024–2025 belangrijke stappen gezet in zowel technische als juridische zin. De variatie in opslagmethoden, van boilervat tot chemische opslag, zorgt voor flexibiliteit in toepassing, maar roept ook vragen op rond kosteneffectiviteit, schaalbaarheid en ruimtelijke inpassing. Verdere beleidsontwikkeling, financiële prikkels en samenwerking tussen overheid, markt en kennisinstellingen zijn noodzakelijk om de veelbelovende technologieën verder te brengen richting brede implementatie.

4.2.5 Uitdagingen en kansen

Beleid en subsidies

Een groot knelpunt ligt in de inrichting van beleid en subsidies. Subsidie- en vergunnings-trajecten sluiten niet goed op elkaar aan en zorgen voor financiële onzekerheid. Bedrijven kunnen vaak pas subsidie aanvragen nadat een vergunning is verkregen, terwijl dit proces veel tijd en geld kost. Bovendien sluit de SDE++-regeling niet goed aan bij de praktijk van warmteopslag, omdat deze technieken laag scoren in de CO₂-merit order. Dit komt doordat de regeling rekent met de gemiddelde elektriciteitsmix, terwijl warmteopslag juist vooral elektriciteit uit duurzame overschotten gebruikt. Innovatieve projecten vallen daarnaast vaak in een financieringsgat. De DEI+-regeling ondersteunt technieken die nog in een vroege fase zitten, terwijl de SDE++ pas bruikbaar is voor bewezen technologie. Voor warmteopslag-projecten in de overgangsfase ontbreekt een passend instrument. Ook wordt het aantal subsidieprojecten per techniek beperkt gehouden, waardoor opschaling moeilijk op gang komt.

Vergunningen

Vergunningstrajecten vormen een tweede remmende factor. Deze procedures duren vaak te lang en leiden tot aanzienlijke vertraging van projecten. Omdat bedrijven pas subsidie kunnen aanvragen nadat een vergunning is afgegeven, lopen zij grote financiële risico's. Dit is voornamelijk bij bedrijven die op project basis werken en de opbrengsten van het ene project nodig hebben om het volgende door te ontwikkelen. Daarnaast maken strenge eisen rond

stikstof, bouw en veiligheid het extra lastig om warmteopslag te integreren in bestaande fabrieken.

Business case en kosten

De business case voor warmteopslag is momenteel vaak ongunstig. Elektriciteit is duurder dan aardgas of restwarmte, waardoor het financieel onaantrekkelijk is om warmte uit elektriciteit te produceren. De terugverdientijd van projecten is doorgaans langer dan vijf jaar, terwijl bedrijven meestal alleen investeren in technieken die zich binnen drie tot vijf jaar terugbetalen. Daarbij komen nog de hoge kosten voor infrastructuur en integratie. Naast de investering in de opslag zelf zijn vaak dure aanpassingen nodig aan leidingen, kabels en installaties, waardoor de totale kosten sterk oplopen.

Netcongestie en nettarieven

Een vierde belangrijk knelpunt is de druk op het elektriciteitsnet. Er is onvoldoende capaciteit beschikbaar om de benodigde aansluitingen voor grootschalige warmteopslag te realiseren. Bedrijven moeten lang wachten op netaansluitingen en betalen hoge aansluit- en gebruikskosten. Bovendien heerst er grote onzekerheid over de ontwikkeling van toekomstige elektriciteitsprijzen en nettarieven. Dit maakt het opstellen van betrouwbare businesscases moeilijk en zorgt ervoor dat bedrijven investeringsbeslissingen uitstellen.

Investerings- en operationele risico's

Bedrijven zien warmteopslag ook als een risicovolle investering. Omdat de technologie nog relatief onvolwassen is (in het aantal zichtbare projecten), willen veel partijen – vaak grotere industrie – niet de eerste zijn die investeert omdat betrouwbaarheid van het productie proces het belangrijkste is. Zij vrezen de nadelen van het zogenoemde first mover-schap. Ook heerst er onzekerheid over de warmteafname. Wanneer een afnemer of leverancier wegvalt, kan dit grote financiële gevolgen hebben. Daarnaast vrezen bedrijven dat de integratie van warmteopslag in bestaande processen tot productieverstoringen kan leiden. Een uitgebreidere focus op MKB(+) voor het realiseren van warmteopslag project is dus aan te raden, maar deze groep is in de regel minder kapitaal krachtig.

Kennis, capaciteit en ruimte

Een ander knelpunt is het gebrek aan kennis, capaciteit en fysieke ruimte. Veel bedrijven en zelfs brancheorganisaties zijn onvoldoende bekend met thermische opslag en beschouwen de technologie als onvolwassen. Hierdoor is er weinig bereidheid om de overstap te maken. Bedrijven hebben bovendien vaak beperkte engineeringcapaciteit en richten zich liever op maatregelen die sneller resultaat opleveren. In bestaande industriële clusters ontbreekt daarnaast vaak de fysieke ruimte om warmteopslaginstallaties te plaatsen.

Complexiteit van het energiesysteem en samenwerking

Tot slot speelt de complexiteit van het energiesysteem een rol. Er ontbreekt een duidelijke collectieve visie op warmte-infrastructuur, zoals stoomnetten of gedeelde opslag. Daardoor blijven initiatieven versnipperd en moeilijk schaalbaar. Bedrijven geven vaak de voorkeur aan benutting van restwarmte, wat zij efficiënter en goedkoper vinden dan elektrificatie met opslag. Samenwerking tussen bedrijven en publieke partijen verloopt bovendien stroef, wat de ontwikkeling van gezamenlijke oplossingen bemoeilijkt.

Lage marktacceptatie en klantvraag

Daarnaast is er sprake van een **lage marktacceptatie** en **beperkte klantvraag**, met name bij minder bekende of nieuwe technologieën zoals thermochemische opslag of redox-opslag. Deze terughoudendheid beperkt de opschaling en maakt het lastig om marktdraagvlak te creëren voor innovatieve oplossingen. Ook bij particulierenwarmteopslagtoepassingen speelt dit: gebruikers reageren kritisch wanneer nieuwe technologieën, zoals tapwatersystemen, niet aan verwachtingen voldoen - bijvoorbeeld wanneer de vereiste 65°C niet gehaald wordt voor legionellapreventie. Onrealistische beloften en een gebrek aan transparantie vanuit leveranciers leiden tot dalend vertrouwen in de markt.

Kansrijke toepassing in industrie en commercie

Tegelijkertijd biedt de warmteopslagsector in 2025 een breed scala aan kansen, zoals blijkt uit diverse praktijkvoorbeelden en recente onderzoeken.

Thermische opslag levert **aanzienlijke voordelen voor industriële en commerciële gebruikers**, onder andere via kostenbesparingen, netontlasting en CO₂-reductie. Bedrijven als ENERGYNEST en Saltes tonen aan dat industriële warmteopslag in sectoren zoals chemie, papier en voedselindustrie nu al succesvol wordt ingezet. Hier wordt restwarmte of duurzame elektriciteit opgeslagen voor stabiele bedrijfsvoering, wat leidt tot minder stilstand, lagere kosten en zelfs netstabiliserende diensten zoals aFRR. In concrete gevallen, zoals een papierfabriek, helpt warmteopslag om stoomverlies bij procesverstoringen op te vangen en later her te gebruiken. De terugverdientijd van zulke systemen ligt tussen de 4 en 9 jaar, afhankelijk van inzetbaarheid, CO₂-reductie en toegang tot energiemarkten.

Warmtenetten: lagere kosten en hogere efficiëntie

Binnen **warmtenetten** toont onderzoek van Energy Storage NL en Invest-NL aan dat warmteopslag de kosten van warmtevoorziening verlaagt met €0,70 tot €2,80 per GJ⁵⁵. Dit komt door efficiënter gebruik van duurzame bronnen, minder afhankelijkheid van piekketels en lagere warmtepreizen. Praktijkvoorbeelden van Eneco (Utrecht/Nieuwegein) en Devo (Veenendaal) illustreren dat opslag zowel in bestaande als nieuwe netten succesvol is toegepast.⁵⁶

Ecologische voordelen

Ook **ecologische voordelen** zijn duidelijk aanwezig. Warmteopslag draagt bij aan substantiële emissiereducties: meer dan 5 kg CO₂ per GJ bij HT-ATES-systemen met geothermie, en 1,5-2 kg CO₂ per GJ bij TTES/PTES-opslag in combinatie met warmtepompen⁵⁷. Bovendien vermindert het stikstofuitstoot, wat positief uitwerkt op de vergunningsmogelijkheden.

Versterking flexibiliteit in het energiesysteem

Daarnaast vergroot warmteopslag de **flexibiliteit van het energiesysteem**. Door loadshifting kan duurzame elektriciteit in daluren worden omgezet in warmte, waardoor het net minder belast wordt. Pilots in Amsterdam en Rotterdam laten zien dat Power2Heat-technologieën de druk op het middenspanningsnet daadwerkelijk verlichten. Toch zijn de huidige **nettariet-structuren onvoldoende** om deze voordelen financieel te verzilveren. Rapporten van

⁵⁵ Kalavasta-onderzoek (<https://kalavasta.com/projects/warmteopslag>) over kosten, emissies, curtailment en netvoordelen.

⁵⁶ TNO-rapport (2024): Thermische opslag reduceert kosten en optimaliseert duurzame bronnen.

⁵⁷ PBL-analyse (2025): Warmteopslag decarboniseert warmtevoorziening en vermindert curtailment.

Netbeheer Nederland en de ACM (2024) pleiten voor de invoering van **dynamische tarieven**, zoals time-of-use, om warmteopslag financieel aantrekkelijker te maken.

Kansen voor mobiele warmteopslaginstallaties

Uit één van de interviews met een gebruiker van warmteopslag blijkt dat mobiele toepassingen nieuwe kansen bieden, met name voor **tijdelijke locaties** zoals asielzoekerscentra, bouwplaatsen of flexibele woonwijken. Juist in situaties waar een aansluiting op een warmtenet niet mogelijk of rendabel is, kunnen compacte en verplaatsbare warmteopslagsystemen uitkomst bieden. Innovaties in mobiele warmteopslag zouden het mogelijk kunnen maken om op een emissievrije en schaalbare manier warmte te leveren voor bijvoorbeeld tapwater, zelfs bij gebruikperioden van slechts enkele jaren.

Kansen op de particuliere markt

Uit interviews met marktpartijen blijkt dat in de particuliere markt de interesse groeit in toepassingen waarbij een **warmtebuffer wordt gecombineerd met een warmtepomp**. Deze configuraties verhogen de efficiëntie van warmtepompen doordat deze minder frequent hoeven te schakelen, wat het **energieverbruik verlaagt en de levensduur verlengt**. Dit biedt kansen voor verduurzaming van de bestaande woningvoorraad, zeker wanneer de technologie breed inzetbaar en betaalbaar wordt gemaakt.

Warmteopslag en reductie curtailment van hernieuwbare energie

Ten slotte benadrukken externe bronnen zoals TNO en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) dat warmteopslag een sleutelrol speelt in het voorkomen van curtailment van duurzame energie. Door overschotten van zon- en windproductie op te slaan als warmte, kan curtailment met 150–200% worden verminderd. Dit verhoogt de efficiëntie van duurzame bronnen en versterkt de businesscase voor energieprojecten.

Tijd voor actie

Warmteopslag in Nederland staat in 2025 op een belangrijk kruispunt. De technologieën zijn beschikbaar, referentieprojecten tonen hun werking aan, en de voordelen, van kostenreductie tot emissievermindering en netverlichting, zijn overtuigend onderbouwd. Toch blijft de grootschalige uitrol afhankelijk van verbeteringen in **netinfrastructuur**, **wetgeving**, **marktordening** en **financiële prikkels**. Zonder gerichte actie vanuit overheid en netbeheerders dreigt het aanzienlijke potentieel van warmteopslag onderbenut te blijven, juist op het moment dat de behoefte aan systeemflexibiliteit sterk toeneemt.

4.3 Moleculenopslag in Nederland in 2025

Samenvatting:

Moleculenopslag omvat vooral **waterstof** en in mindere mate **synthetische brandstoffen** (e-fuels, methaan, ammoniak). De technologie is primair bedoeld voor **lange termijn- en seizoensopslag** en voor industriële toepassingen. Uit de marktsurvey blijkt dat de behoefte aan overheidssteun heel groot te zijn. Daarmee is de afhankelijkheid van beleidsinterventies groter dan bij elektriciteits- of warmteopslag.

De **doorlooptijd van projecten** is eveneens lang: typische projecten vergen **>10 jaar** tot realisatie. Momenteel zijn er nog geen commerciële gerealiseerde projecten, maar zijn er wel

meerdere zoutcavernes in de vergunningsverlening fase (potentieel van 3TWh). Dit illustreert dat moleculenopslag nog in een vroege fase zit vergeleken met andere opslagcategorieën.

De belangrijkste uitdagingen zijn:

- **Hoge investeringskosten** en onduidelijke verdienmodellen bij een nog niet bestaand markt
- **Beleids- en regelgevingsonzekerheid**, vooral rond waterstofinfrastructuur en certificering.
- **Lange realisatietermijnen** die investeringsrisico's vergroten.
- **Afhankelijkheid van internationale markten**: Nederland moet concurreren met landen die fors investeren in waterstof (Duitsland, Spanje) waarbij er ook een afhankelijk van internationale handels marktontwikkelingen.

4.3.1 Technologieoverzicht

Energieopslag in de vorm van koolwaterstoffen is de dominante technologie in de chemische energieopslagsector. Opslag in (vloeibare) waterstof en ammoniak is ver in ontwikkeling. Opslag in vaste stof zoals ijzerpoeder is nog in ontwikkeling.

Tabel 4.5 TRL-niveaus chemische energieopslagtechnologieën.

Type	Status
Koolwaterstoffen: methaan, methanol (biogas) (power-to-gas)	Ontwikkeld / dominant (TRL 9-11)
(Vloeibaar) waterstof (power-to-gas)	Ver in ontwikkeling (TRL 9-11)
Ammoniak (power-to-gas)	Ontwikkeld (TRL 9-11)
Vaste stof (metalen en hydrides): ijzerpoeder	In ontwikkeling (TRL 3-5)

Bron: Routekaart Energieopslag (2023).

4.3.2 Marktstatus

Belangrijke spelers

Tabel 4.6 toont een overzicht van de belangrijke spelers in de elektriciteitsopslagmarkt per marktrol.

Tabel 4.6 Overzicht van belangrijke spelers in de moleculenopslag per marktrol

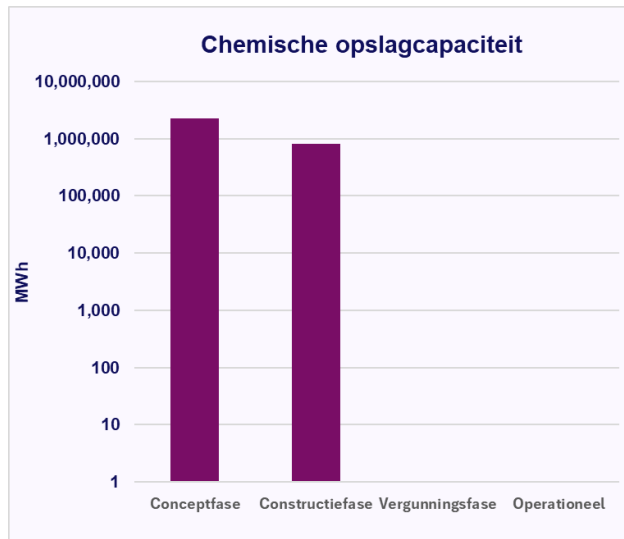
Marktrol	Omschrijving	Voorbeelden
Producent / ontwikkelaar	Produceert de energieopslagtechnologie zoals batterijcellen, warmtebuffertanks, supercondensatoren en andere technologieën. Verantwoordelijk voor innovatie, ontwerp, en implementatie van nieuwe producten.	Proton Ventures, Hydron Energy, Nobian, Elestor, Linde/ Air Liquide
Gebruiker	Eindgebruiker van energieopslagsystemen, variërend van huishoudens en kleine bedrijven tot grote industriële bedrijven.	Tata Steel, Dow Terneuzen, Yaa Sluiskil, OCI, Raffinaderijen
Leverancier van grondstoffen	Levert essentiële grondstoffen nodig voor het produceren van de energieopslagtechnologie, zoals lithium voor lithium-ion batterijen.	Vopak, ACE Terminal, scheepvaartpartijen en terminals, Gasunie, Air products

Marktrol	Omschrijving	Voorbeelden
Handelaar	Handelt in energieopslag als tussenpersoon voor de koop en verkoop van energieopslagsystemen en hun componenten. Faciliteert de handel tussen producenten, leveranciers en eindgebruikers.	Shell, Vopak, Trading house (trafigura, Gunvor), Air Liquide, Linde, Brokers
Investerder/ Subsidies	Investeert kennis of kapitaal in energieopslag voor onderzoek, ontwikkeling of uitbreiding. Kan variëren van venture capital tot particuliere investeerders en institutionele beleggers.	Invest-NL, EU subsidieprogramma's, RVO-subsidies, Private industrie investeerders, Koolen Industries, OWE, Min EZK,
Kennisinstituut	Voert onderzoek uit en biedt technische expertise om ontwikkeling en innovatie van nieuwe technologieën te ondersteunen.	Universiteiten, TU Delft, UvA, IEA, TNO.
Adviseur	Levert advies aan bedrijven, overheden en andere stakeholders over de technische, beleidsmatige, economische en juridische aspecten van energieopslag.	Pronton Ventures, Linde Engineering, HyGear, Gespecialiseerd consultants
Belangenorganisatie	Vertegenwoordigt de belangen van bedrijven in de energieopslagsector. Promoot de voordelen, lobbyt en informeert het publiek over de voordelen van energieopslag.	Energy Storage NL, NLHydrogen, VOTOB, EASE/EU associations
Markttoezichthouder	Houdt toezicht op de naleving van wetten en regelgeving. Garandeert eerlijkheid, veiligheid en transparantie op de energieopslagmarkt.	ILT, ACM,
Veiligheid en testbedrijven	Bieden diensten voor het testen en certificeren van energieopslagsystemen.	KEMA/DEKRA, TUV/SGS, TNO

Let op: Dit is geen uitputtende lijst; er zijn nog veel meer belangrijke spelers per markrol. Kijk voor meer informatie op www.energystoragenl.nl/lid/

Marktomvang moleculenopslag

Op basis van de data die we hebben opgehaald in onze jaarlijkse energy storage market survey blijkt dat er in Nederland momenteel sprake is van minstens 3 TWh aan chemische opslagcapaciteit dat zich in de ontwikkeling fase zit. Het Hystock project heeft de potentie om met verschillende ondergrondse zoutcavernes deze chemische opslagcapaciteit te leveren. Volgens respondenten is de toepassing hiervan industrieel van aard. Respondenten geven aan dat de gemiddelde doorlooptijd van hun chemische opslagprojecten grote variatie laat zien, van gemiddeld enkele jaren tot meer dan 10 jaar.

Figuur 4.17 Chemische opslagcapaciteit per fase.

Bron: Ecorys & Energy Storage NL energy storage market survey (2025)

4.3.3 Belangrijke toepassingen

Moleculenopslag in Nederland bevindt zich momenteel grotendeels nog in het fossiele domein. Toch geven zowel marktpartijen als (beperkte) beleidsontwikkelingen aan dat dit beeld de komende jaren zal veranderen. Nieuwe vormen van moleculenopslag, zoals waterstof, waterstofdragers, geavanceerde biobrandstoffen en perslucht opslag (CAES), worden steeds relevanter binnen de energietransitie. De aangekondigde uitfasering van steenkool in elektriciteitscentrales vanaf 2030 onderstreept deze verschuiving richting duurzamere opslagvormen.

Nederland beschikt over diverse grootschalige opslagmogelijkheden die kunnen worden ingezet voor deze nieuwe energiedragers. Denk hierbij aan ondergrondse opslag in zoutcavernes en lege gasvelden, evenals bovengrondse faciliteiten voor de tijdelijke opslag van waterstof of vloeibare brandstoffen. Deze infrastructuur vormt de basis voor verdere opschaling.

Uit interviews met gebruikers, waaronder een grote waterstofproducent, blijkt dat met name zoutcavernes veel potentie bieden als toepassing voor moleculenopslag. Zij worden gezien als cruciaal onderdeel van een robuust energiesysteem waarin productie en verbruik van duurzame moleculen zoals waterstof uit elkaar gehaald kunnen worden in tijd. Gebruikers benadrukken dat de toepasbaarheid van deze opslagvorm sterk samenhangt met de voortgang van de landelijke waterstofinfrastructuur. Het succes van projecten als Zeevonk, waarin offshore wind, zonne-energie en waterstofproductie worden gecombineerd, draagt volgens hen bij aan het vertrouwen in de opschaalbaarheid van moleculenopslag.

De verwachte groei van de waterstofmarkt - in combinatie met beleidsmatige druk op CO₂-reductie en flexibilisering van het energiesysteem, maakt moleculenopslag tot een strategische toepassing binnen de energietransitie. Marktpartijen zien hierbij met name een sleutelrol weggelegd voor elektrolyse, waterstofopslag in zoutcavernes verbonden door grootschalige waterstofinfrastructuur.

Ondergrondse opslag in zoutcavernes en gasvelden

Zoutcavernes

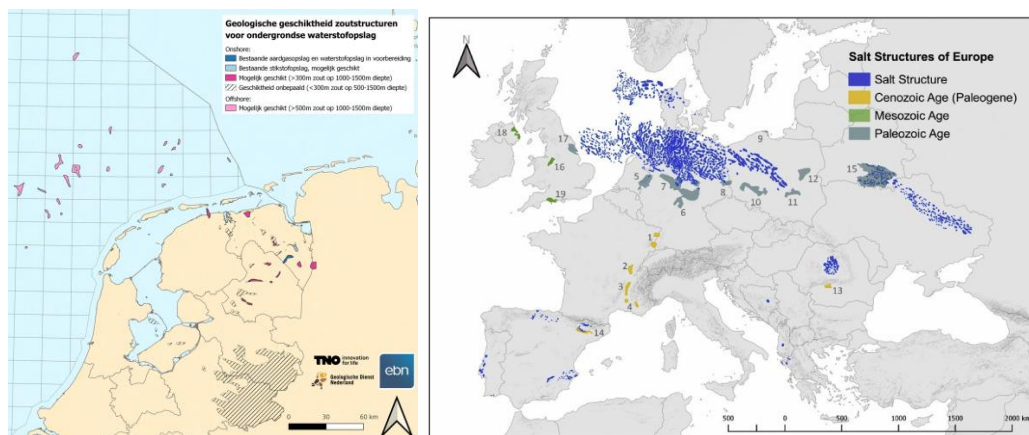
De Nederlandse ondergrond is bijzonder geschikt voor de aanleg van zoutcavernes: kunstmatig uitgeholde holtes in steenzoutlagen op 1.000–1.500 meter diepte. Deze zijn al bewezen geschikt voor gasopslag. In Zuidwending (Groningen) wordt in project HyStock gewerkt aan de realisatie van de eerste vier cavernes voor waterstofopslag. Elke caverne biedt een capaciteit van circa 250 GWh en vergt relatief weinig ruimte: ongeveer 10 hectare per TWh. Ter vergelijking: bovengrondse opslag vraagt tot 250 hectare per TWh, wat in Nederland ruimtelijk onhaalbaar is.

De opslag van waterstof in zoutcavernes is technisch haalbaar, maar in Nederland bevindt deze technologie zich nog in een vroeg ontwikkelstadium (lage Technology Readiness Level, TRL). Tot nu toe zijn cavernes ingezet voor fossiele opslag. Voor veilige waterstofopslag onder hoge druk zijn aanpassingen in het ontwerp nodig om chemische reacties tussen het zout en de waterstof te voorkomen. In landen als het Verenigd Koninkrijk en de VS wordt al waterstof opgeslagen bij circa 180 bar.

In 2021–2022 werd in Zuidwending het demonstratieproject 'Demonstratie Waterstofopslag A8' uitgevoerd om de veiligheid van waterstofopslag in cavernes te onderzoeken. Tegen 2050 zijn naar verwachting circa 40 cavernes nodig om aan de nationale behoefte te voldoen. Zuidwending kan er daarvan naar schatting 10 faciliteren.

De rol van Groningen is hierin cruciaal, dankzij de aanwezige zoutstructuren, bestaande gasinfrastructuur en nabijgelegen industriële clusters zoals het Chemiepark Delfzijl. Tegelijkertijd is het draagvlak kwetsbaar vanwege de aardbevingsproblematiek. Een zorgvuldig gebiedsproces met aandacht voor participatie, ruimtelijke inpassing en sociaaleconomische meerwaarde is dan ook essentieel.

Figuur 4.18 Weergave van de zoutstructuren in Nederland die mogelijk geschikt (roze) zijn voor de ontwikkeling van cavernes voor ondergrondse waterstofopslag (UHS = Underground Hydrogen Storage).



Bron: EBN & TNO.

Lege gasvelden

Ook lege gasvelden, op 2.500–3.500 meter diepte, bieden potentieel voor grootschalige waterstofopslag. Deze poreuze formaties zijn technisch kansrijk, maar ervaring met waterstofopslag ontbreekt nog. De huidige opslagcapaciteit in ondergrondse gasvelden bedraagt 13,9 miljard m³ aardgas, goed voor circa 40% van het jaarlijkse Nederlandse gasverbruik (EBN, 2023). Dergelijke opslagvolumes zijn bovengronds vrijwel onmogelijk te realiseren.

Hoewel de TRL nog laag is, worden er momenteel gedetailleerde studies uitgevoerd naar de technische haalbaarheid, opslagkwaliteit (in verband met mogelijke vervuiling), en risico's. De conversie van een gasveld naar een opslagfaciliteit kan tot tien jaar in beslag nemen. De verwachting is dat waterstof uiteindelijk in zeer grote hoeveelheden (meerdere TWh) opgeslagen kan worden, met hoge vermogens (GW-schaal) voor teruglevering aan het systeem.

Systeemfunctie van waterstofopslag

De opslag van waterstof is geen doel op zich, maar een essentiële schakel in het energiesysteem. De nationale waterstofagenda benoemt vier hoofdrollen:

- **Voorzieningszekerheid:** Opslag maakt het mogelijk om fluctuaties in productie en vraag – van uren tot seizoenen – te overbruggen en fungeert als strategische reserve.
- **Marktwerving:** Opslag verhoogt de leveringszekerheid, verbetert marktliquiditeit en ondersteunt investeringen in waterstofprojecten.
- **Efficiënt energiesysteem:** Door overproductie van hernieuwbare elektriciteit tijdelijk op te slaan, wordt verspilling voorkomen.
- **Netwerkfunctionaliteit:** Opslag fungeert als buffer voor drukregulatie in het toekomstige waterstofnetwerk, wat cruciaal is voor een veilige en stabiele infrastructuur.

Bovengrondse opslag van moleculen

Naast ondergrondse opties zijn er ook verschillende vormen van bovengrondse opslag. Tot nu toe wordt grootschalige moleculenopslag vooral gebruikt voor fossiele reserves, zoals strategische oliereserves in grote terminals (meerdere TWh). Waterstofderivaten, zoals ammoniak, worden in de ammoniakindustrie opgeslagen in hoeveelheden tot 100 kton (circa 0,6 TWh). In Rotterdam is een terminal in aanbouw met een beoogde capaciteit van 1,5 miljoen ton.

Opslag van gasvormige en vloeibare waterstof gebeurt momenteel nog op beperkte schaal. Gasvormige waterstof wordt lokaal opgeslagen in tanks voor specifieke toepassingen. Deze markt zal naar verwachting groeien, maar blijft beperkt tot kleinschalig gebruik. Vloeibare waterstofopslag is een veelbelovende technologie in ontwikkeling. Een belangrijke stap hierin is het H2Sines-project, waarbij vloeibare waterstof per schip van Portugal naar de haven van Rotterdam wordt vervoerd. Dit is het eerste project met vloeibare waterstof voor Nederland. De betrokken partijen - Vopak, Shell en Engie - verwachten de eerste levering in 2027 (H2Platform, 2022).

Conclusie

Nederland beschikt over uitstekende fysieke en geologische voorwaarden voor grootschalige moleculenopslag, met name voor waterstof. De technologische en beleidsmatige voorwaarden moeten echter nog verder ontwikkeld worden om het volledige potentieel te benutten.

Daarnaast is maatschappelijk draagvlak in de omgeving noodzakelijk voor een spoedige realisatie. Zoutcavernes en lege gasvelden kunnen een sleutelrol vervullen in een flexibel, robuust en duurzaam energiesysteem - mits tijdig geïnvesteerd wordt in demonstratie-projecten, vergunningstrajecten, draagvlak en infrastructuur.

4.3.4 Belangrijke ontwikkelingen

Relevante beleidsontwikkelingen

Grote behoefte aan overheidssteun

De surveyresultaten maken duidelijk dat overheidssteun voor veel marktpartijen in de chemische energieopslagsector van wezenlijk belang is voor de continuïteit van hun activiteiten. Het merendeel van de respondenten gaven aan heel veel overheidssteun nodig te hebben. Dit wijst op een sector die zich nog in de ontwikkelings- of opschalingsfase bevindt, waarbij structurele marktinkomsten vaak nog niet toereikend zijn om zonder ondersteuning te opereren.

De verdiepende antwoorden bevestigen dit beeld. Eén organisatie geeft expliciet aan als stichting **volledig afhankelijk** te zijn van subsidie-inkomsten uit projecten. Daarnaast blijkt dat bepaalde partijen ook bijdragen ontvangen vanuit de gemeenschap of leden, wat suggereert dat er naast publieke steun ook vormen van cofinanciering of publiek-private samenwerking bestaan. Naast financiële ondersteuning worden ook andere vormen van overheidsinterventie als essentieel beschouwd. Genoemd worden onder andere: **grootschalige subsidies** voor investeringen en projecten, **soepele en transparante vergunningsprocedures** binnen redelijke termijnen, een **integrale gebiedsvisie** voor strategische opslaglocaties zoals Zuidwending, **duidelijkheid over toekomstige marktordening** en regelgeving rondom waterstofopslag, en het belang van **afnamegaranties** om marktrisico's te beperken na realisatie van opslagcapaciteit.

Deze signalen wijzen op een bredere behoefte aan **beleidszekerheid, marktstabiliteit en strategische regie**. Zonder deze randvoorwaarden lijkt het voor veel partijen moeilijk om zelfstandig te investeren in of te blijven opereren binnen de chemische energieopslagsector.

De afhankelijkheid van overheidssteun is dus niet enkel financieel, maar raakt ook aan het institutionele en beleidsmatige kader waarin deze sector zich ontwikkelt. Voor een succesvolle opschaling is het van belang dat de overheid niet alleen financiële middelen beschikbaar stelt, maar ook werkt aan voorspelbare regelgeving, ruimtelijke inpassing en een betrouwbare marktstructuur.

Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag

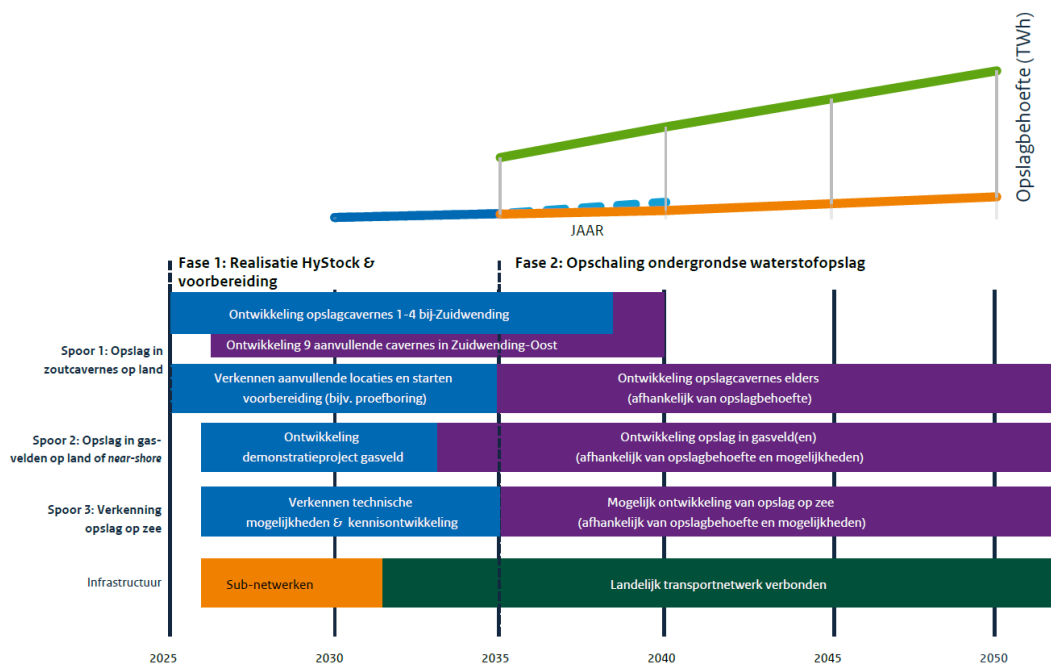
Met de publicatie van de Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag (2025) heeft Nederland een belangrijke strategische stap gezet in de ontwikkeling van chemische energieopslag. Onder leiding van Nel Aland en uitgegeven door het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, biedt deze agenda een helder beleidskader dat ondergrondse waterstofopslag positioneert als een kernonderdeel van de toekomstige energie-infrastructuur.

De agenda erkent de essentiële rol van waterstofopslag in het realiseren van een klimaatneutrale samenleving. Door de opslagfunctie te koppelen aan drie overkoepelende doelstellingen, het behalen van klimaatdoelen, het vergroten van strategische autonomie, en

het versterken van systeemstabiliteit, onderstreept het beleid dat chemische energieopslag geen bijzaak is, maar een systeemkritische voorziening in een energievoorziening die in toenemende mate afhankelijk is van variabele hernieuwbare bronnen.

De voorgestelde driesporenstrategie – beginnend met zoutcavernes op land (zoals HyStock in Zuidwending), gevolgd door opslag in gasvelden, en op termijn offshore-opslag onder de Noordzee – laat zien dat Nederland inzet op een gefaseerde en adaptieve aanpak. Dit voorkomt overhaaste keuzes, maar stelt de markt wel in staat zich voor te bereiden op opschaling via duidelijk benoemde ontwikkelpaden. Het feit dat ook infrastructuurontwikkeling, beleidskaders, kennisdeling en Europese standaardisering worden meegenomen, vergroot de kans op een samenhangende en toekomstbestendige uitrol.

Figuur 4.19 Driesporenstrategie waterstof



Bron: Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag (2025)

Een ander belangrijk element is de aandacht voor veiligheid als randvoorwaarde, die wettelijk is verankerd in de Mijnbouwwet. Nederland beschikt weliswaar over ruime ervaring met ondergrondse gasopslag, maar niet specifiek met waterstof. Daarom vereist het eerste demonstratieproject maatwerk in vergunningverlening, in nauwe samenwerking met toezichthouders zoals SodM, TNO en de Mijnraad. Hieruit blijkt dat het kabinet zich bewust is van de technologische en bestuurlijke complexiteit, en kiest voor een gecontroleerde leer- en ontwikkelomgeving.

De Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag markeert een belangrijke beleidsontwikkeling in de chemische energieopslagmarkt. Het bevestigt de centrale rol van waterstofopslag in de energietransitie en biedt een gestructureerd, iteratief pad voor de ontwikkeling van veilige, schaalbare opslagoplossingen. Voor marktpartijen biedt dit helderheid over de richting van het beleid, en tegelijkertijd ruimte om te innoveren en mee te groeien met de ambities van het nationale energiesysteem.

Relevante technologische ontwikkelingen

De recente technologische ontwikkelingen in de chemische energieopslagsector tonen een scherpe scheidslijn tussen ambitie en realiteit, vooral in de toepassing van waterstof als opslagmedium. Hoewel waterstof lange tijd als sleuteltechnologie werd gezien voor een CO₂-vrije toekomst, onderstrepen actuele inzichten dat waterstofopslag, in zowel blauwe als groene vorm, te kampen heeft met aanzienlijke technische, economische en veiligheidsbeperkingen.

Blauwe waterstof en CCS: technische grenzen

Blauwe waterstof, geproduceerd via stoommethaanreforming (SMR) in combinatie met Carbon Capture and Storage (CCS), blijkt in de praktijk moeilijk schaalbaar. CCS-installaties vangen vaak minder CO₂ af dan technisch mogelijk is. In het [Sleipner-project in Noorwegen](#) bleef de daadwerkelijke afvang ver onder de geclaimde 90%, met schattingen die wijzen op een [effectieve afvang <80%](#). Het [Northern Lights-project](#), dat CO₂ offshore opslaat in geologische formaties, vereist [miljarden euro's aan investeringen](#) en werd voor [80% gefinancierd met overheidsgeld](#), terwijl de opslagcapaciteit beperkt blijft tot [1,5 megaton CO₂ per jaar](#).

Groene waterstof: hoge kosten, lage beschikbaarheid

Groene waterstof lijkt op papier aantrekkelijker, omdat het wordt geproduceerd met hernieuwbare elektriciteit. Maar ook hier zijn de barrières fors. Voor grootschalige en economische productie is elektriciteit nodig tegen prijzen van [<20 USD/MWh](#); een prijsniveau dat in veel landen, waaronder Nederland, op korte termijn [niet structureel haalbaar](#) is.

Daarnaast zijn de elektrolyse-installaties duur in aanschaf en onderhoud. Zowel alkalische als PEM-elektrolyzers hebben hoge [CAPEX](#)-vereisten, terwijl hun economische levensduur beperkt is. Ook de opslag van waterstof is technisch complex: het vereist ofwel [cryogene tanks bij -253°C](#) of [hoge drukvaten tot 700 bar](#), die beide kostbaar en kwetsbaar zijn voor lekkage door de extreem kleine molecuulgrootte van waterstof.

4.3.5 Uitdagingen en kansen

De chemische energieopslagsector in Nederland bevindt zich op een kantelpunt. Marktpartijen erkennen het strategische belang van chemische opslag, waaronder waterstof en flowbatterijen, in de energietransitie, maar worden tegelijk geconfronteerd met structurele belemmeringen die de doorgroei van deze technologieën beperken. De inzichten uit de praktijk wijzen op een complexe balans tussen technologische potentie, marktriptheid en beleidsmatige ondersteuning.

Regelgeving en vergunningen blijven een remmende factor

Een van de meest genoemde knelpunten onder marktpartijen betreft het verkrijgen van certificeringen en vergunningen. Dit duidt op een regulatorisch systeem dat nog onvoldoende is aangepast aan de specifieke aard van chemische opslagtechnologieën. Vooral in een innovatieve, snel ontwikkelende sector leidt deze traagheid tot frustratie en onzekerheid. Daarbij komt dat onduidelijkheid in wet- en regelgeving het investeringsvertrouwen ondermijnt, en het risico vergroot op vertraagde of afgebroken projecten. Het ontbreken van duidelijke, voorspelbare kaders wordt daarmee een systemische belemmering voor marktontwikkeling.

Uit een interview met een grote waterstofproducent blijkt dat er tot wel zeventig afzonderlijke vergunningen nodig zijn, verspreid over verschillende overheidslagen en instanties. Het trage besluitvormingsproces en de mogelijke noodzaak om omwonenden uit te kopen veroorzaken bovendien maatschappelijke weerstand, wat verdere vertragingen tot gevolg heeft.

Beperkte aansluiting op financiering en subsidies

Financiering vormt een tweede structurele uitdaging. Marktpartijen signaleren een moeizame toegang tot kapitaal, mede doordat het risicoprofiel van chemische opslagprojecten moeilijk te beoordelen is voor investeerders. Bestaande subsidie- en stimuleringsregelingen blijken vaak niet toegesneden op de aard van chemische energieopslag. Dit duidt op een mismatch tussen beleidsinstrumenten en de technologische realiteit van de sector, en vergroot de afhankelijkheid van overheidssteun. Sommige partijen geven zelfs aan dat hun hele bedrijfsvoering momenteel alleen kan bestaan dankzij subsidies, afnamegaranties of projectfinanciering vanuit publieke fondsen.

Uit een interview met een grote waterstofproducent blijkt dat de businesscase voor groot-schalige waterstofopslag in zoutcavernes nog niet goed sluitend is. Zij benadrukken dat het ontwikkelen van een caverne gemiddeld acht tot tien jaar duurt, terwijl de benodigde investeringen hoog zijn en de waterstofmarkt zich nog in een opstartfase bevindt.

Geïnterviewde marktpartijen geven aan dat de inkomsten vaak pas na een decennium na aanvang van de bouw beginnen te stromen, wat financiering bemoeilijkt. Bovendien ervaren zij dat de lange doorlooptijden en onzekerheden in regelgeving het risico voor investeerders verhogen, waardoor steun vanuit de overheid of partners noodzakelijk is.

Markttechnische en technologische barrières

Naast institutionele knelpunten kampen marktpartijen met meer operationele uitdagingen. Moeizame contractvorming, ongunstige marktprijzen en beperkte technische rijpheid van producten remmen de commerciële opschaling. Dat wijst erop dat de sector zich in een transitiefase bevindt: technologieën zoals flowbatterijen of waterstofopslag zijn op de markt verschenen, maar de ondersteunende ecosystemen, van supply chains tot marktstructuren, blijven achter. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd door het recente besluit van Elestor om over te stappen van waterstofbromide naar waterstofijzer: een keuze ingegeven door beperkingen in leveringszekerheid en snelheid van ontwikkeling in de broomketen, ondanks de technologische voordelen daarvan.

Op technologisch vlak wijzen geïnterviewde partijen op de uitdaging die ontstaat door de weersafhankelijkheid van hernieuwbare energiebronnen zoals zon en wind. Omdat de productie van waterstof sterk varieert met de beschikbaarheid van deze bronnen, is er juist behoefte aan stabiele opslag om de energievoorziening betrouwbaar te maken.

Geïnterviewde marktpartijen benadrukken dat een robuuste waterstofinfrastructuur met tientallen ondergrondse opslagfaciliteiten onmisbaar is om aan deze vraag te voldoen. Tegelijkertijd constateren zij dat de ontwikkeling van het noodzakelijke waterstofbackbone-netwerk vertraagd verloopt, wat de uitrol van opslagfaciliteiten bemoeilijkt.

Beperkte maatschappelijke acceptatie en ruimtelijke uitdagingen

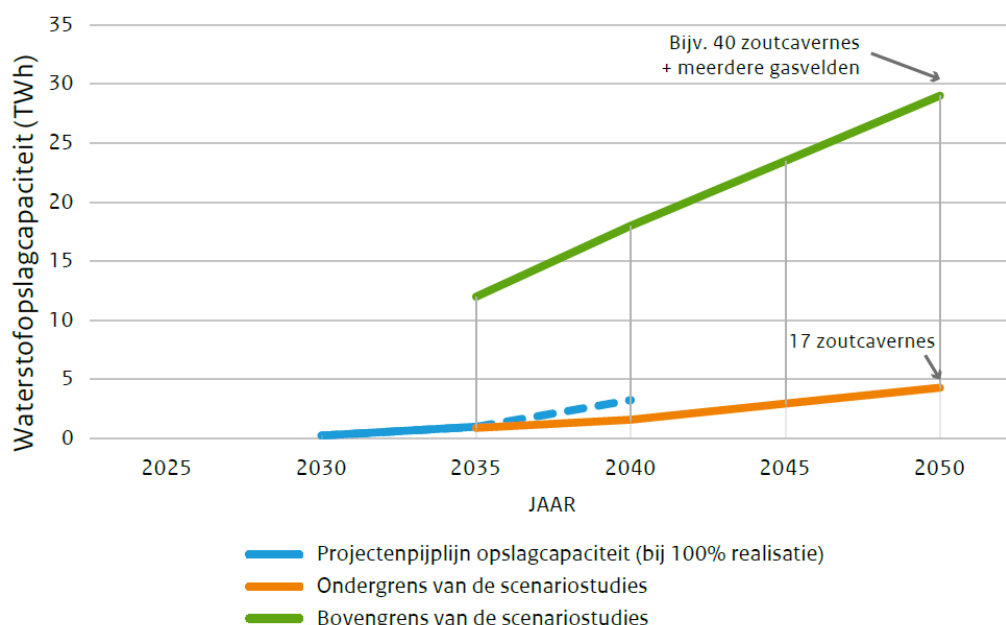
Een minder technisch maar even relevant obstakel is het gebrek aan maatschappelijke inbedding. Vooral bij waterstofopslag zijn veiligheidseisen streng, met verplichte afstanden tot bebouwing, detectiesystemen en complexe vergunningsvoorwaarden, wat lokale weerstand

en ruimtelijke beperkingen kan versterken. Zonder gebiedsgericht maatwerk, participatie en transparante communicatie over veiligheidsaspecten en maatschappelijke meerwaarde, blijft maatschappelijk draagvlak onzeker.

Waterstof: strategisch belangrijk maar technologisch kwetsbaar

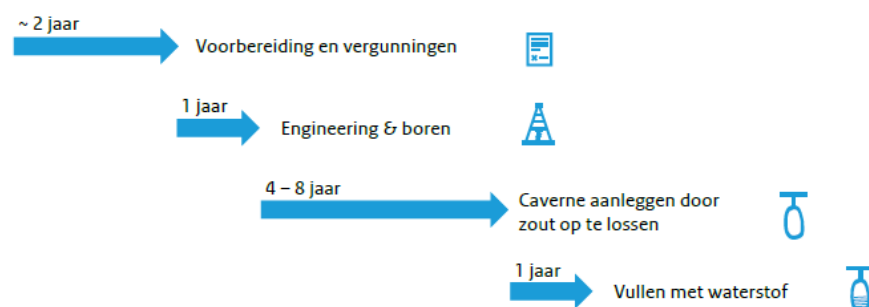
Waterstofopslag wordt gezien als een strategisch instrument voor leveringszekerheid en flexibiliteit, met scenario's die in 2050 een benodigde opslagcapaciteit van 5 tot 35 TWh verkennen. Toch blijft de praktische haalbaarheid onder druk staan. De rondreis efficiëntie van 30–40% maakt de technologie energetisch onvoordelig ten opzichte van alternatieven zoals lithium-ionbatterijen (85–90%) of thermische opslag. Daarnaast zorgen lange ontwikkeltijden (10–15 jaar) voor zoutcavernes en gasvelden, gecombineerd met onzekere toekomstige vraag en aanbod, voor een diffuus investeringsklimaat. Scenario's laten zien dat zelfs bij realisatie van alle huidige plannen, zoals de 13 cavernes in Zuidwending, slechts de ondergrens van de verwachte opslagbehoefte wordt gehaald.

Figuur 4.20 Verwachte behoefte aan waterstofopslagcapaciteit



Bron: Ontwikkeling van de gevraagde waterstof opslagcapaciteit. Op basis van verschillende studies en onderliggende scenario's: (TNO & EBN, 2021), (TNO, 2023b), (TNO, 2024), (Netbeheer Nederland, 2025), (Common Futures, 2023), (CE Delft, 2024).

Figuur 4.21 Indicatie van de doorlooptijd voor de ontwikkeling van een zoutcaverne geschikt voor waterstofopslag in een gebied waar reeds een zoutwinningsvergunning is



Kansen voor alternatieven: batterijen en thermische opslag

In tegenstelling tot waterstof, blijken lithium-ion- en flowbatterijen, evenals thermische opslagtechnologieën, op korte termijn beter schaalbaar, efficiënter en economisch haalbaarder. De verwachte prijsdaling naar 100–150 USD/kWh voor complete batterijen systemen en de technologische volwassenheid van thermische opslag maken deze opties aantrekkelijker voor grootschalige toepassing, vooral in de gebouwde omgeving en industriële warmtevoorziening.

Wel bieden zoutcavernes, volgens geïnterviewde partij Nobian, grote potentie voor grootschalige en kostenefficiënte waterstofopslag. Zij benadrukken dat zoutcavernes zich onderscheiden van andere technologiegroepen door snelle reactietijden, de mogelijkheid van het opslaan van grotere energievolumes tegen lage kosten, veilige opslag onder hoge druk en goede afsluitbaarheid. Deze eigenschappen maakt moleculenopslag geschikt om de wisselende vraag en aanbod te balanceren en een stabiele energievoorziening te waarborgen.

Een rol voor de overheid: regie, de-risking en ketenbenadering

De fragmentatie en onzekerheid in de sector vragen om een actieve rol van de overheid. Marktpartijen ondervinden marktfalen door het ontbreken van langjarige contracten, hoge investeringsrisico's en een versnipperde infrastructuur. Beleidsinterventie is nodig op in ieder geval drie fronten:

- Regie op de keten – via een integrale aanpak van productie, opslag, transport en gebruik;
- De-risking – door publieke cofinanciering, afnamegaranties en risicodekking;
- Maatschappelijke inbedding – met participatie, compensatie en lokaal draagvlak.

De recente Nationale Agenda Ondergrondse Waterstofopslag (2025) is hierin een stap vooruit, maar sectorbrede toepassing en opschaling vragen om bredere beleidsmatige ondersteuning dan alleen waterstof.

De Nederlandse chemische energieopslagsector beschikt over technologische belofte en strategische relevantie, maar de huidige marktcondities zijn ontoereikend om deze potentie zelfstandig te realiseren. Zonder helder beleid, financiële stimulansen en publiek-private samenwerking blijft het risico groot dat veelbelovende technologieën niet of te laat worden opgeschaald. Tegelijkertijd bieden alternatieven zoals batterijen en thermische opslag concrete kansen voor snelle, schaalbare bijdragen aan de energietransitie. Een toekomstbestendige markt vraagt dus om scherpe keuzes, bestuurlijke regie en gerichte investeringen.

5 Internationale ontwikkelingen

Samenvatting:

De Europese markt voor energieopslag – elektriciteit, warmte en moleculen – groeit snel, maar staat voor structurele uitdagingen die de strategische autonomie en concurrentiepositie bedreigen.

Elektriciteitsopslag: De Europese batterijmarkt groeit snel, maar blijft sterk afhankelijk van China, dat de waardeketen domineert en tot 50% lagere productiekosten realiseert. Europa zal in 2030 naar verwachting slechts 50–60% van de eigen keten kunnen dekken, mede door hogere energieprijzen en beperkte toegang tot grondstoffen. De markt wordt gekenmerkt door utility-scale projecten en een verwachte groei van 61 GWh (2024) naar 780 GWh in 2040. Tegelijkertijd raken frequentiemarkten verzadigd, waardoor nieuwe businessmodellen nodig zijn. Europa kan zich onderscheiden via recycling en duurzame productie (tot 60% minder CO₂-uitstoot), maar hiervoor zijn forse investeringen en een samenhangende industriële strategie noodzakelijk. Een belangrijk risico is dat (Aziatische) batterijproducenten zelf de Europese markt betreden en zo tussenpartijen verdringen, vergelijkbaar met wat eerder gebeurde in de zonnepanelenmarkt. Daarbij spelen zorgen over faillissementen, performance-contracten, afhankelijkheid van Chinese leveranciers en back-to-back garanties. Logistieke, politieke en eigendomsrisico's (o.a. data en cyber) vergroten de kwetsbaarheid van projecten. Kleinere en middelgrote bedrijven lopen meer marktexposure-risico, tenzij zij zich kunnen diversifiëren om afhankelijkheid te beperken.

Warmteopslag: Thermische energieopslag wint aan belang, vooral voor industriële decarbonisatie en langdurige opslag, met een verwachte wereldwijde groei van 75% CAGR (2024–2034). Beleidssteun, zoals het Clean Industrial Deal, en dalende kosten maken warmteopslag aantrekkelijk, vooral bij overschotten aan hernieuwbare energie. Toch hinderen trage vergunningen, inconsistente regelgeving en beperkte inkomstenstromen de opschaling. Tegen 2030 wordt een verdrievoudiging van de warmteopslag capaciteit verwacht in Europa (tot 800 GWh), met name in industrie en stadsverwarming.

Moleculen (waterstof): Groene waterstof en ondergrondse opslag (80–270 TWh nodig tegen 2050) zijn cruciaal voor de energietransitie, maar de uitrol hapert door lage FID-percentages, onzekere certificatieregels, geopolitieke spanningen en gebrekkige infrastructuurcoördinatie. Ondanks forse publieke investeringen (honderden miljarden via IPCEI en nationale programma's) blijven financierings- en marktrisico's groot. Geharmoniseerde regelgeving, zoals de Delegated Acts, en grensoverschrijdende infrastructuur zijn essentieel voor een pan-Europese waterstofmarkt.

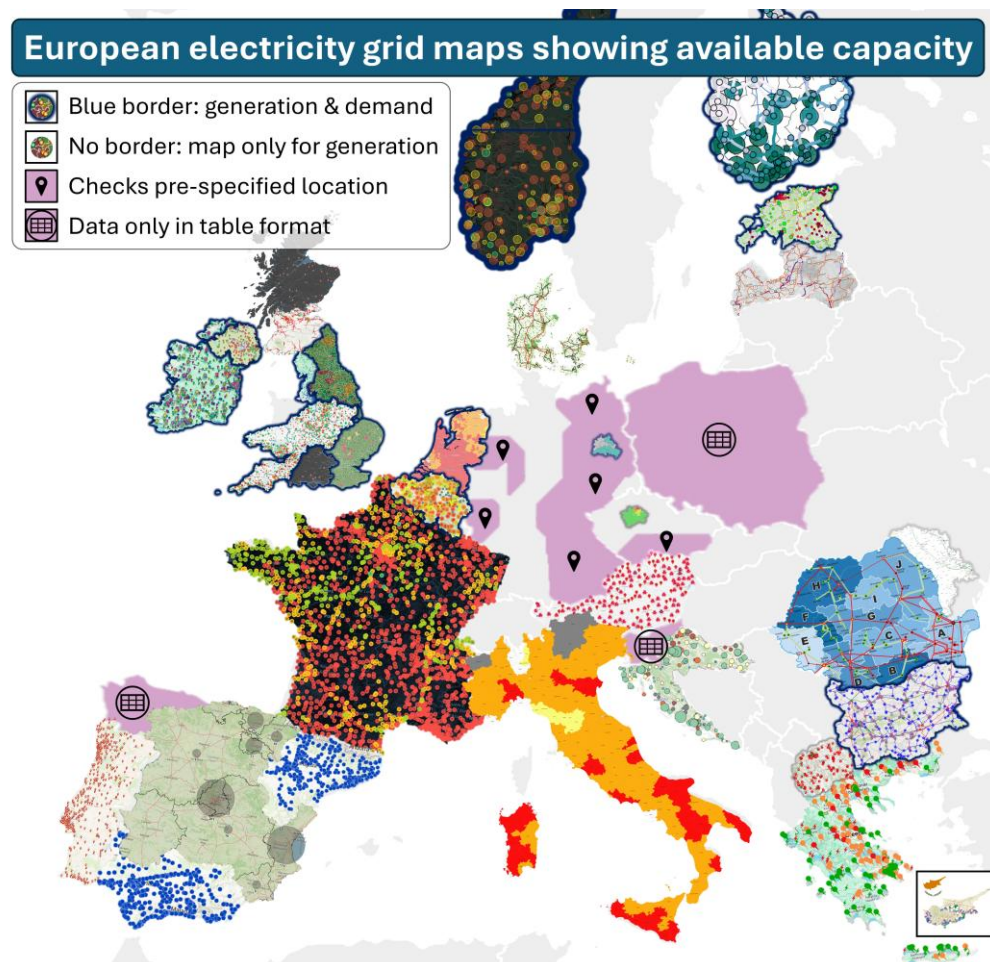
In Nederland zijn we er al jaren mee bekend: transportschaarste en netcongestie. In Europa blijkt dat meerdere landen met hetzelfde probleem te maken te hebben. Met ruim 40 kaarten⁵⁸ heeft Maarten Staat, Enexis, [laten zien](#) dat knelpunten op het elektriciteitsnet nu al breed

⁵⁸ Het lijkt waarschijnlijk dat er komende jaren meer kaarten voor afname bijkomen. Vanuit DSO Entity (Europese brancheorganisatie regionale netbeheerders) wordt er gekeken naar het samenbrengen en goede duiding geven aan de verschillende databronnen voor resterende capaciteit op elektriciteitsnetten. Zie de webtool: www.gridcapacitymaps.eu.

gevoeld wordt in Europa. De vraag is: Hoe en waar wordt het nieuwe energiesysteem bepaald? Wat zijn de internationale trends die de energietransitie bepalen?

Figuur 5.1 toont een overzicht van Europese netcapaciteitskaarten, waarbij onderscheid wordt gemaakt in type kaart, overzichtelijkheid en visualisatievorm. De meeste landen hebben kaarten voor invoeding (38) en een kleiner aantal voor afname (13). Vaak gaat het om kaarten per netbeheerder, maar sommige landen – zoals Nederland, Noorwegen en Oostenrijk – combineren gegevens van meerdere netbeheerders. Nederland en Ierland bundelen bovendien landelijke en regionale informatie in één kaart. De overzichtelijkheid varieert: in veel gevallen is er een volledige geografische kaart beschikbaar, maar in landen als Italië, Duitsland en Tsjechië is inzoomen of het kiezen van een specifieke locatie nodig om data te zien. Het detailniveau loopt uiteen van transformatorniveau tot hele netgebieden. Ongeveer de helft van de kaarten gebruikt een kleurenschema (groen–rood) om beschikbare capaciteit te tonen, soms aangevuld met kwantitatieve waarden. Andere kaarten hebben andere kleur schema's, vereisen eerst een klik op een locatie, en de presentatievorm loopt uiteen van vaste kaarten tot interactieve kaarten en tabellen.

Figuur 5.1 **Overzicht van Europese netcapaciteitskaarten**



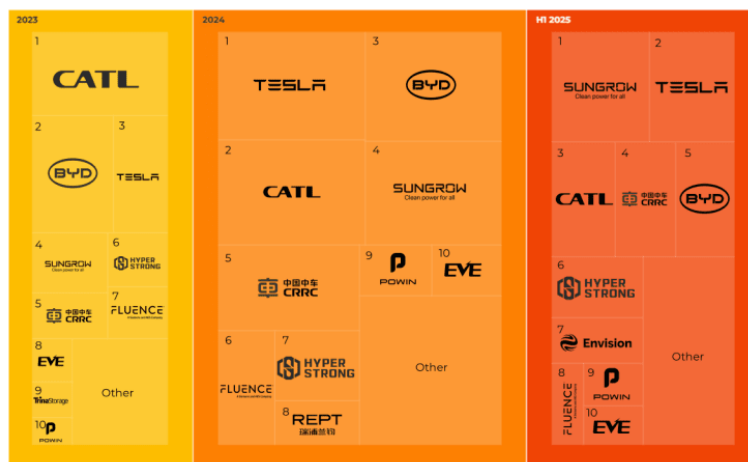
Bron: Maarten Staats – Enexis

5.1 Elektriciteit opslag

De Europese markt voor elektriciteitsopslag en dus ook de Nederlandse markt, wordt sterk beïnvloed door mondiale machtsverschuivingen, waarbij China dankzij een gecoördineerde strategie over de gehele waardeketen – van grondstoffenwinning tot batterijproductie en elektrische voertuigen – een dominant schaalvoordeel heeft opgebouwd. Dit resulteert in batterijen die tot 50% goedkoper zijn dan Europese, ondersteund door productiecapaciteiten die ruim driemaal de binnenlandse Chinese vraag overstijgen. Deze structurele overcapaciteit bedreigt de Europese batterij-industrie, die ondanks beleidsdoelen zoals de volledige elektrificatie van het wagenpark tegen 2035, naar verwachting in 2030 slechts 50–60% van de vraag uit eigen productie zal dekken en sterk afhankelijk blijft van Aziatische import. Toch zijn er kansen voor Europese spelers.

De markt wordt steeds gefragmenteerder. In 2023 hadden de tien grootste spelers nog 82% van de markt in handen, terwijl dit in de eerste helft eerste helft van 2025 was afgenomen tot 77%⁵⁹. Hoewel de markt relatief topzwaar blijft, neemt het marktaandeel van kleinere spelers buiten de top vijf toe. Ook binnen de top neemt de balans toe: waar CATL in 2023 nog 20% van de markt beheerde tegenover 6% voor de vijfde speler, CRRC, is het verschil in H1 2025 afgenomen tot respectievelijk 14% en 9% tussen Sungrow Power en BYD. Dit duidt op een steeds competitievere markt.

Figuur 5.2 Top 10 Battery Energy Storage Systems (BESS) System Integrators



Bron: Rho Motion BESS Database. [Link](https://rhomotion.com/news/bess-system-integrator-ranking-in-h1-2025-shows-change-is-on-the-horizon-for-the-industry/)

De capaciteit tot systeemintegratie wordt steeds belangrijker. In 2023 waren cellfabrikanten verantwoordelijk voor minstens 40% van de BESS-leveringen, grotendeels vanwege de prijsstijging van LFP-cellen in 2022, wat hen een kostenvoordeel gaf bij de productie van complete systemen. In H1 2025 was hun marktaandeel gedaald tot onder 30%, mede door dalende celprijzen en de instroom van nieuwe spelers, waardoor systeemproducenten meer keuzevrijheid kregen en beter konden concurreren met verticaal geïntegreerde partijen. Tegelijkertijd neemt het belang van kwaliteit toe: ervaring in het opereren van projecten laat zien dat systeemintegratie cruciaal is voor langdurige winstgevendheid, omdat factoren zoals levensduur, onderhoudskosten en verzekeringspremies verbeteren bij betere integratie.

⁵⁹ <https://rhomotion.com/news/bess-system-integrator-ranking-in-h1-2025-shows-change-is-on-the-horizon-for-the-industry/>

Op het gebied van cellen blijft CATL de markt domineren, maar gespecialiseerde BESS-celspelers winnen terrein. In H1 2025 voegen Hithium en EVE Energy zich bij de top drie van celleveranciers, waarbij BYD naar de vijfde positie is gezakt. In dezelfde periode hebben negen celspelers meer dan 10 GWh aan BESS-cellen geleverd, wat de diversificatie en groei van de leveranciersbasis benadrukt.

Kortom, de BESS-markt vertoont een snelle groei, toenemende fragmentatie en verschuiving van marktmacht van celproducenten naar systeemintegratoren, terwijl gespecialiseerde spelers in zowel cellen als systeemintegratie steeds belangrijker worden.

Europese knelpunten die ketengroei in de weg zitten

De uitrol van Europese gigafabrieken wordt bemoeilijkt door aantrekkelijkere subsidieprogramma's in de VS en China, waardoor plannen vertragen of geannuleerd worden. Bovendien zijn veel fabrieken in Europese landen eigendom van niet-Europese bedrijven, wat de strategische autonomie verder beperkt. Beleidsmakers en analisten pleiten daarom voor een coherente industriële strategie, vergelijkbaar met de Amerikaanse Inflation Reduction Act, die niet alleen op inputs maar ook op output beloont, bijvoorbeeld per geproduceerde kWh. Zonder substantiële publieke investeringen - geschat op minstens 50 miljard euro tegen 2030 - en duidelijke, voorspelbare beleidskaders, blijft Europa kwetsbaar voor mondiale concurrentiedruk.

Hoge energieprijzen vormen een extra rem op de groei: Europese fabrikanten betalen gemiddeld 50 procent meer voor energie dan hun Chinese concurrenten en 20 procent meer dan in de VS. In combinatie met lagere productie-efficiëntie, door gebrek aan schaal en ervaring, leidt dit tot hogere eenheidskosten. Investerings in automatisering, procesoptimalisatie en arbeidsontwikkeling zijn cruciaal om de kosten te drukken en de leercurve te versnellen.

De toegang tot kritieke grondstoffen is eveneens een knelpunt. Hoewel de Europese Critical Raw Materials Act ambitieuze doelen stelt, zoals 40 procent binnenlandse verwerking tegen 2030, ontbreekt bindende regelgeving en financiële slagkracht. Veel Europese lithiumprojecten zitten nog in de vroege fase, terwijl China en andere landen hun grondstoffenposities al veiligstellen. Sterkere partnerschappen met grondstofrijke landen, gecombineerd met technologieoverdracht en verticale integratie, kunnen zorgen voor stabielere prijzen, leveringszekerheid en minder afhankelijkheid. Daarbij heeft Europa een belangrijk duurzaamheidsvoordeel: door de relatief schone elektriciteitsmix stoten Europese batterijen tot 60 procent minder CO₂ uit dan Chinese. Door recycling en digitale traceerbaarheid op te schalen kan dit voordeel verder worden vergroot.

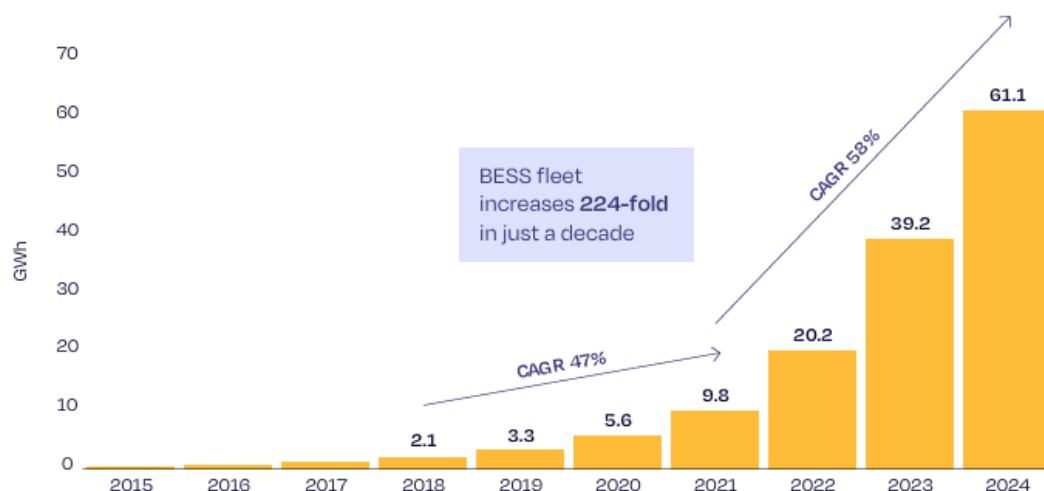
Europese vraag naar batterijen

Op de markt voor batterij-energieopslagsystemen in Europa is de groei de afgelopen jaren onafgebroken geweest, met in 2024 een record van 21,9 GWh nieuwe installaties en een totale capaciteit van 61,1 GWh, waarvan 49,1 GWh in de EU-27⁶⁰. De focus verschuift duidelijk van residentiële systemen naar grootschalige utility-scale opslag. In 2024 was utility-scale goed voor 40 procent van de markt, en in 2025 zal dat naar verwachting 55 procent zijn. Tegen 2029 groeit dit aandeel door tot 68 procent, met een jaarlijkse installatie van circa 80

⁶⁰ European Market Outlook for Battery Storage 2025-2029 van SolarPower Europe

GWh. Toch blijft dit achter bij de benodigde 780 GWh in 2040 om de energietransitie volledig te ondersteunen.

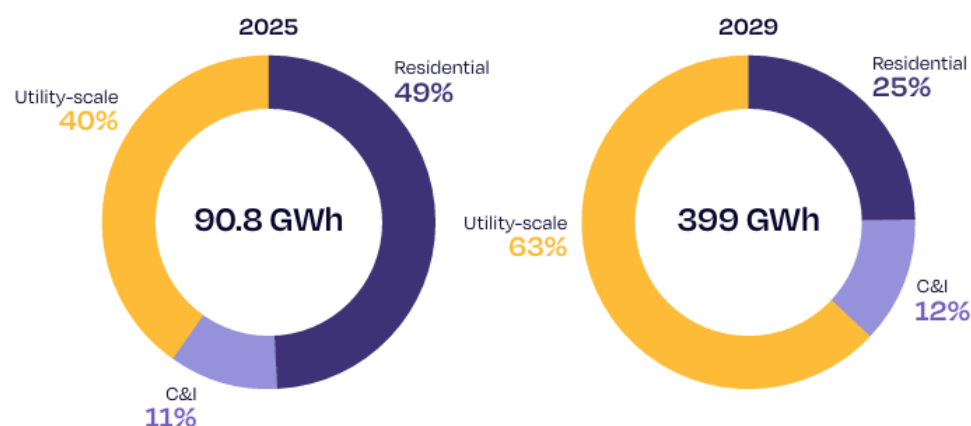
Figuur 5.3 Europese totale batterijvloot gaat de 60 GWh voorbij in 2024



Bron: SolarPower Europe (2025). European Market Outlook for Battery Storage 2025-2029.

Dalende batterijprijzen versterken het rendement van projecten, maar verzadiging van frequentiemarkten dwingt investeerders om nieuwe inkomstenbronnen te zoeken, zoals energiehandel en langlopende contracten. Landen als Duitsland blijven leidend, met 12,3 GW geïnstalleerd in 2024 en een verwachte groei naar 45 GW in 2030, mede dankzij innovatietenders en het GridBooster-programma. Italië ziet een sterke opkomst van utility-scale projecten, ondersteund door capaciteitsmarkten en het MACSE-programma dat 50 GWh beoogt in 2030. Het Verenigd Koninkrijk herstelt na vertragingen en richt zich op grootschalige opslag en eerste pilots voor langetermijnopslag. Nederland loopt achter op de koplopers (Duitsland, Italië, Spanje, Polen), maar heeft door de combinatie van veel hernieuwbare energie en een zwaar belast net een sterke noodzaak en daarmee een aanzienlijke groeipotentie. Beleidsmatig is Nederland relatief terughoudend (geen capaciteitmarkt of subsidies), waardoor de groei trager en moeilijker gefinancierd is dan in veel andere EU-landen.

Figuur 5.4 Europese cumulatieve BESS segmentatie 2025-2029



Bron: SolarPower Europe (2025). European Market Outlook for Battery Storage 2025-2029.

Gezamenlijk laten deze ontwikkelingen zien dat Europa weliswaar snel groeit in elektriciteitsopslag, maar dat structurele uitdagingen in productiecapaciteit, kostenniveau, grondstoffenvoorziening en beleidscoherentie de opbouw van een strategisch zelfstandige batterij-industrie in de weg staan. Alleen met een combinatie van forse investeringen, slimme regelgeving en versnelde uitrol kan Europa zijn ambities waarmaken en concurrerend blijven in een mondiale markt die steeds meer wordt gedomineerd door landen met agressieve industriële strategieën.

Implicatie voor Nederlandse partijen:

De Europese batterijmarkt wordt momenteel gedomineerd door Aziatische leverancier, waarbij partijen zoals als [Rolls Roys](#), [Fluence](#), [Tesla](#) en [Alfen](#), het EPC (Engineering, Procurement & Construction) gedeelte oppakte i.c.m. het onderhoud. Echter er is steeds grotere concurrentie van [Chinese leveranciers](#) zoals [Huawei](#), [Sungrow](#), [CATL](#), die steeds completere pakketten aanbieden (incl. servicecentra en turn-key oplossingen). In Nederland en België leidt dit tot meer concurrentie, doordat deze leveranciers lokale capaciteit opbouwen en nauwer samenwerken met EPC's.

Voor klanten ontstaat een strategische keuze: volledige turn-key pakketten (makkelijk, maar duurder) of gesplitste inkoop (goedkoper, maar risicovoller door versnipperde verantwoordelijkheid). Op termijn kan dit leiden tot een terugkeer naar turn-key wanneer projecten mislopen.

Een belangrijk risico is dat [batterijproducenten zelf de markt betreden](#) en zo tussenpartijen verdringen, vergelijkbaar met wat eerder gebeurde in de zonnepanelenmarkt. Daarbij spelen zorgen over [faillissementen](#), [performancecontracten](#), [afhankelijkheid van Chinese leveranciers](#) en [back-to-back garanties](#). Logistieke, politieke en eigendomsrisico's (o.a. data en cyber) vergroten de kwetsbaarheid van projecten. Kleinere en middelgrote bedrijven lopen meer marktexposure-risico, tenzij zij zich kunnen diversifiëren om afhankelijkheid te beperken.

5.2 Warmte

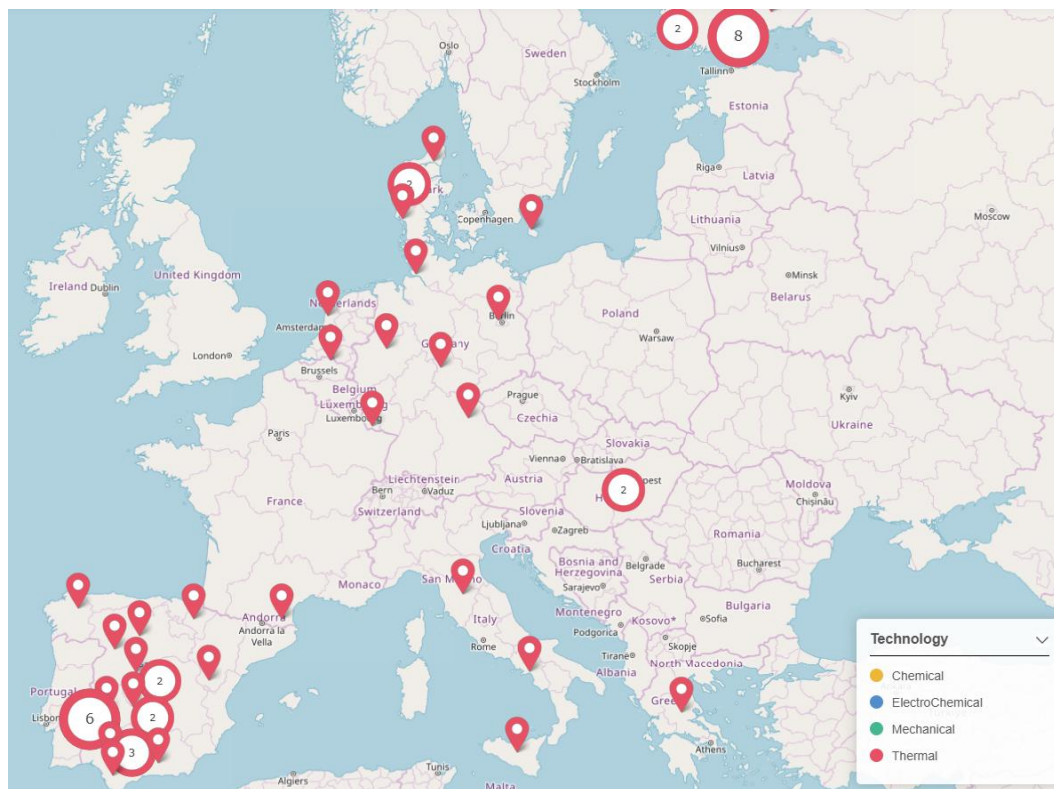
In Europa krijgt warmteopslag steeds meer strategisch belang binnen de bredere energietransitie. Waar batterijen en pompaccumulatie traditioneel de boventoon voerden, wordt thermische opslag nu gezien als een waardevolle aanvulling, vooral voor industriële verduurzaming en voor toepassingen waarbij langdurige energieopslag nodig is. De technologie maakt het mogelijk om goedkope, hernieuwbare elektriciteit om te zetten in warmte die later kan worden gebruikt of, indien nodig, weer kan worden omgezet in stroom.

De groei van warmteopslag wordt aangedreven door een combinatie van factoren. De kosten dalen door schaalvergroting en technologische innovatie, bijvoorbeeld bij systemen met gesmolten zouten, water of steen. Het gemiddelde jaarlijkse groeipercentage (CAGR) van de wereldwijde jaarlijkse warmteopslag installaties voor industriële toepassingen in de periode 2024-2034 bedraagt 75%⁶¹. Tegelijkertijd neemt de beleidssteun toe. De Europese Unie en haar lidstaten erkennen opslag in toenemende mate als sleuteltechnologie voor een betrouwbaar en flexibel energiesysteem. Nieuwe wetgeving maakt het mogelijk dat ook thermische opslag meedoet aan flexibiliteitsmarkten en in aanmerking komt voor subsidies of staatssteun. Het onlangs geïntroduceerde Clean Industrial Deal State Aid Framework verlaagt

⁶¹ <https://www.idtechex.com/en/research-report/thermal-energy-storage/1001>

bijvoorbeeld de drempel om financiële steun te verlenen aan warmteopslagprojecten in de industrie.

Figuur 5.5 Grootschalige of Industriële warmteopslag projecten in Europe. Project data van de Europese Joint Reserach Centre (Aug 2025)⁶²



De marktomstandigheden versterken de businesscase verder. Negatieve elektriciteitsprijzen en overschotten aan zon- en windenergie bieden kansen om goedkoop warmte te produceren en op te slaan. Dit sluit aan bij de bredere elektrificatie van de industrie, waarbij elektrische boilers en warmtepompen vaak worden gecombineerd met opslag om zowel kosten als CO₂-uitstoot te verlagen.

Op beleidsgebied zijn er meerdere relevante ontwikkelingen. De hervorming van het Europese ontwerp voor de elektriciteitsmarkt in 2024 verplicht lidstaten om hun flexibiliteitsbehoeften te analyseren en concrete opslagdoelen op te stellen. Dit kan ertoe leiden dat warmteopslag expliciet wordt opgenomen in nationale strategieën voor industriële verduurzaming en stedelijke warmtenetten. Daarnaast werkt de EU aan hervormingen van netwerkkosten en aansluitprocedures, wat belangrijk is voor projecten die elektriciteit willen omzetten naar warmte.

⁶² <https://ses.jrc.ec.europa.eu/storage-inventory-maps>

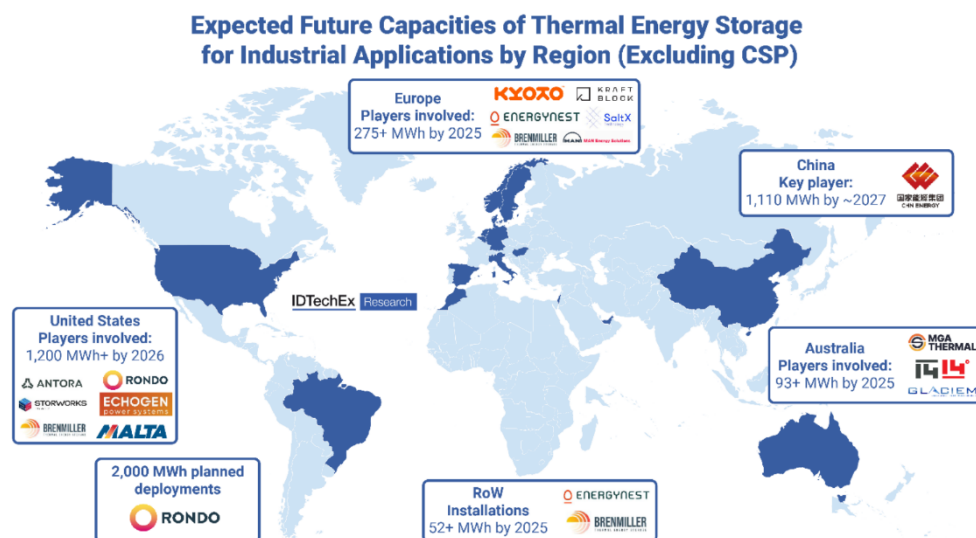
Nederlandse positie in Europa

Nederland heeft internationaal een onderscheidende positie opgebouwd door decennialange ervaring met ATES. Nederland geldt als koploper in de ontwikkeling en implementatie van zowel midden- als hoge-temperatuur aquiferopslag en beschikt daarmee over exportkansen in kennis, materialen en componenten. Daarnaast is Nederland uniek gepositioneerd in de ontwikkeling van de ijzer-redoxtechnologie, een innovatief systeem dat naast warmteopslag ook inzetbaar is voor elektriciteitsopwekking en industriële processen. Deze technologie, voortgekomen uit het sterke kennisnetwerk rond de Technische Universiteit Eindhoven en Metalot, vindt inmiddels navolging in Duitsland en Canada, wat de internationale uitstraling en potentie van Nederlandse bedrijven verder versterkt.

Toch zijn er nog Europese obstakels. Vergunningen en netaansluitingen verlopen vaak traag, en de regelgeving is doorgaans geschreven voor elektriciteitsopslag, waardoor thermische systemen buiten beeld blijven. Ook het huidige marktontwerp levert nog niet altijd voldoende inkomstenstromen op voor warmteopslag, en het beleid verschilt sterk per lidstaat.

De verwachting is dat thermische opslag de komende jaren vooral in de industrie en stadsverwarming een snelle groei zal doormaken. Projecten waarin hernieuwbare opwek wordt gecombineerd met warmtebuffers en elektrische boilers zullen steeds gebruikelijker worden. Naarmate de Europese flexibiliteitsstrategieën na 2027 in werking treden en meer staatssteun beschikbaar komt, zal warmteopslag een vaste plaats veroveren als onmisbare schakel in het energiesysteem.

Figuur 5.6 In 2020 werd wereldwijd ongeveer 234 GWh aan TES geïnstalleerd, en volgens IRENA zal de TES-capaciteit naar verwachting tegen 2030 verdrievoudigen tot 800 GWh



Bron: Sirris (2025). The heat is on: harnessing Thermal Energy for tomorrow. [Link](#); IDTechEx (2025). Thermal Energy Storage 2024-2034: Technologies, Players, Markets, and Forecasts. [Link](#).

5.3 Moleculen

Europa en Nederland investeren volop in groene gassen. Het speelveld richt zich op de rol en waardeketens van groen gas en waterstof als 'dragers' van de energietransitie. Het productieproces en de gebruikte grondstoffen zijn anders dan nu. De waardeketens lijken op de huidige waardeketens. Met opslag en transport via pijpleidingen of in tanks over de weg en het water naar afnemers in de industrie en chemie als bulkklanten, of in mobiliteit en de gebouwde omgeving (met name bestaande bouw).

Er is toenemende kwantitatieve aandacht voor grootschalige ondergrondse opslagcapaciteit: EU-onderzoek consortia schatten dat Europa in 2050 tientallen tot enkele honderden TWh aan ondergrondse H₂-opslagcapaciteit nodig zal hebben (orde van grootte: **80–270 TWh** in scenario-analyses). Enkele programma's of steunpakketten zijn de IPCEI-programma's (Hy2Tech, Hy2Use, Hy2Infra), Clean Hydrogen Partnership + Europese H2-bank (o.a. calls ~€184,5 mln in 2025) en Nationale ondersteuningsprogramma's (voorbeelden: Spanje ~€794 mln steun voor groene waterstofprojecten (2024)).

Figuur 5.7 Moleculenopslag en Power to Gas (H₂) projecten nn Europe. Project data van de Europese Joint Reserach Centre (Aug 2025)⁶³



Ondanks dat er in Europa honderden miljarden euro's aan kapitaal zijn toegezegd via onder meer de IPCEI-programma's en nationale steunregelingen, blijft het aandeel waterstofprojecten dat een definitieve investeringsbeslissing (FID) bereikt zeer laag, met gerapporteerde FID-percentages in de lage enkele cijfers voor 2024. Dit wijst op een combinatie van financierings-, regulatoire en marktrisico's die de uitrol substantieel vertragen. Modelanalyses schatten de toekomstige Europese opslagbehoefte op 80–270 TWh, maar de marktontwikkeling is gefragmenteerd: landen met gunstige geologische omstandigheden (zoals Nederland, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk, Spanje en Polen) experimenteren met ondergrondse opslagpilots, terwijl andere lidstaten zich richten op importketens en bovengrondse of chemische opslagdragers. De opschaling naar commerciële opslagcapaciteit vereist

⁶³ <https://ses.jrc.ec.europa.eu/storage-inventory-maps>

langdurige afnamecontracten, robuuste certificatieregels en stabiele marktordening. Belangrijke remmende factoren voor marktforming zijn: (i) onzekerheid of wijzigingen in certificatieregels, die direct de marktwaarde van geproduceerd waterstof beïnvloeden, (ii) geopolitieke spanningen en zorgen over goedkope importcomponenten uit China, (iii) gebrekkige infrastructuurcoördinatie tussen lidstaten, en (iv) financieringsstructuren die sterk leunen op staatssteun en IPCEI-middelen. Deze condities verklaren de kloof tussen publiek aangekondigde investeringen en daadwerkelijke projectuitvoering.

Beleidsontwikkelingen in de Europese Unie richten zich op de zogeheten Delegated Acts om - als onderdeel van het Hydrogen & Gas Markets-pakket en de herziening van de Renewable Energy Directive (RED) - geharmoniseerde methodologieën voor de berekening van broeikasgasbesparingen van low-carbon en renewable waterstof. Deze bepalingen leggen de kernregels vast voor koolstofboekhouding, die de voorwaarden bepalen voor markttoegang, import en toekenning van publieke steun. Tegelijkertijd worden de staatssteuncriteria aangescherpt, mede ingegeven door geopolitieke zorgen over concurrentie uit derde landen, zoals China, en door politieke discussie over de vraag of nucleair geproduceerde waterstof als low-carbon moet worden geclassificeerd. De uitgestelde besluitvorming hierover vergroot de investeringsonzekerheid in de sector. Parallel hieraan werken de Europese Commissie en sectororganisaties aan een geïntegreerde infrastructuurstrategie voor waterstof, inclusief grensoverschrijdende transmissie, opslagcapaciteit en geharmoniseerde veiligheids- en operationele normen, om de vorming van een pan-Europese waterstofmarkt te faciliteren.

5.4 Beleid voor energieopslag in Europa

De Europese Commissie intensificeert haar inspanningen om de energietransitie te versnellen via meerdere beleidsinitiatieven die direct invloed hebben op de markt voor energieopslag:

- [European Energy Storage Inventory \(2025\)](#)
De introductie van een [realtime dashboard](#) maakt het mogelijk om geplande en operationele opslagprojecten per locatie en technologie inzichtelijk te maken. Dit vergroot de transparantie, verbetert investeringsanalyses en bevordert grensoverschrijdende samenwerking in opslagcapaciteit.
- [Electricity Market Design Reform](#)
De herziening van het marktontwerp omvat een methodologie voor het bepalen van flexibiliteitsbehoeften, essentieel voor het inschatten van toekomstige opslagvereisten. EASE participeert actief in consultaties, waardoor belangen van de opslagsector worden vertegenwoordigd.
- [Clean Industrial Deal & Affordable Energy Action Plan \(2024\)](#)
Deze beleidskaders richten zich op de versnelde uitrol van hernieuwbare energie, industriële decarbonisatie en betaalbare energievoorziening. Energieopslag wordt hierbij gepositioneerd als kritische enabling technologie. De plannen beloven structurele ondersteuning voor opslaginvesteringen en grootschalige implementatie.
- [Net-Zero Industry Act \(NZIA\)](#)
Deze wetgeving creëert een regelgevend kader om cleantech-productie in de EU op te schalen. Voor energieopslag betekent dit een versnelling in industriële productie, supply chains en technologische innovatie, versterkt door gunstige wet- en regelgeving. In mei 2025 werden specifieke batterijonderdelen (zoals batterijpacks, BMS en

supercondensatoren) opgenomen in een reguleringskader dat versnelde vergunningsprocedures en toegang tot fondsen mogelijk maakt.

- **European Grid Package (aangekondigd in Juni 2025)**

Op 2 juni 2025 heeft de Europese Commissie een leidraad gepubliceerd over anticiperende investeringen in elektriciteitsnetten, met als doel netten toekomstbestendig te maken. De focus ligt op distributie- en transmissienetwerken die tegen 2040 respectievelijk ongeveer €730 miljard en €477 miljard aan investeringen vereisen. De documenten bieden concrete aanbevelingen voor netplanning, toetsing en kosten- en stimuleringsstructuren, gericht op lidstaten, nationale regelgevende instanties en netbeheerders, om te zorgen dat netinvesteringen inspelen op toekomstige behoeften en betaalbaar blijven.

- **Vereenvoudigen regelgeving voor betere concurrentiepositie Europese partijen**

Op 18 juli 2025 heeft de Raad van de Europese Unie een wet aangenomen die de invoering van due-diligence verplichtingen voor batterijen met twee jaar uitstelt tot 18 augustus 2027, zodat producenten en exporteurs meer tijd krijgen om zich voor te bereiden en de benodigde verificatie-instanties (derden-controle) op te zetten. De maatregel maakt deel uit van het Omnibus IV-pakket, dat gericht is op vereenvoudiging en het terugdringen van regelgeving ten behoeve van de concurrentiekracht van de industrie. Zo wil de EU de industrie meer ruimte geven om toeleveringsketens te verzekeren. Daarnaast verplicht de wet de Commissie om de due-diligence-richtsnoeren uiterlijk een jaar vóór inwerkingtreding (dus voor augustus 2026) te publiceren, om bedrijven tijdig houvast te bieden.

- **Critical Raw Materials Act (CRMA)**

De CRMA trad in mei 2024 in werking, en in maart 2025 is een selectie van 47 strategische projecten binnen de EU goedgekeurd om de binnenlandse capaciteit van kritieke grondstoffen te vergroten. Dit zijn projecten gericht op lithium, kobalt, grafiek en andere essentiële materialen voor batterijopslag. In juni 2025 zijn nog eens 13 projecten toegevoegd.

- **Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)**

Een belangrijke impuls aan elektriciteits- en warmteopslag komt vanuit de aanstaande herziening van de Europese EPBD, die vanaf mei 2026 vereist dat ook opslag wordt meegenomen in de energieprestatieberekeningen van gebouwen.

- **Wetgevend Kader: RED III en RED III.5**

De herziening van de Hernieuwbare-Energierichtlijn introduceert strengere doelstellingen en nieuwe mechanismen voor de integratie van hernieuwbare energie. Energieopslag speelt een sleutelrol in de implementatie van deze doelen, als oplossing voor onbalans en netstabiliteit. RED III.5 legt daarnaast de nadruk op systeemintegratie en interconnectiviteit binnen de Europese energiemarkt.

Financiële en Industriële Impulsen

- **Publieke steun voor batterijproductie (€ 3 miljard)**

Een partnerschap tussen de Europese Commissie en de EIB biedt aanzienlijke financiële ondersteuning voor de Europese batterij-industrie. Deze investering versterkt de concurrentiepositie van Europese fabrikanten ten opzichte van Aziatische markten en creëert kansen voor lokale productie van grootschalige opslagsystemen.

- **Staatssteunregelingen voor opslag**

Verschillende EU-lidstaten (o.a. Spanje, Frankrijk, Griekenland) ontvangen goedkeuring voor gerichte opslagstimuleringsprogramma's. Deze omvatten investeringssubsidies,

capaciteitsvergoedingen en belastingvoordelen, wat de ROI van opslagprojecten aanzienlijk kan verbeteren.

- **Energieopslag stimulansen als reactie op grootschalige stroomuitval Portugal en Spanje**
Na de grootschalige stroomuitval in Portugal en Spanje heeft Spanje opslag verklaard tot publiek nutsmiddel, hybride vergunningen vereenvoudigd en opslagsystemen toegang gegeven tot stuur- en marktmechanismen. Portugal heeft grootschalige investeringen (400 miljoen euro) aangekondigd, waaronder een verhoging van de batterijcapaciteit tot 750 MW en extra 'black start' centrales. De kans op stroomuitval vormt een steeds groter risico. Batterijen kunnen een belangrijke rol spelen bij stroomuitval door het net te stabiliseren en bij te dragen aan een snelle herstart van het systeem, mocht stroomuitval toch optreden.

Marktdata en Groeiverwachtingen

- **EMMES 9.0 (2025)**
Volgens de nieuwste editie van de European Market Monitor on Energy Storage (EASE & LCP Delta) is Europa's opslagcapaciteit eind 2024 gestegen tot 89 GW. De verwachting is dat dit groeit tot meer dan 200 GW in 2030, gedreven door beleidsondersteuning, innovatie en netvereisten.
- **Batterijwachtrijen wereldwijd: 540+ GW**
Het IEA wijst op een wereldwijde opslagcapaciteit in de wachtrij van ruim 540 GW. Dit signaleert knelpunten in netaansluitingen maar ook een sterke projectpipeline en een toenemende vraag naar netstabiliteit.
- **Grid-forming batterijen**
Onderzoek adviseert netbeheerders om grid-forming systemen te implementeren voor meer netstabiliteit en een hogere opname van wind- en zonne-energie. Dit wijst op technologische verschuivingen in ontwerp en toepassing van batterijopslag.
- **Marktattractiviteit (BatMAR 2025)**
Aurora Energy Research identificeert Italië, Duitsland en het VK als de meest aantrekkelijke markten voor batterijopslag. In 2024 stond Europa's grootschalige BESS-capaciteit op 10,3 GW, met een verwachte toename tot 55 GW in 2030 en 126 GW in 2050. Dit vertegenwoordigt een investeringspotentieel van € 100 miljard.

5.5 Conclusie internationale ontwikkelingen

De analyse laat zien dat de ontwikkeling van energieopslag sterk technologieafhankelijk is: per technologie zijn verschillende marktrollen dominant en zijn andere landen leidend in de uitrol. Zo domineren Aziatische fabrikanten en systeemintegratoren bij batterijen, terwijl in thermische en moleculaire opslag Europese en nationale partijen een relatief grotere rol spelen. Voor Nederland betekent dit dat de ruimte om de energieopslagmarkt zelfstandig vorm te geven beperkt is.

Nederland is in hoge mate afhankelijk van internationale dynamieken en beleidskeuzes in andere landen, met name China en de Verenigde Staten. Voor een succesvolle positionering is het daarom cruciaal om strategisch samen te werken met de juiste partijen buiten de landsgrenzen en tijdig in te spelen op mondiale markttrends. Nederland kan zich onderscheiden door niches in kennis, certificering en systeemintegratie te versterken, maar blijft voor grootschalige markttoegang aangewezen op internationale toeleveringsketens en beleidskaders.

6 Reflectie resultaten

Dit rapport, gebaseerd op een uitgebreide literatuuranalyse, marktsurvey en interviews met gebruikers, uitgevoerd door Energy Storage NL (ESNL) in samenwerking met Ecorys, benadrukt de cruciale rol van opslag in elektriciteit, warmte en moleculen (zoals waterstof) bij het aanpakken van de mismatch tussen variabele hernieuwbare energieproductie en vraag; en laat zien dat energieopslag zich ontwikkelt tot een onmisbare pijler in het Nederlandse energiesysteem.

De snelle groei van hernieuwbare energie - in 2024 goed voor 54% van de elektriciteitsproductie - leidt tot toenemende variabiliteit en structurele mismatch tussen vraag en aanbod. Hierdoor ontstaan uitdagingen zoals netcongestie, negatieve prijsuren - wat hernieuwbare productie onder druk zet – en zorgt voor afhankelijkheid van fossiele back-up capaciteit. Energieopslag kan deze problemen opvangen, maar de uitrol en economische haalbaarheid blijven achter bij de groeiende behoefte.

De bevindingen uit dit rapport, [al samengevat in de managementsamenvatting](#), hebben directe gevolgen voor bedrijven in de sector, die opereren in een markt met hoge groeipotentie maar significante risico's.

- **Marktkansen en risico's:** De explosieve groei van batterijen⁶⁴ (1 GWh 2024 naar 9+ GWh in 2027) biedt schaalvoordelen, maar congestie en tarieven maken van projecten onrendabel in Nederland, waarbij >50% geannuleerd worden⁶⁵. Bedrijven anticiperen op verzadigde markten (onbalans, FCR) en verschuiven naar alternatieve (aFRR/mFRR)continue verbeteringen in batterijen technologieën en flink dalende prijzen, zullen nieuwe markten worden geopend, zoals V2G⁶⁶ en consumenten goederen, wat resulteert in reductie in volatiliteit op de energiemarkten zal verlagen en daardoor inkomsten zal drukken voor alle opslag (warmte, elektriciteit, moleculen) technologieën die gebruik maken van volatiliteit op de energiemarkten om een rendabele businesscase te maken. **Implicatie voor de energieopslag sector(en):** Het vinden van (niche) toepassingen door diversificatie of specialisatie in diensten en functies is essentieel voor toekomstige levensvatbaarheid.
- **Operationele uitdagingen in Nederland:** De ontwikkeling van energieopslagprojecten in Nederland wordt geconfronteerd met een reeks structurele obstakels. Hoge nettatarieven en trage vergunningprocedures verlengen de doorlooptijden aanzienlijk voor alle technologieën. Dit verhoogt niet alleen de kosten, maar blokkeert ook de realisatie van kapitaalintensieve projecten. Voor grotere infrastructuurprojecten, zoals collectieve of industriële warmte- en moleculenopslag, komt daar nog bij dat veel maatwerk nodig is. Dit maakt de businesscase extra kwetsbaar in een speelveld dat snel verandert en waarin beleidskaders vaak achter de technologische realiteit aanlopen. Daarnaast ontbreekt voldoende steun tijdens de kritieke valley of death-fase: de periode waarin technologieën

⁶⁴ Er vindt een deflatoire spiraal plaats in de batterij markt: lagere batterijkosten ontsluiten nieuwe markten, wat leidt tot meer vraag, meer productie en nog lagere prijzen. Deze cyclus verloopt sneller en krachtiger dan vergelijkbare trends in de zonne-energie, door de veelzijdigheid van batterijen en de kruisbestuiving tussen mobiliteit en energie-toepassingen. Deze groei wordt grotendeels gedreven door industriële beleidsmaatregelen, zoals die in China, die nieuwe markten openen en de industrie stimuleren om zich aan te passen aan deze nieuwe realiteit.

⁶⁵ Analyse op basis van data verkregen van de Regionale Netbeheerders (Stedin, Liander, Enexis). Zie bijlage.

⁶⁶ Vehicle-grid-grid of bi-directioneel laden van elektrisch vervoer

de sprong moeten maken van pilot naar commerciële toepassing. Het gebrek aan subsidies of andere vormen van risicodeling leidt ertoe dat projecten stranden of bedrijven failliet gaan. Het afgelopen jaar zijn meerdere ontwikkelaars van warmte- en lange-duur-opslag failliet verklaard omdat zij hun projecten niet tijdig konden realiseren. Internationaal, en zelfs binnen Europa, ontstaat hierdoor een ongelijk speelveld. Andere landen bieden wél gerichte ondersteuning, waardoor technologie-ontwikkelaars hun opschaling en marktintroductie daar versneld kunnen doorzetten. [Voor Nederland betekent dit](#) dat start-ups en scale-ups vaak vertrekken zodra zij willen doorgroeien. Daarmee verdwijnt ook de economische waarde van de innovaties waarvoor ons land eerder aanzienlijke publieke middelen heeft geïnvesteerd. Het resultaat: Nederland draagt de kosten van innovatie, maar ziet de baten elders neerslaan.

- [Internationale afhankelijkheid](#): Nederlandse bedrijven riskeren marginalisatie door Chinese dominantie, wat toeleveringsketens kwetsbaar maakt. [Implicatie voor Nederland](#): Lokale productie en partnerschappen (bijv. met EU-EPC's) zijn cruciaal om afhankelijkheid te reduceren; zonder dit wordt Nederland louter importeur, met hogere kosten en geopolitieke risico's. Deze technologie krijgt ook steeds meer defensief belang, omdat moderne oorlogsvoering steeds vaker afhankelijk is van batterij-aangedreven apparaten zoals drones, wat vragen oproept over de afhankelijkheid van landen van buitenlandse batterij-industrieën. Daarnaast is [cyberveiligheid](#) een belangrijk aandachtspunt voor de energieopslag sector. Als doelwit voor systeeminstabiliteit, moeten bedrijven investeren in robuuste protocollen om reputatieschade te voorkomen.

6.1 Vergelijking met de Netbeheer scenario's richting 2050, editie 2025

De Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 laten zien hoe het energiesysteem verandert als de klimaatdoelstellingen volgens plan gehaald worden. Deze scenario's maken zo duidelijk waar belangrijke vraagstukken voor de energietransitie ontstaan. Uit de resultaten komen belangrijke lessen naar voren:

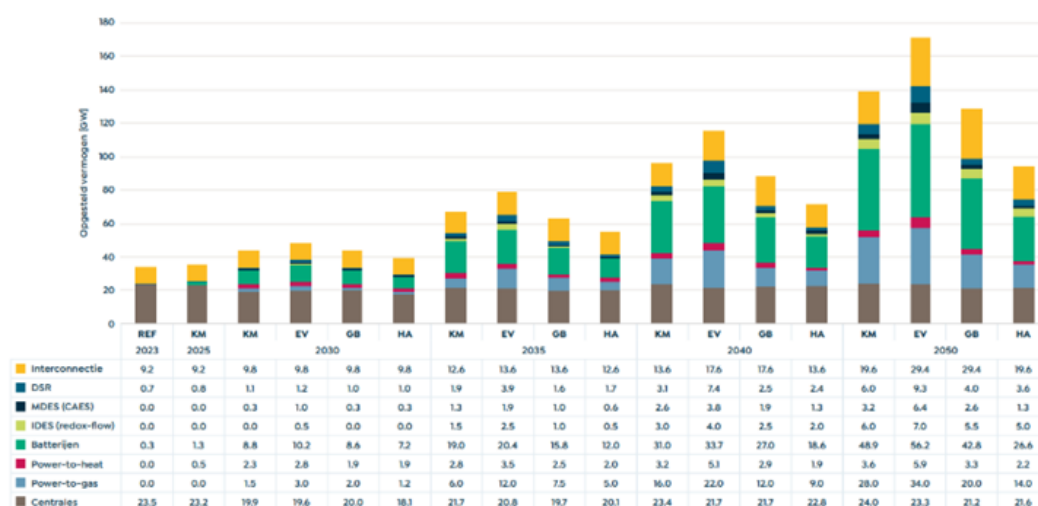
Het regelbaar vermogen voor elektriciteit blijft tijdens de transitie ongeveer gelijk, maar de hoeveelheid geleverde energie neemt sterk af. Gas blijft tot 2040 een belangrijke rol spelen, al neemt het gebruik in de meeste scenario's af, behalve in Gezamenlijke Balans waar groen gas juist belangrijk wordt. Aardgas- en fossiele centrales worden steeds meer vervangen door waterstofcentrales, flexibele bronnen en kerncentrales. Door de groei van wind- en zonne-energie ontstaan grote schommelingen in het aanbod, wat vraagt om een flexibel energiesysteem dat kan meebewegen en waarin fors wordt geïnvesteerd om vraag en aanbod in balans te houden. Vooral op piekmomenten zoals de vroege avond en koude winterdagen moet het beschikbare vermogen sterk groeien, terwijl overschotten efficiënt benut moeten worden. Daarvoor zijn diverse flexibiliteitsmiddelen nodig, niet alleen in de elektriciteitssector maar ook via de koppeling met waterstof en warmte, om ook seizoensverschillen te kunnen opvangen.

De onderstaande figuren laten zien wat de flexibiliteit behoefte is per scenario. Het onderzoek van Energy Storage NL heeft zich uitsluitend gefocust op energieopslag, elektriciteitsopslag in Figuur 6.1, moleculenopslag in Figuur 6.2, en warmteopslag in Figuur 6.3.

De verwachte behoefte aan **elektriciteitsopslag** in alle scenario's vanaf 2030 is aanzienlijk. Voor **batterijen** verwacht Netbeheer Nederland in 2030 een opslagcapaciteit van 7,2–10,2 GW met een capaciteit tussen de 20,2 - 27.2GWh. Dat is lager dan de eerdere IP2024-schattingen, maar vergelijkbaar met de KEV2024 en beter in lijn met de huidige marktdynamiek. Hoewel het aantal transportaanvragen bij de regionale netbeheerders en TenneT fors is, geven netbeheerders aan dat de helft van deze aanvragen uiteindelijk niet doorgaat. Bovendien bevindt het grootste deel van de actieve dossiers zich nog in de behandelfase. Stedin schat dat uiteindelijk slechts 20–25% van de aanvragen daadwerkelijk gerealiseerd zal worden. Daar komen nog de risico's en doorlooptijden bij voor het verkrijgen van financiering en gemeentelijke vergunningen. Energy Storage NL concludeert dat de sector weliswaar een goede start maakt, maar dat er op korte termijn een aanzienlijk groter aandeel van de aangevraagde projecten gerealiseerd moet worden om de in de scenario-studies geschatte behoeftes te kunnen dekken.

Voor de **MDES (CAES)**-technologie geldt dat er tot nu toe geen concrete projecten zijn gerealiseerd. Sterker nog: het enige Nederlandse bedrijf op dit gebied, Corre Energy, werd in 2025 failliet verklaard. Dit benadrukt dat grote infrastructuurprojecten grote risico's lopen in de vergunningsfase⁶⁷, zeker wanneer politiek en maatschappelijk draagvlak ontbreekt. Energy Storage NL stelt daarom dat de aannames in de NBNL-scenario's voor de MDES (CAES), editie 2025, voor 2030 en 2035 niet haalbaar zijn.

Figuur 6.1 Opgestelde vermogens (GW) voor verschillende types flexibel regelbaar vermogen elektriciteit.



Bron: Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 Mei 2025

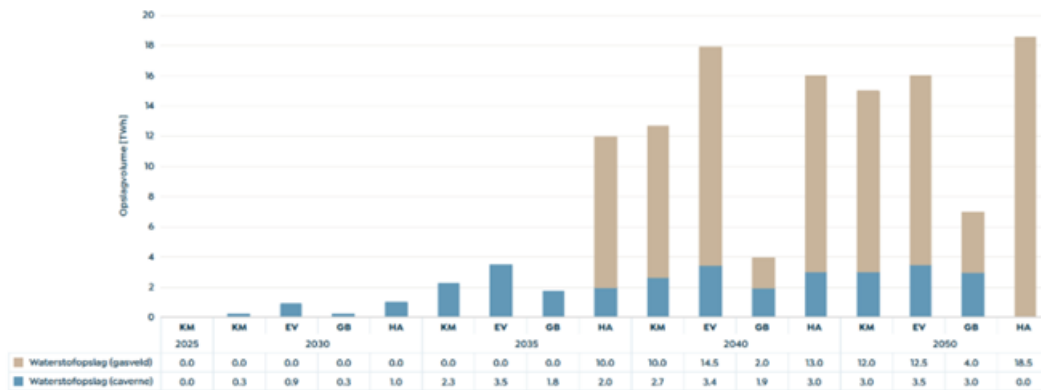
In de scenario's is aangenomen dat er in 2030 tussen de 0,3 en 1,0 TWh aan **moleculenopslag (waterstofopslag)** gerealiseerd wordt. In juni 2025 ontving EnergyStock hiervoor weliswaar een opslagvergunning van het Ministerie van Klimaat en Groene Groei, gevolgd door een subsidie van €160 miljoen⁶⁸, maar realisatie van het project is nog niet gegarandeerd. Volgens de huidige planning zijn alle voorbereidende procedures, waaronder vergunningen, pas in de zomer van 2027 afgerond (als alles mee zit), waarna de bouw kan

⁶⁷ <https://energeia.nl/persluchttopslag-groningen-komt-er-niet-bouwer-is-failliet/>

⁶⁸ <https://energeia.nl/ministerie-kiest-locaties-opslag-waterstof-zuidwending/>

starten. Energy Storage NL wijst erop dat de lange doorlooptijden van vergunningstrajecten, gecombineerd met politieke en maatschappelijke onzekerheden, maken dat aanzienlijk meer beleidsmatige steun en politieke wil nodig zijn om de veronderstelde opslagvolumes voor waterstofcavernes daadwerkelijk te realiseren. Zonder deze eerste cavernes kan Nederland niet leren, kennis opbouwen en projecten opschalen om waarde te creëren in de toekomstige waterstofmarkt.

Figuur 6.2 Aangenomen opslagvolumes voor waterstof.



Bron: Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025 Mei 2025

In de scenario studies van de netbeheerders wordt [warmteopslag](#) meegenomen als een nuttige aanvulling binnen het energiesysteem, maar de manier waarop dit gebeurt blijft vrij beperkt. In de onderstaande figuren wordt er onderscheid gemaakt tussen kortetermijnopslag, middellange opslag en seizoensopslag, waarbij volumes en cycli in orde van grootte worden geschat zonder harde kwantitatieve data. Dit geeft een eerste indicatie van de mogelijke schaal en inzet, maar de uitwerking is veel grover dan bij andere flexibiliteitsopties zoals batterijen of waterstof. De 88GWh die Energy Storage NL kan identificeren aan warmteopslag systemen is niet meegenomen in de scenario studies.

De integratie met andere energietechnologieën blijft oppervlakkig. Er wordt wel een link gelegd met elektriciteit, in die zin dat de inzet van warmteopslag mede afhankelijk wordt gemaakt van prijsschommelingen, maar de bredere interactie tussen warmte en elektriciteit – zoals de rol van power-to-heat in het balanceren van het net – wordt niet volledig door-gerekend. Ook in de vergelijking met flexibiliteitstechnologieën in de elektriciteitssector wordt warmteopslag meer als aanvulling beschreven dan als volwaardige optie. Binnen warmte-netten wordt de rol van warmteopslag beter zichtbaar gemaakt, vooral door te kijken naar de behoefte aan seizoensopslag gekoppeld aan het aantal grootschalige netten, maar dit blijft een sectorale benadering. Daarmee ontstaat het beeld dat warmteopslag vooral wordt gezien als een ondersteunende technologie voor warmtenetten, en minder als een strategische schakel in het energiesysteem als geheel. Waar batterijen en waterstof duidelijk worden doorgerekend en gepositioneerd als cruciale flexibiliteitsmiddelen, blijft warmteopslag op een meer kwalitatief en beschrijvend niveau.

De door de netbeheerder aangegeven behoefte aan warmteopslag – in ATES-, TTES- en PTES-technologie – voor 2030 (over vijf jaar) acht Energy Storage NL onrealistisch zonder aanvullend beleid en stevige marktstimulering. Grootschalige opschaling van projecten is

nauwelijks mogelijk, omdat elk project maatwerk vergt en daardoor niet eenvoudig in productiecapaciteit kan worden opgeschaald.

Figuur 6.3 Geschat behoefte aan seizoensopslag in 2050 voor elk van de scenario's ingeschat: Seizoensopslag ATES en Kortetermijnwarmteopslag TTES en PTES.

Seizoensopslag ATES					2025				2030				2035			
[GWh]					KM	EV	GB	HA	KM	EV	GB	HA	KM	EV	GB	HA
Streefwaarde	min	0	0	0	0	0	0	0	0	250	0	0	500	1.250	200	200
	max	0	0	0	0	0	0	0	500	750	300	300	1.000	1.750	600	600
Waarde in scenario		0	0	0	0	225	650	200	200	800	1.400	550	800	1.400	550	525

Seizoensopslag ATES					2040				2050			
[GWh]					KM	EV	GB	HA	KM	EV	GB	HA
Streefwaarde	min	1.000	1.750	400	400	1.500	2.250	500	500			
	max	1.500	2.250	800	800	2.000	2.750	900	900			
Waarde in scenario		1.300	2.000	700	700	2.000	2.600	800	800			

Korte termijn opslag TTES en PTES (geschat)					2050			
					KM	EV	GB	HA
Geschat aantal cycli					114	74	79	70
Geschatte hoeveelheid GWh per cyclus					10	8	8	8
Geschat totaal volume [GWh]					1.138	588	630	560

Bron: Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025, Mei 2025

De Netbeheerders geven aan dat er meer regelbaar productievermogen en extra flexibiliteit nodig is om tekorten in het elektriciteitssysteem te voorkomen.

De ontwikkeling van het aanbod van duurzame elektriciteit vertraagt, terwijl de vraag blijft groeien. Windprojecten op zee en land lopen vertraging op, zonneparken stuiten op netcongestie en uitblijvende vergunningen, en zon-op-dak vertraagt door beleidsonzekerheid. Zonder versnelling moeten bestaande centrales langer operationeel blijven of meer draaiuren maken om in de groeiende elektriciteitsbehoefte te voorzien. In een van de scenario's is bijvoorbeeld gekozen om in 2030 kolencentrales open te houden, al gaan ze dan wel biomassa stoken. Daarnaast is nieuw gasgestookt vermogen toegevoegd, zowel voor extra aanbod als voor structurele flexibiliteit en netbalancering. Vanaf 2030 start de aanpassing van gascentrales voor inzet van waterstof.

Een duurzaam energiesysteem vereist daarnaast een grote hoeveelheid flexibele bronnen om vraag en aanbod van energiedragers op ieder moment in balans te houden – aldus de netbeheerders. Op basis van bestaande klantassets, bekende projecten, studies en onderzoek naar markt- en technologische trends is ingeschat welke volumes en vermogens beschikbaar zijn. In veel gevallen blijken deze assets nog onvoldoende om het systeem volledig in balans te houden. Dat betekent dat er op sommige momenten overschotten of tekorten ontstaan die niet kunnen worden opgevangen.

Om deze reden hebben de netbeheerders in de scenario's extra flexibiliteit aan het systeem toegevoegd. Dit betreft met name sneller realiseren van nieuw vermogen met gas- of waterstofcentrales, sturen op hogere vraag, en extra grootschalige elektriciteitsopslag en warmteopslag. Hiermee is meer flexibiliteit aangenomen dan momenteel verwacht kan worden, maar deze is noodzakelijk om het energiesysteem te laten functioneren. Tegelijkertijd wordt er aangegeven dat het belangrijk is om te onderzoeken welke maatregelen nodig zijn om in de toekomst voldoende flexvermogen beschikbaar te maken, bijvoorbeeld via financiële ondersteuning van onrendabele flexibiliteit, verbetering van marktcondities, of aanvullende regulering.

Conclusie

De NBNL-scenariostudies laten zien dat er grote onzekerheid bestaat over de verwachte cijfers, met name rond de groei en inzet van verschillende energieopslag capaciteiten. Energy Storage NL bevestigt met dit marktonderzoek dat de realisatie snelheid niet aan deze

scenario verwachting/behoefte kunnen voldoen in de huidige marktcondities. Een belangrijk gevolg kan zijn dat de leveringszekerheidsnorm van TenneT al eerder of in grotere mate onder druk komt te staan dan in Rapport Monitoring Leveringszekerheid. Daarmee neemt de kans toe dat aanvullende maatregelen – zoals versnelling van investeringen in flexibiliteit en energieopslag – eerder noodzakelijk worden.

Bijlage A: Data toelichting en Survey

Datamethode Voltho – Batterijdata

Voltho baseert haar analyses voornamelijk op feitelijke projectgegevens, projectaankondigingen en informatie uit het eigen netwerk. De focus ligt op stationaire batterijopslag; mobiele systemen en thuisbatterijen zijn niet meegenomen, tenzij dit specifiek is vermeld. De verzamelde data omvat gerealiseerde capaciteit per sector en jaar, aangekondigde maar nog niet voltooide projecten, historische gegevens en trendlijnen voor toekomstige extrapolaties, evenals sectorspecifieke informatie (Utiliteit & Energiesystemen, C&I, Gebouwde Omgeving en overige sectoren).

Voor de analyses past Voltho trendmodellen toe om low-, base- en high-scenario's per sector op te stellen. Deze zijn gebaseerd op gerealiseerde projecten en historische trends. Voor elk jaar wordt een onzekerheidsbandbreedte gehanteerd, gebaseerd op historische afwijkingen, trendanalyses, scenario-analyses en aannames over nog onbekende projecten. Observaties per sector worden gekoppeld aan relevante drijfveren, zoals energiehandel, energiezekerheid, verduurzaming, kostenontwikkelingen en technologische vooruitgang (bijvoorbeeld nieuwe celtechnologieën, EMS-systemen en containeroptimalisatie). De prognose data wordt steekproefsgewijs gevalideerd bij marktpartijen.

6.2 Algemene steekproefkenmerken

Bent u lid van Energy Storage NL (ESNL)?

Lid ESNL?	N	%
Ja	39	89%
Nee	5	11%
Totaal	44	100%

Hoeveel werknemers heeft uw organisatie die direct betrokken zijn met energieopslag in Nederland?

Bedrijfsgrootte	N	%
< 5 medewerkers	17	40%
6 t/m 25 medewerkers	13	31%
26 t/m 50 medewerkers	7	17%
51 t/m 75 medewerkers	4	10%
76 t/m 500 medewerkers	1	2%
Totaal	42	100%

Binnen welke technologiegroepen is uw organisatie actief? (Meerdere antwoorden mogelijk)

Technologiegroep	N	%
Elektriciteitsopslag	29	66%

Chemische opslag	3	7%
Warmteopslag	4	9%
Gemixt profiel	8	18%
Totaal	44	100%

Welke van de volgende segmenten zijn het meest van toepassing op de energieopslagunits of -systemen waar uw organisatie zich mee bezighoudt? (Meerdere antwoorden mogelijk)

Marktsegment	N	%
Commercie en industrie	25	43%
Mobiele systemen	6	10%
Residentieel	4	7%
Utiliteit en energiesysteem	23	40%

Markontwikkeling en groeitrends

Kunt u de trend aangeven van de omzet van uw organisatie die betrekking heeft op energieopslag in Nederland?

Technologiegroep: elektriciteit

Markttrend	Afgelopen jaar	Komend jaar	Komende 3 jaar
Sterk dalend	8%	8%	8%
Gelijkblijvend	29%	4%	4%
Stijgend	54%	52%	33%
Sterk stijgend	8%	36%	54%

Technologiegroep: moleculen

Markttrend	Afgelopen jaar	Komend jaar	Komende 3 jaar
Gelijkblijvend	100%	67%	33%
Stijgend	0%	33%	33%
Sterk stijgend	0%	0%	33%

Technologiegroep: warmte

Markttrend	Afgelopen jaar	Komend jaar	Komende 3 jaar
Gelijkblijvend	75%	25%	0%
Stijgend	25%	75%	100%

Wat is uw verwachting voor de jaarlijkse ontwikkeling van de Nederlandse energieopslagsector in uw marktsegment in de komende 3 jaar, uitgedrukt in omzetgroei of -krimp?

Technologiegroep: elektriciteit

Marktgroei	N	%
Sterke krimp (meer dan 10% krimp per jaar)	1	4%
Matige groei (tussen 0% en 10% groei per jaar)	9	33%
Sterke groei (meer dan 10% groei per jaar)	17	63%

Technologiegroep: moleculen

Marktgroei	N	%
Geen verandering (ongeveer 0%)	1	33%
Matige groei (tussen 0% en 10% groei per jaar)	1	33%
Sterke groei (meer dan 10% groei per jaar)	1	33%

Technologiegroep: warmte

Marktgroei	N	%
Matige groei (tussen 0% en 10% groei per jaar)	1	25%
Sterke groei (meer dan 10% groei per jaar)	3	75%

Groeibelemmingen

Waar ondervindt uw organisatie momenteel de grootste belemmingen voor groei? (Kies alle van toepassing zijnde categorieën)

Technologiegroep: elektriciteit

Groeibelemmingen	N	%
Belemmingen bij certificering of vergunningen	11	12%
Beperkte aansluiting op subsidies of stimuleringsregelingen	6	6%
Beperkte toegang tot netinfrastructuur (zoals aansluiting, transportcapaciteit, wachttijden)	9	9%
Eindklanten krijgen te veel onzin te horen, waardoor ze onze markt niet vertrouwen	1	1%
Geen flexibele netaansluiting mogelijk voor afname	1	1%
Lage marktacceptatie of beperkte klantvraag	2	2%
Moeilijke toegang tot financiering	4	4%
Moeizame contractvorming	2	2%
Ongunstige marktprijzen	8	8%
Ontbreken van geschikte netbeheerderscontracten of vergoedingen	6	6%
Onvoldoende technische rijpheid van producten of diensten	7	7%
Onzekerheid of onduidelijkheid in wet- en regelgeving	11	12%
Schaarste aan grondstoffen of materieel	1	1%
Sterke concurrentie	8	8%

Groeibelemmingen	N	%
Te hoge kosten via transporttarieven	9	9%
Te lage inkomsten uit congestiemanagement	3	3%
Tekort aan geschikt personeel	6	6%

Technologiegroep: moleculen

Groeibelemmingen	N	%
Beperkte aansluiting op subsidies of stimuleringsregelingen	2	13%
Belemmeringen bij certificering of vergunningen	3	20%
Moeilijke toegang tot financiering	2	13%
Maatschappelijke acceptatie/ inbedding	1	7%
Moeizame contractvorming	1	7%
Ongunstige marktprijzen	1	7%
Onvoldoende technische rijpheid van producten of diensten	1	7%
Onzekerheid of onduidelijkheid in wet- en regelgeving	3	20%
Te hoge kosten via transporttarieven	1	7%

Technologiegroep: warmte

Groeibelemmingen	N	%
Beperkte toegang tot netinfrastructuur (zoals aansluiting, transportcapaciteit, wachttijden)	3	21%
Lage marktacceptatie of beperkte klantvraag	2	14%
Moeilijke toegang tot financiering	1	7%
Ongunstige marktprijzen	1	7%
Ontbreken van geschikte netbeheerderscontracten of vergoedingen	1	7%
Onvoldoende technische rijpheid van producten of diensten	1	7%
Onzekerheid of onduidelijkheid in wet- en regelgeving	1	7%
Te hoge kosten via transporttarieven	2	14%
Te lage inkomsten uit congestiemanagement	2	14%

Overheidssteun

In hoeverre heeft uw organisatie overheidssteun nodig voor het uitvoeren van de dagelijkse bedrijfsactiviteiten?

Technologiegroep: elektriciteit

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
Geen	15	58%
Weinig	7	27%
Gemiddeld	1	4%
Veel	3	12%

Technologiegroep: moleculen

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
Gemiddeld	1	33%
Heel veel	2	67%

Technologiegroep: warmte

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
Geen	1	25%
Weinig	1	25%
Gemiddeld	1	25%
Heel veel	1	25%

Projectdoorlooptijd

Wat is de gemiddelde doorlooptijd (in aantal jaren) van uw energieprojecten?

Technologiegroep: elektriciteit

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
< 1 jaar	8	32%
1 - 2 jaar	5	20%
2 - 3 jaar	5	20%
3 - 4 jaar	3	12%
5 - 10 jaar	4	16%

Technologiegroep: moleculen

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
< 1 jaar	1	33%
2 - 3 jaar	1	33%
> 10 jaar	1	33%

Technologiegroep: warmte

Niveau benodigde overheidssteun	N	%
1 - 2 jaar	1	25%
2 - 3 jaar	3	75%

Bijlage B: Interviews met gebruikers

Opzet

In dit marktrapport vestigen we nadrukkelijk de aandacht op de gebruiker. Per technologiegroep is informatie van verschillende groepen gebruikers opgehaald uit interviews met (potentiële) gebruikers van energieopslag. De verschillende toepassingen waarvoor gebruikers energieopslag inzetten verschillen als volgt per technologiegroep:

Technologiegroep	Toepassing
Elektriciteitsopslag	Mobiel, particulier, industrieel, utiliteit
Warmteopslag	Particulier, industrieel, utiliteit
Moleculenopslag	Industrieel, utiliteit

De inzichten uit deze interviews zijn tot stand gekomen dankzij het netwerk van ESNL en Ecorys, waarmee we gericht partijen hebben kunnen benaderen binnen de toepassingsgroep, en per technologiegroep. De geïnterviewde partijen zijn:

Toepassing	Partijen per technologiegroep		
	Elektriciteitsopslag	Warmteopslag	Moleculenopslag
Mobiel	Bouwend Nederland		
Particulier	Vereniging Eigen Huis, WithTheGrid, Dekker Hout, Vrijopnaam	COA	
Industrieel			Nobian
Utiliteit	RES regio's, Netbeheer Nederland / Alliander		

In totaal is in 9 interviews informatie opgehaald, waarbij er is gestreefd naar een goede verdeling tussen de technologiegroepen en de toepassingen van energieopslag. De bevindingen uit de interviews zijn in de rapportage verwerkt per technologiegroep en toepassing in hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden..**

Interviewleidraad

Veel bedrijven zetten stappen om te verduurzamen. Energieopslag kan daarbij een belangrijke rol spelen – bijvoorbeeld om duurzaam opgewekte energie efficiënter te benutten, pieken in de energievraag op te vangen of om onafhankelijker te worden van het net. Maar in hoeverre wordt energieopslag al meegenomen in de verduurzamingsplannen van bedrijven, particulieren, de industrie en utiliteit?

Ecorys voert in opdracht van Energy Storage NL een marktonderzoek uit naar de energieopslagsector in 2024. We willen begrijpen hoe bedrijven tegen deze technologie aankijken: wordt energieopslag gezien als een kans om te verduurzamen, en zo ja – wat zijn dan de belangrijkste drijfveren of obstakels? Daarom horen we graag uw visie over deze

technologie: wat de voordelen en uitdagingen zijn, en welke factoren voor u een rol spelen bij het al dan niet toepassen ervan.

We spreken verschillende groepen gebruikers binnen drie technologiegroepen: elektriciteitsopslag, warmteopslag en moleculenopslag. Uw inzichten helpen ons om een helder beeld te krijgen van de belangrijkste ontwikkelingen en behoeften in de markt.

Tijdens dit gesprek willen we inzicht krijgen in uw houding ten opzichte van energieopslagstechnologie, de belangrijkste factoren die u stimuleren of belemmeren om een systeem te gebruiken, en welke alternatieven u overweegt als u geen energieopslag inzet.

Introductie en achtergrond

1. Kunt u uzelf en uw organisatie kort voorstellen?
2. Heeft uw organisatie al ervaring met energieopslagstechnologieën? Zo ja, op welke manier?

Houding ten opzichte van energieopslagstechnologie

3. Hoe kijkt u of uw organisatie aan tegen energieopslag?
4. Welke voordelen ziet u in het gebruik van energieopslag?
5. Zijn er specifieke zorgen of twijfels binnen uw organisatie over energieopslag?

Overwegingen voor adoptie van energieopslag

6. Welke factoren zouden u of uw organisatie stimuleren om een energieopslagsysteem te kopen, huren of gebruiken?
 - a. Financiële voordelen (bv. subsidie, belastingvoordelen, energiebesparing)?
 - b. Technologische ontwikkelingen (bv. verbeterde efficiëntie, langere levensduur)?
 - c. Regelgeving en beleid (bv. overheidssteun, verplichtingen)?
 - d. Duurzaamheidsoverwegingen?
7. Operationele voordelen (bv. uitbreiding ondanks beperkte aansluitmogelijkheden i.v.m. netcongestie, netstabiliteit)?
8. Zijn er bepaalde innovaties of diensten die de adoptie van energieopslag aantrekkelijker zouden maken?

Bottlenecks voor adoptie van energieopslag

9. Wat weerhoudt u of uw organisatie ervan om energieopslag te gebruiken?
 - a. Kosten (aanschaf, onderhoud, operationele kosten)?
 - b. Technische beperkingen (bv. beperkte opslagcapaciteit, levensduur)?
 - c. Regelgeving of juridische obstakels?
 - d. Gebrek aan kennis of vertrouwen in de technologie?
10. Zijn er specifieke verbeteringen die nodig zouden zijn om de adoptie te versnellen?

Alternatieven voor energieopslag

11. Als u geen energieopslag gebruikt, welke andere oplossingen overweegt u?
 - a. Teruglevering aan het net?
 - b. Flexibele energiecontracten?
 - c. Vermogensoptimalisatie door energieverbruik aan te passen?
 - d. Gebruik van andere technologieën (bv. waterstof, demand-side management)?
12. Wat zijn volgens u de voor- en nadelen van deze alternatieven ten opzichte van energieopslag?

Slotvragen en afronding

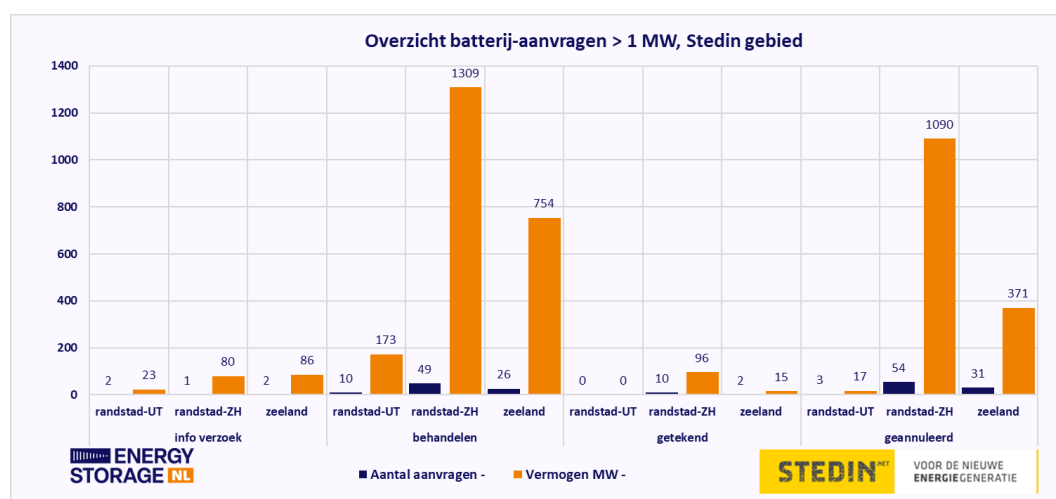
- 13. Hoe ziet u de toekomst van energieopslag binnen uw sector?
- 14. Heeft u nog aanvullingen of punten die we niet besproken hebben?

Bijlage C: Batterij aanvragen bij Netbeheerders – verdieping

Stedin (DSO)

Stedin heeft veruit de grootste gemiddelde vermogen per aanvraag van de regionale netbeheerders, wat kan duiden op grootschalige projecten (bijv. in de Randstad of Zeeland, zoals havengebieden of datacenters). Liander heeft kleinere, maar veel meer aanvragen, mogelijk meer kleinschalige initiatieven zoals zonne- of windparken in provincies als Gelderland en Noord-Holland

Figuur B 1 **Overzicht van batterij aanvragen >1 MW en gevraagd vermogen (MW) in het Stedin gebied (Utrecht, Zuid-Holland en Zeeland). Tijdsopname van zomer 2025, waarden kunnen veranderen.**



- **Percentage geannuleerd:** Van de aanvragen (exclusief info verzoek) wordt ongeveer 47,6% geannuleerd.
- **Verhouding behandeld : getekend:** Er zijn 85 aanvragen in behandeling tegenover 12 getekende aanvragen. Dit is een verhouding van ongeveer 7 : 1 - voor elke getekende aanvraag zijn er dus ruim zeven die nog in behandeling zijn.

Dit betekent dat bijna de helft van de aanvragen uiteindelijk niet doorgaat, en dat het grootste deel van de actieve dossiers zich nog in de behandelfase bevindt. Een schatting van Stedin is dat uiteindelijk zo'n 20-25% gerealiseerd zal worden van deze aanvragen.

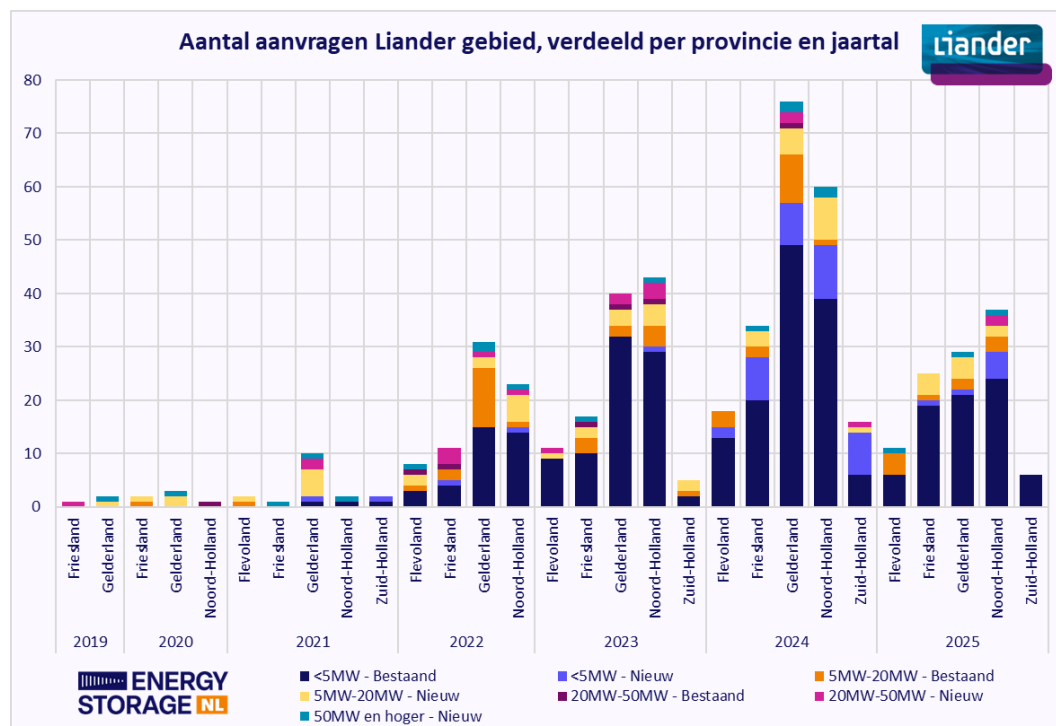
Aanvullende informatie getoond in Figuur B 1 geeft voor batterij-aanvragen > 1 MW in het Stedin gebied, uitgesplitst naar type aansluiting, dat in de fase behandelen er 40 aanvragen voor **nieuwe aansluitingen** zijn met een totaal vermogen van 1.354 MW. Daarnaast zijn er 45 aanvragen voor **bestaande aansluitingen**, goed voor 882 MW. In de fase getekend gaat het om 5 aanvragen voor nieuwe aansluitingen (totaal 70 MW) en 7 aanvragen voor bestaande aansluitingen (41 MW). Wanneer we kijken naar de opgegeven totaal te behandelen waarden,

komen we uit op 45 aanvragen voor nieuwe aansluitingen met 1.424 MW totaal vermogen, en 52 aanvragen voor bestaande aansluitingen met 923 MW vermogen.

Liander (DSO)

De data van Liander betreft relatief concrete projecten t.b.v batterijen (niet de formele wachtlijst met ondertekende offertes), en de vermogenscategorieën vertegenwoordigen additionele transportcapaciteit (delta t.o.v. bestaande contracten), gebaseerd op de hoogste van afname- of teruglever-GTV. Niet altijd is het volledige vermogen voor batterijen bedoeld, en afname/teruglevering kunnen verschillen. Bestaande aansluitingen omvatten administratieve of technische wijzigingen, terwijl nieuwe altijd fysiek nieuw zijn. Het jaar is gebaseerd op de initiële aanvraag, met mogelijke latere bijstellingen.

Figuur B 2 Openstaande aanvragen voor batterijopslag, onderverdeeld naar jaar, provincie, bestaande vs. nieuwe aansluitingen, en vermogenscategorieën (<5 MW, 5-20 MW, 20-50 MW, ≥50 MW). 383 aanvragen op bestaande aansluiting (73%) vs. 144 nieuwe (27%), totaal gevraagd afname vermogen 2803MW. Tijdsopname van zomer 2025, waardes kunnen veranderen.



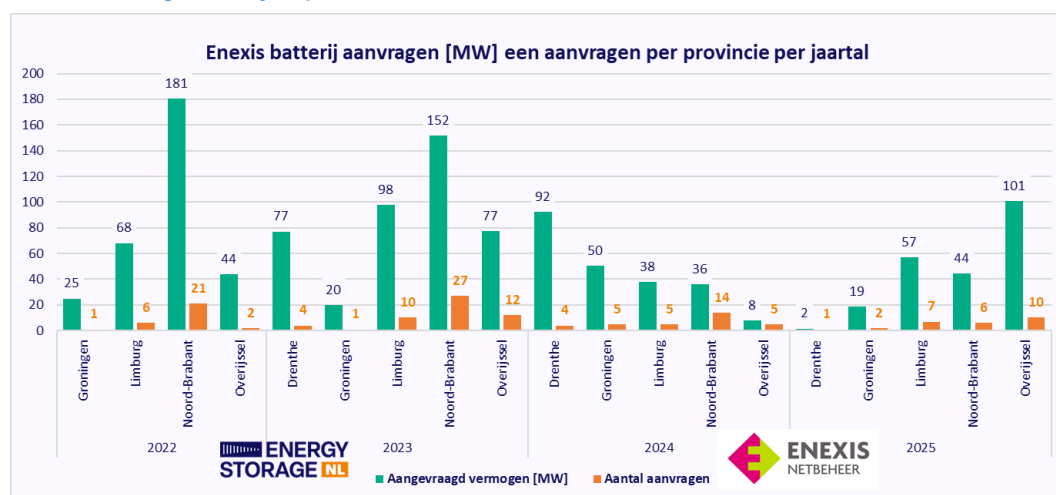
De explosieve groei (vooral vanaf 2022) weerspiegelt een stijgende interesse in batterijopslag, gedreven door klanten met bestaande zonne- of windparken die batterijen toevoegen. Vorig jaar (2023-2024 context) was de aangevraagde teruglevercapaciteit nog ongeveer gelijk aan afnamecapaciteit, maar nu zien we een stijging in afname-interesse. Dit komt waarschijnlijk door hybride projecten waar batterijen niet alleen opslaan/terugleveren, maar ook afnamecapaciteit nodig hebben voor laden tijdens piekuren of netstabilisatie. Omdat vermogenscategorieën gebaseerd zijn op de hoogste GTV (afname of teruglever), kan dit de categorisering beïnvloeden – kleine verschillen in afname/teruglever leiden tot hogere classificaties. Het jaar is initiële aanvraag, dus latere bijstellingen (bijv. meer afname) kunnen de werkelijke capaciteit verhogen.

Enexis (DSO)

Het totaal aangevraagde batterij vermogen bij Enexis bedraagt 1.188 megawatt, verdeeld over 143 aanvragen. De meeste aanvragen komen uit Noord-Brabant, waar 413 megawatt is aangevraagd met in totaal 68 aanvragen. Daarmee neemt Noord-Brabant ongeveer een derde van het vermogen en bijna de helft van alle aanvragen voor zijn rekening. Limburg volgt met 261 megawatt verdeeld over 28 aanvragen. In Overijssel is 230 megawatt aangevraagd via 29 aanvragen, terwijl Drenthe goed is voor 171 megawatt en 9 aanvragen. Groningen neemt de kleinste positie in met 114 megawatt verdeeld over 9 aanvragen.

Wanneer gekeken wordt naar de verdeling over de jaren valt op dat in 2023 de meeste aanvragen zijn gedaan, namelijk 424 megawatt verdeeld over 54 aanvragen. In 2022 gaat het om 318 megawatt en 30 aanvragen. In 2024 neemt dit af tot 224 megawatt en 33 aanvragen, waarna 2025 met 222 megawatt en 26 aanvragen vrijwel hetzelfde niveau laat zien.

Figuur B 3 **Overzicht van batterij aanvragen >1 MW en gevraagd vermogen (MW) in het Enexis gebied. Tijdsopname van zomer 2025, waardes kunnen veranderen.**





Answering
tomorrow's
challenges
today

Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl