Evaluatie Actieagenda Batterijsystemen

Achtergrondrapport

Klant: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Referentie: BK7946-MI-RP-250709-1550
Status: Definitief/0
Datum: 20 februari 2026

BCI Global

Haskoning
Enhancing Society Together

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Mobility & Infrastructure
Trade register number: 56515154

Telefoon: +31 88 348 20 00
Fax: +31 33 463 36 52
E-mail: info@haskoning.com
Website: haskoning.com

Titel document:	Evaluatie Actieagenda Batterijsystemen
Ondertitel:	Achtergrondrapport
Referentie:	BK7946-MI-RP-250709-1550
Uw kenmerk	Click or tap here to enter text.
Status:	Definitief/0
Datum:	20 februari 2026
Projectnaam:	Achtergrondrapport evaluatie Actieagenda Batterijsystemen
Projectnummer:	BK7946

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden verveelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. Haskoning Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever.

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van Haskoning Nederland B.V. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat. Dit document kan zijn opgesteld met behulp van kunstmatige intelligentie (AI); alle door AI gegenereerde inhoud is beoordeeld en gevalideerd door onze experts.

Inhoud

1	**Inleiding**	**1**
2	**Onderzoekskader voor de evaluatie en herijking**	**3**
3	**Thema 1: Next Generation batterijmaterialen en -productietechnologie**	**5**
3.1	Inleiding	5
3.2	Het ecosysteem en bedrijvigheid	8
3.2.1	Case studies	10
3.3	Ontwikkelingen rond het thema	11
3.4	Moonshots: progressie en relevantie	18
3.5	SWOT-analyse	22
3.6	Belangrijkste conclusies thema 1	23
3.7	Bouwstenen voor herijking actieagenda	24
4	**Thema 2: Batterijsystemen voor heavy duty mobiliteit**	**26**
4.1	Inleiding	26
4.2	Het ecosysteem en bedrijvigheid	29
4.2.1	Case studies	32
4.3	Ontwikkelingen rond het thema	33
4.4	Moonshots: progressie en relevantie	41
4.5	SWOT-analyse	45
4.6	Belangrijkste conclusies thema	46
4.7	Bouwstenen voor herijking actieagenda	47
5	**Thema 3: Batterijsystemen voor netondersteuning**	**49**
5.1	Inleiding	49
5.2	Het ecosysteem en bedrijvigheid	51
5.3	Ontwikkelingen rond het thema	55
5.4	Moonshots: opgave, progressie en relevantie	64
5.5	SWOT-analyse	68
5.6	Belangrijkste conclusies thema netondersteuning	69
5.7	Bouwstenen voor herijking actieagenda	71
6	**Thema 4: Data, veiligheid en testen**	**73**
6.1	Inleiding	73
6.2	Het ecosysteem en bedrijvigheid	74
6.2.1	Case studies	77
6.3	Ontwikkelingen rond het thema	78

6.4 Moonshots: opgave, progressie en relevantie 82
6.5 SWOT-analyse 84
6.6 Belangrijkste conclusies thema 4 86
6.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda 87

7 Thema 5: Circulariteit 88
7.1 Inleiding 88
7.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid 90
7.2.1 Casestudies 94
7.3 Actuele ontwikkelingen rondom het thema 95
7.4 Moonshots: progressie en relevantie 101
7.5 SWOT-analyse 102
7.6 Belangrijkste conclusies thema 5 102
7.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda 103

8 Organisatie en governance Nederlandse batterijenstrategie 106
8.1 Interdepartementale samenwerking Rijksoverheid 106
8.2 Battery Competence Cluster NL 107

1 Inleiding

De Actieagenda Batterijsystemen
In 2022 is de Actieagenda Batterijsystemen opgesteld met als doel om de positie van Nederland in de wereldwijde batterijmarkt te versterken en de energietransitie te versnellen.

De agenda richt zich op drie hoofdpunten:

- **Economische kansen**: Het sterker positioneren van Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen in de (Europese) waardeketen voor batterijen.
- **Circulariteit**: Inzetten op hergebruik en hoogwaardige recycling van batterijen alsmede het ontwikkelen van batterijen op basis van het principe *Safe and Sustainable by Design*
- **Strategische onafhankelijkheid**: Het verminderen van de afhankelijkheid van andere (niet-Europese) landen voor cruciale onderdelen en materialen door te bouwen aan een eigen ecosysteem.

Snel veranderende context
Het Nederlandse batterij-ecosysteem bevindt zich op een belangrijk kantelpunt. Waar de afgelopen jaren met de *Strategische Aanpak Batterijen* en de *Actieagenda Batterijsystemen* een stevig fundament is gelegd, verandert de context waarin deze agenda opereert in hoog tempo. De mondiale batterijmarkt groeit explosief, technologische innovaties volgen elkaar snel op en internationale concurrentie – met name uit China en de Verenigde Staten – neemt verder toe. Tot slot is de roep tot “strategische onafhankelijkheid” van Nederland of de EU voor waardevolle grondstoffen en cruciale sectoren als energie, defensie en mobiliteit groter dan ooit. Deze dynamiek vraagt om hernieuwde aandacht, scherpe keuzes en een actualisatie van de koers.

Tegen deze achtergrond is de evaluatie van de Actieagenda Batterijsystemen geïnitieerd. Buck Consultants International (BCI) en Haskoning onderschrijven de noodzaak van deze evaluatie en herijking, passend bij een fase waarin het ecosysteem volwassen wordt en opschaling versnelt. De centrale vraag is hoe de actieagenda heeft bijgedragen aan de ontwikkeling van het Nederlandse batterij-ecosysteem, en welke richtinggevende punten nodig zijn om de komende jaren effectief te blijven.

Aanleiding evaluatie en herijking
De actieagenda bestaat inmiddels drie jaar en heeft aantoonbaar bijgedragen aan de versterking van het Nederlandse batterij-ecosysteem. Toch is de context waarin de agenda werd opgesteld inmiddels ingrijpend veranderd. Technologieën die in 2022 relevant waren, zijn vandaag deels ingehaald door nieuwe innovaties. Internationale spelers investeren op ongekende schaal in productiecapaciteit, grondstoffenketens en kennisontwikkeling. Om in deze snel evoluerende markt concurrerend te blijven, is het essentieel om te weten wat werkt, wat niet werkt en waar bijsturing nodig is.

Deze evaluatie heeft daarom twee doelen. Enerzijds wordt teruggekeken: in hoeverre draagt de actieagenda bij aan de beoogde versterking van het ecosysteem, liggen de geformuleerde moonshots binnen bereik en welke succes- en faalfactoren zijn zichtbaar? Anderzijds wordt vooruitgekeken: is de huidige koers nog passend bij de ontwikkelingen en kansen, en welke bouwstenen zijn nodig voor een herijkte actieagenda die Nederland opnieuw in staat stelt om voorop te lopen?

Leeswijzer

De evaluatie en herijking bestaat uit twee delen:

1. Hoofdrapport
2. Achtergrondrapport

Dit document betreft het achtergrondrapport dat focust op de op de vijf inhoudelijke thema's die samen de kern vormen van de Actieagenda Batterijsystemen en de Nederlandse positie in de batterijwaardeketen:

1. Next generation batterijmaterialen en productietechnologie (H. 3)
2. Batterijsystemen voor heavy duty mobiliteit (H. 4)
3. Batterijsystemen voor netondersteuning (H. 5)
4. Data, veiligheid en testen (H. 6)
5. Circulariteit (H. 7)

Deze twee rapporten vormen fase 1 van de evaluatie van de actieagenda. De focus ligt daarbij op het evalueren van de actieagenda uit 2022, het ophalen van nieuwe ontwikkelingen en op basis daarvan aanbevelingen doen voor de nieuwe actieagenda. In fase 2 werken de ministeries en het Battery Competence Cluster NL (BCC-NL) dit verder uit tot een herijkte actieagenda.

2 Onderzoekskader voor de evaluatie en herijking

In dit hoofdstuk staat het onderzoekskader dat is toegepast als leidraad voor de evaluatie en herijking van de actieagenda. Belangrijke onderdelen van het onderzoekskader zijn:

- Parallelle thematische aanpak
- Structurering (type) ontwikkelingen
- *Outside-in* benadering
- Ecosysteem benadering
- Definities

Parallelle thematische aanpak
In de evaluatie die inzicht moet geven in de ontwikkeling van het Nederlandse batterij-ecosysteem. Analyseren we vijf 5 thema's:

1. Next Generation batterijmaterialen en -productietechnologie;
2. Batterijsystemen voor heavy duty mobiliteit;
3. Batterijsystemen voor netondersteuning;
4. Data, veiligheid en testen;
5. Circulariteit.

In onze aanpak staan de vijf focusthema's centraal. De evaluatie van de thema's vindt gelijktijdig plaats. Ieder thema heeft deelprojectleider vanuit Haskoning/BCI en een klankbordgroep bestaande uit een thematrekker van BCC-NL, drie bedrijven, een investeerder en een kennisinstelling.

Structurering (type) ontwikkelingen
Wij verrichten een analyse naar relevante ontwikkelingen die vergelijkbaar is met de DESTEP-analyse, waarbij de focus ligt op zes factoren die specifiek van belang zijn voor batterijsystemen:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Internationale ontwikkelingen
6. Duurzaamheid en circulariteit

Outside-in benadering
Wij kiezen voor een outside-in benadering om zoveel mogelijk aan te sluiten op de behoeften van bedrijven en kennisinstellingen. Om zoveel mogelijk partijen uit de batterij-ecosystemen te betrekken, ontwikkelingen op te halen, bevindingen te toetsen en vooruit te blikken op een herijkte actieagenda passen we een drietrapsraket toe:

1. Brede vragenlijst verspreiden via een online enquête onder alle stakeholders;
2. Groepssessies via de klankbordgroepen (toetsen, ophalen en verklaren bevindingen);
3. Diepte-interviews om dieper begrip te krijgen achter het "waarom'.

Per thema is een klankbordgroep samengesteld met ca 5 tot 8 personen vanuit verschillende organisaties: bedrijven, brancheorganisaties, overheid, kennisinstellingen en financiers. Er zijn drie sessies met de klankbordgroepen geweest.

Daarnaast werken we ook met enkele sprekende casestudies om onze bevindingen vanuit de praktijk te illustreren. Deze staan in het hoofdrapport.

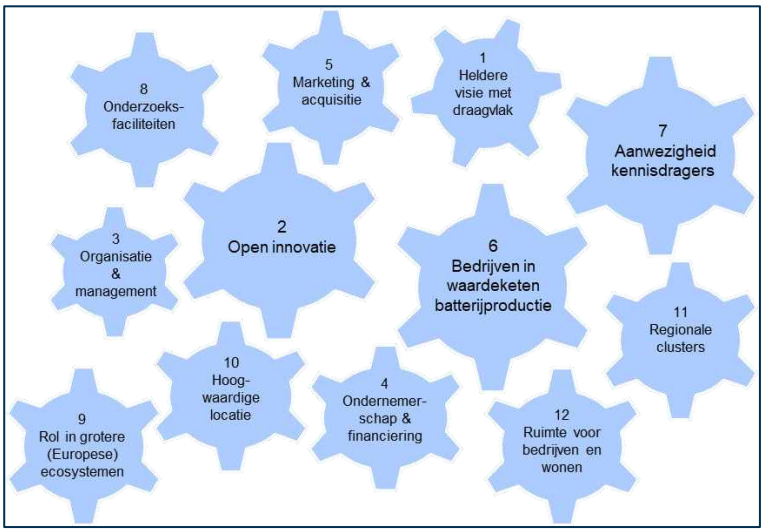
Type evaluatie
In de evaluatie onderzoeken we:

- Terugblikkend: in hoeverre de actieagenda bijdraagt aan het sterker positioneren van Nederland, en haar bedrijven en kennisinstellingen, op het gebied van batterijsystemen en de bijbehorende waardeketen (wat werkt wel' en 'wat werkt niet') en of de moonshots (doelen) binnen bereik liggen;
- Vooruitkijkend: is de koers nog juist (o.b.v. diverse ontwikkelingen en gerelateerde kansen) en wat zijn de bouwstenen voor een herijkte actieagenda.

Relevante elementen zijn:

- Goed zicht hebben op ontwikkelingen en de kansen die daaruit voortkomen;
- Op de juiste wijze faciliteren van bedrijven en kennisinstellingen;
- Bijdragen aan de creatie van goed functionerende ecosystemen.

Ecosysteem benadering
We passen een brede benadering met aandacht voor verschillende actoren binnen het batterij-ecosysteem toe. Een ecosysteem is een netwerk van actoren en randvoorwaarden dat (nieuwe) economische activiteiten stimuleert. Bedrijven en kennisinstellingen spelen hierin een centrale rol: door samenwerking, concurrentie en innovatie ontstaat waarde. Een innovatief ecosysteem is nodig voor slimme oplossingen, bedrijfsgroei, talentontwikkeling en opbouw en behoud van kennis. De figuur toont de voorwaarden voor een ecosysteem.

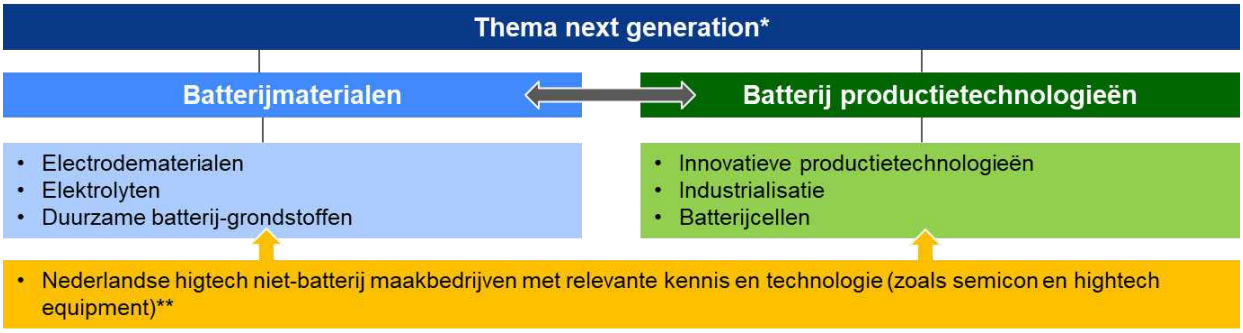


3 Thema 1: Next Generation batterijmaterialen en -productietechnologie

3.1 Inleiding

Themadefinitie
Next generation batterijmaterialen en -productietechnologieën omvatten de ontwikkeling en integratie van geavanceerde elektrochemische materialen en productiemethoden die gericht zijn op het doorbreken van de beperkingen van de huidige generatie lithium-ion batterijen. Deze beperkingen zitten vooral in energiedichtheid, veiligheid en duurzaamheid.

Onderstaande figuur geeft voor batterijmaterialen en -productietechnologieën de hoofdcategorieën weer:



* Binnen dit thema wordt primair ingezoomd op het bestaande batterij-ecosysteem. Daarnaast wordt aandacht besteed aan kansen die kunnen ontstaan door het verbinden van de Nederlandse hightech maakindustrie buiten de batterijensector — bedrijven die hun technologie momenteel toepassen in andere domeinen, zoals semicon en hightech equipment — met ontwikkelingsmogelijkheden binnen de batterij-industrie. BCC-NL zal in 2026 verkennen op welke wijze deze koppeling met de Nederlandse batterijsector effectief kan worden gerealiseerd en hoe bedrijven kunnen worden geactiveerd om samenwerkingsverbanden aan te gaan.

In Nederland zijn de belangrijkste aandachtsvelden binnen NextGen:

- **Nieuwe elektrodematerialen:** silicium- of lithium-metaalanodes, zoals high silicon composites (Si wt%>80%), pure silicon, duurzame carbon alternatieven voor grafiet, hoogspannings- of zwavelkathodes, en kathodematerialen met lage kritieke-metaalinhoud, ter verhoging van energiedichtheid en cyclische stabiliteit**.**
- **Geavanceerde elektrolyten**: waaronder vaste-stofelektrolyten, hybride polymeren en ionen geleidende keramieken, die verbeterde veiligheid en hogere spanningsvensters mogelijk maken.
- **Duurzame grondstoffen en supply chain optimalisatie**: inclusief de vervanging van kritieke of schaarse elementen door alternatieven, en de toepassing van groene productieroutes met lage CO_2-footprint.
- **Innovatieve productietechnologieën**: zoals droog-elektrodecoating, roll-to-roll processing, thin film elektrode depositie, Si powder anode fabricage op basis van Silaan, 3D-elektrodefabricage, emulsie-gebaseerde feedstocktechnologie, geavanceerde oplossingen voor coating zoals poedercoating en spatial atomic layer deposition tools en recyclingtechnieken, gericht op schaalbaarheid, kostenreductie en circulaire materiaalstromen.
- **Industrialisatie**: ontwikkelen, opschalen en optimaliseren van productieprocessen voor batterijgrondstoffen en componenten, zodat deze in industriële volumes kunnen worden geleverd, met behoud van de batterijprestaties en -veiligheid tegen competitieve marktprijzen.

- **Batterijcellen:** ontwerp en productie van op maat gemaakte batterijcellen voor toepassing door Nederlandse eindgebruikers

Geprognotiseerde marktintroductie van huidige en komende batterijgeneraties in 2025 zijn samengevat in de volgende EU-classificatie (3b en verder).

Battery Generation	Electrodes active materials	Cell Chemistry / Type	Forecast market deployment
Gen 1	• Cathode: LFP, NCA • Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 2a	• Cathode: NMC111 • Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 2b	• Cathode: NMC523 to NMC 622 • Anode: 100% carbon	Li-ion Cell	current
Gen 3a	• Cathode: NMC622 to NMC 811 • Anode: carbon (graphite) + silicon content (5-10%)	Optimised Li-ion	2020
Gen 3b	• Cathode: HE-NMC, HVS (high-voltage spinel) • Anode: silicon/carbon	Optimised Li-ion	2025
Gen 4a	• Cathode NMC • Anode Si/C • Solid electrolyte	Solid state Li-ion	2025
Gen 4b	• Cathode NMC • Anode: lithium metal • Solid electrolyte	Solid state Li metal	>2025
Gen 4c	• Cathode: HE-NMC, HVS (high-voltage spinel) • Anode: lithium metal • Solid electrolyte	Advanced solid state	2030
Gen 5	• Li|O_2 – lithium air / metal air • Conversion materials (primarily Li|S) • new ion-based systems (Na, Mg or Al)	New cell gen. metal-air/ conversion chemistries / new ion-based insertion chemistries	>2030

Source: Strategic Research Agenda for batteries 2020, European Commission.

Belangrijkste doelstelling en uitdagingen

De doelstelling binnen dit thema is het realiseren van batterijceloplossingen die hogere energie- en vermogensdichtheid, langere levensduur, verbeterde veiligheid en verminderde ecologische impact combineren, teneinde toekomstige toepassingen in elektrische mobiliteit (heavy duty toepassingen maar ook drones) stationaire energieopslag en (consumenten)elektronica mogelijk te maken. De inspanningen moeten erop gericht zijn dat verdienvermogen in Nederland blijft en dat verscheidene control points worden gerealiseerd in de wereldwijde NextGen batterijwaardeketen.

Strategisch belang

- Economisch: de wereldwijde batterijenmarkt blijft de komende jaren naar verwachting met circa 15% per jaar groeien, Nederland (en Europa) willen daarin een groter aandeel krijgen.
- Geopolitiek/autonomie: de afhankelijkheid van kritieke materialen (grondstoffen) uit het buitenland moet worden afgebouwd. Dit betekent niet dat er niet kan worden samenwerkt met niet-Europese (vaak Aziatische) bedrijven. Deze momenteel dominante partijen kunnen bijvoorbeeld afnemer zijn van Nederlandse materialen of celcomponenten. Nederland en Europa moeten hierin hun positie bepalen.
- Klimaat: batterijoplossingen dragen bij aan de Nederlandse energietransitie en klimaatdoelstellingen
- Regie: door meer materialen, cellen en modules te produceren en systeemintegraties te ontwikkelen is Nederland in staat om toegevoegde waarde en IP te creëren zonder afhankelijk te zijn van buitenlandse partijen. Dit sluit niet uit dat er op onderdelen gebruik wordt gemaakt van in het buitenland ontwikkelde kennis, materialen of productietechnologie.
- Uitdaging: verdere verbeteringen in batterijprestaties komen vooral voort uit innovaties op celniveau. Internationale OEM's ontwikkelen de volgende generatie batterijen samen met celproducenten. Om in dit veld concurrerend te blijven, moeten Nederlandse OEM's sterke lokale partnerships opbouwen, die

kunnen leiden tot binnenlandse industriële celproductie. Omdat er geen universele oplossing is in batterijceltechnologie, moeten de doelen worden afgestemd op specifieke bedrijfstakken, zoals heavy duty mobility en stationaire opslag. Het is essentieel om de gedeelde behoeften binnen specifieke bedrijfstakken te identificeren, zodat er een collectieve vraag naar binnenlandse productie ontstaat die krachtig genoeg is om technologische ontwikkelingen en investeringsbeslissingen te sturen.

Huidige moonshots (agenda 2022)
De huidige doelstellingen in de actieagenda voor de thema's nieuwe materialen en celontwerp (thema 1) en nieuwe productietechnologieën (thema 2) zijn:

Thema 1 Nieuwe materialen en celontwerp

2023
- Het ontwikkelen van een nationale pilot lijn en testfaciliteit voor het produceren van 5 Ah pouch cellen om zo de stap te maken van materialen tot batterij. Op deze lijn worden innovatieve Nederlandse cellen en componenten ontworpen, geproduceerd en getest.
- De cellen hebben verbeterde batterijprestaties, lagere kosten en zijn op schonere wijze geproduceerd. In deze pilotlijn en testfaciliteit zijn alle benodigde specialistische apparatuur aanwezig om de materialen en cellen te karakteriseren en te testen op hun relevante eigenschappen en stabiliteit. De faciliteit biedt tevens eindgebruikers van batterijen (zware industrie) de mogelijkheid om bestaande celtechnologie te testen.
- Vanwege tekorten aan personeel in de gehele waardeketen dient de nationale faciliteit ook als een opleidingsplek. Ten slotte wordt de nationale faciliteit ook een ontmoetingsplek waar gebruikers en bezoekers van het centrum van elkaar kunnen leren en de basis wordt gelegd voor samenwerking. Vanwege de noodzaak van deze faciliteit en het snelle karakter van innovatie is dit moonshot gezet op 2023.

2025
- Nederland zit wereldwijd in de top vijf van landen die veilige en duurzame nieuwe materialen en cellen ontwerpt en ontwikkelt voor batterijen. In dit celontwerpen worden circularity-by-design en safe and sustainable-by design criteria in acht genomen.
- Er zijn meerdere demo's ontwikkeld met nieuwe duurzame materiaal combinaties voor verschillende batterijen.

Thema 2 Nieuwe productietechnologieën

2025
- Apparatuur voor cellen: Nederlandse machinebouwers leveren hun assemblagelijnen voor (componenten van) cellen aan internationale batterijleveranciers, met een focus op nieuwe technologie (bijvoorbeeld LeydenJar, SALD BV, E-magy, Powell, in samenwerking met machinebouwers zoals VDL, Demcon).
- Apparatuur voor modules en pakketten: Daarnaast leveren Nederlandse machinebouwers voor modules en pakketten productiemachines en productielijnen op basis van bestaande (Li-ion-) cellen (bijvoorbeeld VDL, Demcon), met een focus op grote aantallen gelijke eindproducten.

2030

- Apparatuur voor cellen, modules en pakketten: er bestaan in Nederland machinebouwers, die, op basis van eigen R&D, gedragen door de overheid en het Nederlandse ecosysteem, toeleveranciers zijn van de grote batterijbouwers in Europa en daarbuiten. Voor modules en pakketten geldt aanvullend: de nadruk ligt op specifieke toepassingen, gekenmerkt door lage(re) volumes en hoge diversiteit. De uitdaging zit in verregaande flexibilisering van de productielijnen (automatisering/robotisering) dat leidt tot verschillende eindproducten in vorm en functionaliteit (Smart industry/Industry 5.0). (Bijvoorbeeld VDL, ELEO, Intercel, Demcon, ACES Energy)

3.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid

Omschrijving van het ecosysteem rond next generation batterijmaterialen en productietechnologie

Ontwikkelingen bedrijvigheid Nederland

Met betrekking tot bedrijvigheid gaan we op de volgende aspecten in:

1. Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt
2. Ontwikkeling omvang van bedrijven
3. Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten
4. Ontwikkeling TRL

Ad 1) Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt

Op basis van de RVO studie naar de batterijen waardeketen (december 2025), is het totaal aantal in Nederland actieve bedrijven in het NextGen segment 60. Vaak is er een overlap met andere thema's. VDL bijvoorbeeld maakt batterypack machines voor producten die uiteindelijk een toepassing vinden in heavy duty.

In de periode 20022 – 2025 is er 1 bedrijf bijgekomen: ORE Energy. Dit bedrijf richt zich op het ontwikkelen van long term batterij technologie.

Er zijn in deze periode geen NextGen bedrijven failliet gegaan.

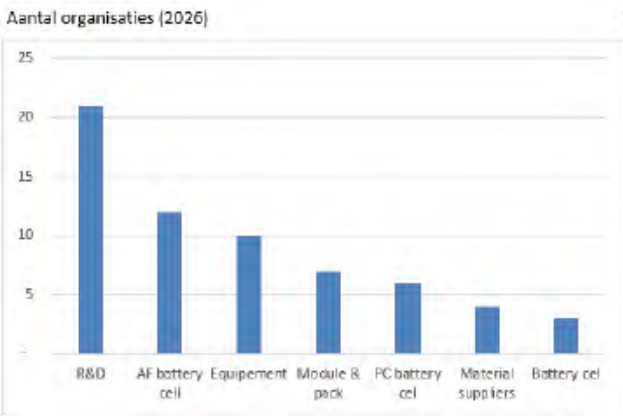
Noord-Brabant is duidelijk oververtegenwoordigd als vestigingslocatie, zowel als het gaat om het aantal bedrijven als wanneer gekeken wordt naar aantal werknemers.

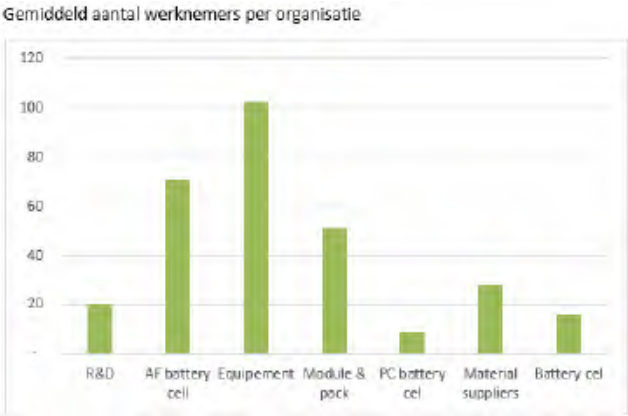
Provincie	Aantal bedrijven	Werknemers (gemiddeld)
Noord-Brabant	22	1096
Noord-Holland	10	196
Zuid-Holland	9	117
Limburg	5	635
Overijssel	5	530
Gelderland	4	57
Utrecht	3	149
Groningen	1	31
Vlaanderen	1	7
Totaal	**60**	**2818**

Ad 2) Ontwikkeling omvang van bedrijven

In totaal zijn er 2.800 mensen werkzaam binnen het NextGen segment. Er is geen harde data beschikbaar over de gerealiseerde groei (werknemers) van NextGen batterijbedrijven. Een enkel bedrijf heeft een schaalsprong gemaakt zoals LeydenJar (van circa 25 in 2022 naar circa 85 op dit moment). Verder zijn er bedrijven die ook actief zijn in andere velden, zoals Demcon met circa 500 werknemers, die weliswaar groeien, maar waarvan onduidelijk is in hoeverre dat batterij gerelateerd is. Over de hele linie wordt dus (beperkte) groei gezien, maar er is op dit moment (nog) geen sprake van sterke doorgroei naar productie op industriële schaal.

Ad 3) Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten





Categorie	Omschrijving
R&D	R&D
AF battery cell	Active-functional battery cell component manufacturing
Equipment	Equipment suppliers
Module & pack	Module and pack manufacturing
PC battery cel	Passive battery cell component manufacturing
Material suppliers	Material suppliers-processors
Battery cel	Battery cell manufacturing

R&D partijen
Er is een mix aan activiteiten te zien binnen het NextGen segment. Er zijn met name veel R&D partijen actief (22). Dit past bij een thema waar de nadrukt ligt op het ontwikkelen van nieuwe materialen en technologieën. Hierbij valt te denken aan partijen als TNO en (technische) universiteiten. In deze categorie vallen ook initiatieven als het Battery Lab van de TU Delft en het MESA+ Battery Lab van de TU Twente. Het gemiddeld aantal medewerkers per organisatie is met 20 relatief laag. Voor universiteiten is geen informatie beschikbaar over aantal medewerkers dat zich specifiek op batterijen richt. Om deze reden zijn ze niet meegenomen in de berekening van gemiddeld aantal werknemers.

Bedrijven
De overige 38 partijen zijn (producerende) bedrijven. De meerderheid (25 bedrijven) is actief in meer dan 1 veld. Vaak zijn andere activiteiten dominant, zoals bij AKZO NOBEL, VDL en Demcon. Veertien bedrijven zijn in de kern echte batterijenbedrijven zoals Lionvolt, ELEO, E-Magy en Arkimedes.

Het grootste aantal bedrijven is te vinden in de segmenten active-functional battery cell component manufacturing (11), en equipment suppliers (10). Module & pack volgt met 6 bedrijven.

Bij de equipment bedrijven ligt het gemiddeld aantal werknemers met 102 relatief hoog. Een belangrijke verklaring is dat in dit veld slechts 2 bedrijven zitten die de batterijenindustrie als hoofdactiviteit hebben (INNER Technologies en SparkNano. De overige bedrijven richten zich vooral op andere industrieën.

De AF battery cell component manufacturing bedrijven hebben ook relatief veel werknemers (75). In dit segment hebben 5 van de 11 bedrijven hun eerste focus op de batterijenindustrie.

Ad 4) Ontwikkeling TRL

Er is geen harde data beschikbaar over de TRL-ontwikkeling, maar sinds 2002 is wel een verschuiving te zien naar hogere TRL-niveaus bij een behoorlijk aantal bedrijven.

3.2.1 Case studies

Onderstaand zijn drie casestudie opgenomen: voorbeelden van bedrijven actief in het NextGen segment met hun specifieke activiteiten en ontwikkelstatus.

Starter Arkimedes **Arkimedes**	**Bedrijfsactiviteit** • Het produceren en verkopen van solid state batterijen **USP's** • Productieproces en machines zelf ontwikkeld en geoptimaliseerd, met als resultaat beter presterende batterijen dan wat nu op de markt is • Gebruik van Europese grondstoffen en (zoveel mogelijk) Europese toeleveringsketen • Veel hogere veiligheid dan batterijen met (brandbare) vloeistoffen **Ontwikkelstatus** • Gestart in het reactorinstituut van TU Delft (2022) met proof-of-concept, opschalen vindt plaats in Arnhem (Cleantech) • In februari 2026 beging Arkimedes met productie. Aanvankelijk 10 MW met de ambitie om naar gigawattniveau door te groeien in jaar 2 • Eerste toepassing wordt verwacht in stationaire systemen, daarna ook andere toepassingsvelden (medische drones, consumentenelektronica **Uitdaging** • Product uit ontwikkelen dat veilig, duurzaam en schaalbaar voor massaproductie is, maar bovendien economisch levensvatbaar
Groeier / stabiele factor *Materialen* **LeydenJar**	**Bedrijfsactiviteit** • Productie van puur silicium anodes **USP's** • Anodes met 50% hogere energiedichtheid • Samenwerking met machinebouwer Masévon **Ontwikkelstatus** • In 2016 opgericht als spin-off van TNO • Eerste fabriek operationeel vanaf 2027 met een capaciteit van 70MWh aan silicium anodemateriaal. Een tweede fabriek is gepland vanaf 2029 met ongeveer 1 GWh aan anodeproductie • Deze stap van lab-naar-fab wordt ondersteund door 13 mln Euro durfkapitaal (InvestNL en Extantia) + 10 mln Euro van Amerikaanse

	launching customer, maar ook ABP is recent ingestapt met 7.8 mln Euro • Samenwerking aangegaan met Highpower (China) **Uitdaging** • Meer laadcycli behalen met de puur silicium anodes • Relatief hoge energieprijzen en beperkte netcapaciteit in Nederland (te) hoog voor opschaling op termijn in Nederland
Groeier/stabiele factor *Productietechnologie* SPARKNANO **SparkNano**	**Bedrijfsactiviteit** • Het ontwikkelen en leveren van Spatial Atomic Layer Deposition (Spatial ALD) technologie en machines • Klanten ondersteunen in de ontwikkeling van lab-schaal naar full-scale productie **USP's** • Ruime ervaring en expertise op het gebied van machinebouw en ALD-technologie • Sterke positionering in het Brabantse hightech ecosysteem • Het vermogen om machines met hoge snelheden in roll-to-roll te produceren (100 meter per minuut) **Ontwikkelstatus** • SparkNano is een spin-off van TNO (2018). Een kapitaalinjectie van 5,5 mln Euro in 2022 stelde het bedrijf in staat tot een versnelling in haar ontwikkeling. Momenteel heeft SparkNano circa 22 werknemers. • Het bedrijf is inmiddels in staat om machines voor schaalbare productie van NextGen batterijproducten te leveren (Roll-to-Roll spatial ALD-system) **Uitdaging** • Voldoende investeringskapitaal voor het maken van een schaalsprong en te komen tot industrialisering van de ontwikkelde technologie

3.3 Ontwikkelingen rond het thema

We hebben zes type ontwikkelingen in kaart gebracht:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Positionering Nederland en Europa
6. Duurzaamheid en circulariteit

Ad 1) Technologische ontwikkelingen

De Nederlandse batterijsector ontwikkelt zich niet alleen binnen het meer volwassen veld van lithium-iontechnologie maar werkt ook aan nieuwere technologieën, bijvoorbeeld alternatieve chemische processen, Na-ion, Li-S, Li-O2, Fe-O2, vanadium, Zn-Br redoxflow, zout water flowbatterij, en zeezout-batterijen. Onderliggende sterke kennisvelden zijn nieuwe chemieën en hightech productietechnologie. Voor opschaling is de beschikbaarheid van kapitaal (CAPEX én OPEX) maar ook van personeel beperkt in Nederland. Elders in Europa is meer talent beschikbaar dat mogelijk kan worden aangetrokken.

- Nederlandse bedrijven zoals LionVolt, LeydenJar CarbonX en E-magy hebben een leidende kennispositie opgebouwd op het gebied van innovatieve anode-technologie. Hiermee kan 50-70% meer energie worden opgeslagen dan in traditionele anodes met bovendien een energie-efficiënter productieproces
- Productielijnen voor anodemateriaal worden operationeel bij LeydenJar, E-magy en LionVolt. De eerste fabriek van LeydenJar is vanaf 2027 operationeel met een capaciteit van 70MWh aan silicium anodemateriaal. Een tweede fabriek is gepland vanaf 2029 met ongeveer 1 GWh aan anodeproductie. Als er voldoende groene en kosteneffectieve stroom beschikbaar is komt deze fabriek in Nederland. LionVolt mikt op het produceren van Li-Metal anodes voor celproductie met een capaciteit van meer dan 10 MWh per jaar. Hiermee wordt in dit veld de komende jaren flinke opschaling gerealiseerd door Nederlandse partijen
- CarbonX heeft een massaproductieproces ontwikkeld voor kristallijn koolstofmateriaal, een duurzaam alternatief voor grafiet waarmee een productiesnelheid van ongeveer 1 ton materiaal per uur wordt bereikt.
- Verschillende batterijmateriaalbedrijven zijn in staat geweest om hooggespecialiseerde machines voor grootschaliger anodemateriaalproductie te ontwikkelen en (laten) bouwen met hulp van/ in samenwerking met Nederlandse hightechbedrijven. Leyden Jar is een voorbeeld dat - om haar pure silicon anode te kunnen produceren – in samenwerking met machinebouwer Masévon Group eigen machines ontwikkelt waarbij het IP bij LeydenJar ligt
- Partijen als Envalior, LionVolt en ORE Energy maken stappen in het veld van elektrolyten
- De ontwikkeling van kathodes is veel minder ontwikkeld. Nederlandse partijen richten zich in dit veld vooral op meer circulaire oplossingen (met minder gebruik van kritieke materialen)
- In 2024 is bij het Holst Center een Battery Lab geopend om met industriële partners NextGen batterijcellen en productietechnologie te ontwikkelen. Het lab is in staat om experimentele materialen te integreren in (proef)batterijcellen. De focus ligt op het ontwikkelen van applicaties voor de heavy duty (niche) markten voordat ook applicaties voor andere segmenten in beeld komen. De technische universiteiten Delft en Twente beschikken al langer over battery labs en spelen een belangrijke rol in het Nederlandse ecosysteem.
- Bij celproductie zit een duidelijk knelpunt in Nederland.
    - De Universiteit Twente opent eind 2025 – begin 2026 een pilotlaboratorium voor celproductie. Doel is de ontwikkeling van nieuwe celproductietechnologieën en geavanceerde fabricagemethoden met behulp van onder andere digital twinning en AI.
    - Met OBIC wordt een flexibele high-mix-low volume productieketen met beperkte schaal gerealiseerd
- Over het algemeen sluiten de Nederlandse ontwikkelingen aan bij de mondiale trends en roadmaps. Nederlandse high-energy anode-technologieën voldoen nu al aan de energiedichtheidvereisten van de meeste toepassingen, en overtreffen deze in veel gevallen. In de afgelopen 3 jaar is de maximaal behaalde energiedichtheid door de bedrijven met minstens 15% toegenomen, de levensduur (cycle life) met minstens 20% en de laadsnelheid heeft in sommige gevallen 3C of hoger bereikt.
- Minstens twee Nederlandse anode-producenten hebben hun materialen getest en gevalideerd voor bepaalde soorten consumentenelektronica zoals oordopjes, smartwatches en drones, met behulp van Europese of Aziatische pilotlijnen.
- Ten minste drie bedrijven hebben samenwerkingsovereenkomsten getekend met Aziatische partners voor de productie van volgende-generatie batterijen, de ontwikkeling van speciale elektrolyten of het opschalen van geavanceerde materialen-coatingmachines.

Overzicht categorieën en kennisvelden in de waardeketen en inschatting positie Nederland (specifiek voor materialen en productietechnologieën)

Onderdeel waardeketen	*Omschrijving*	Positie Nederland in EU
Materialen		
Anodes	*Onderzoek naar anodes is sterk met een duidelijke focus op silicium-anodes en Li-metal anodes. De eerste commerciële fabriek van LeydenJar wordt operationeel in 2027. Een 2e fabriek is gepland voor 2029. LionVolt en E-magy zijn aan het opschalen en verwachten om in 2027 operationeel te zijn. De eerste marktintroducties vinden plaats in consumentenelektronica, met name door LeydenJar en Emagy.worden toepassingen voor drones momenteel gevalideerd.*	+++++
Coatings / artificiële elektrode-interfases	*Powall kan ALD-machines leveren met een capaciteit tot 100 kg per uur voor continue en uniforme coating van kathode- en anode-powder coatings. Daarnaast worden sheet-to-sheet (S2S) en roll-to-roll (R2R) spatial ALD-coatings ontwikkeld door onder andere SparkNano en Kalpana.*	+++
Elektrolyt	*Groeiende rol, Nederland richt zich meer op onderzoek naar veilige en circulaire elektrolyten. Universiteiten werken aan vloeibare en vaste elektrolyten. TU Delft: vloeibaar, polymeer en anorganisch met Delft Power als start-up, de Universiteit van Utrecht met anorganisch en de Rijksuniversiteit Groningen met polymeer elektrolyten)* *Envalior produceert een additief voor electrolyt. LionVolt, ORE Energy en Arkimedes werken ook aan oplossingen*	++
Kathodes	*Geen productie in Nederland, onderzoeksfocus op circulaire materialen en recycling. Beperkt maar groeiend segment*	+
Current collector foils	*Heeft beperkte focus in Nederland*	+
Separator	*Nederland is afhankelijk van import uit Azië en Duitsland.*	+
Batterijcellen		
Celproductie	*Nog geen productie op grotere schaal mogelijk, grotendeels afhankelijk van import. In het Battery Lab Holst Center, Universiteit Twente, en binnenkort OBIC wordt wel een begin gemaakt. LionVolt realiseert circa 10 MWh per jaar aan celproductie op basis van eigen anodes. Aan de Universiteit Twente worden 1–5 Ah multilayer pouchcellen geproduceerd; deze faciliteit kan worden gezien als een pre-pilotlijn.*	+/++
Batterij modules & packs		
Battery modules en packproductie	*Nederland heeft enige productie en assemblagecapaciteit (VDL, Eleo, Cleantron, Power Battery Solutions), maar geen echt grootschalige productie. Tulip tech bouwt battery packs specifiek voor drones (met defensie als belangrijke afnemer)*	+++
Productietechnologieën		
Battery managementsystemen	*Sterk in kennis (software en slimme integratie) vooral in kleinere . kleinere segmenten ingezet als maritiem, off shore en high end e-mobility*	++++
Digital twin & AI-gedreven productie	*Nederland is een voorloper in datamodellen en predictive maintenance. In het batterijenveld kan dit breder worden ingezet*	+++

Onderdeel waardeketen	*Omschrijving*	Positie Nederland in EU
Laser patterning & cutting	*Vooral Nederlandse niet-batterijbedrijven zijn hier sterk in*	+++
Thermal management integration	*Sterk op systeem-, ontwerp en validatieniveau maar dit wordt (nog) niet omgezet naar capabilities op industriële schaal. (TU Eindhoven, TNO)*	++
Roll-to-roll coating (electrodes)	*In Nederland vindt onderzoek plaats, enkele start-ups/ scale-ups zijn actief zoals Kalpana*	+
Dry electrode coating	*Innovatief onderzoek vindt plaats; Nederland sterk in pilots maar geen productierijpe producten (TNO Holst)*	+
Formation & aging (celconditionering)	*Nederland heeft testfaciliteiten, maar geen (grootschalige) fabrieken (Eleo, TNO)*	+
Solid-state cell fabrication	*Nederland actief in onderzoek, maar geen industriële productie (TU Delft, TNO)*	+

+ zwak +++++ zeer sterk

Technologische ontwikkelingen buiten het directe batterijenveld

Nederland beschikt over een sterke, internationaal concurrerende hightech maakindustrie die substantieel kan bijdragen aan de ontwikkeling van een autonome Europese batterijwaardeketen

Diverse ondernemingen die hun technologie momenteel toepassen in andere sectoren – waaronder semicon en hightech equipment – beschikken over relevante kennis en competenties die de batterijenindustrie kunnen versterken. Het betreft onder meer expertise op het gebied van precisie-engineering, systeemintegratie, automatisering en digitale kwaliteitscontrole. Een groeiend aantal hightechbedrijven uit aanpalende sectoren toont inmiddels concrete belangstelling voor een rol binnen de batterijenindustrie.

BCC-NL heeft een voor 2026 een feasibility study gepland om het potentieel van het verbinden van technologie van Nederlandse hightech maakbedrijven aan de batterijenindustrie (zowel bestaande partijen met ervaring als start-ups met baanbrekende ideeën) expliciet te maken, breed te mobiliseren en te vertalen naar concrete consortia voor een volgende NGF-fase.

Eerste ideeën over inbreng van 'niet-batterijen bedrijven' worden gezien in drie velden (verder te verkennen door middel van de feasibility studie):

1. Bijdrage aan het ontwikkelen van flexibele celproductie in kleine volumes met hoge kwaliteit
2. Ontwikkeling van een nieuwe generatie equipment met lager energieverbruik en geschikt voor ciculaire materialen
3. Inline quality assurance & digital twins voor procesoptimalisatie

Ad 2) Marktontwikkelingen
De geprognotiseerde wereldwijde vraag naar batterijen blijft sterk groeien met circa 15% per jaar tot en met 2034. Toepassingen zijn divers, van mobiliteit (EV, heavy duty mobility, drones) tot consumentenelektronica, stationaire opslag en specifieke defensietoepassingen. Deze groeiende markten vragen om innovatieve (inzet van) hoogwaardige materialen en (schaalbare) productietechnologieën.

Figuur: Groeiprognose wereldwijde batterijmarkt tot 2034

Als het gaat om producten voor volwassen en grootschalige eindmarkten als EV, waar kostenreductie een belangrijke rol speelt, is de concurrentie – met name uit China – zeer sterk. Op dit moment kunnen Europese partijen niet op volume en prijs concurreren en moeten zij de focus leggen op de ontwikkeling van innovatieve batterijen met hogere performance dan wat Aziatische partijen aanbieden.

Wereldwijd zal de vraag naar innovatieve batterijen die vooral concurreren op batterij performance en innovatie groeien, maar de precieze timing is onzeker. Nederlandse innovaties zullen aansluiting moeten vinden bij internationale spelers of focussen op niche sectoren: specifieke gebruikersgroepen die bereid zijn om voor maatwerk een meerprijs te betalen. Binnen Nederland zijn dergelijke gebruikersgroepen vooral te vinden binnen heay duty mobility (zie hoofdstuk 4) voor een detailuitwerking). Als OEM's in dit veld kunnen gaan beschikken over innovatieve maatwerkbatterijen die optimaal aansluiten bij hun gebruiksdoel bouwen zij een concurrentievoordeel op. Waar wel al concrete vraag bestaat vanuit dit segment, blijven maatoplossingen achter

Focus op kansen binnen deze Nederlandse specialisatiemarkten neemt niet weg dat er in het buitenland interessante en omvangrijke volwassen markten bestaan waar de Nederlandse industrie innovatieve componenten aan kan leveren. Consumentenelektronica (smartphones, laptops, wearables) is een voorbeeld waar LeydenJar door haar samenwerking met het Chinese Highpower en potentieel enorme markt heeft aangeboord.

Een deel van de potentiële vraag moet nog gecreëerd worden door het demonstreren van mogelijkheden. Hier kunnen de overheid en launching customers een vitale rol spelen. In Nederland zouden overheden (Rijk, defensie, regionale vervoerders) als eerste afnemer kunnen optreden van in Nederland ontwikkelde nieuwe batterijen, om zo de markt een duwtje te geven. We zien al dat bijvoorbeeld defensie belangstelling toont voor lokale batterijinnovaties, en partijen als VDL (bussen) en DAF (trucks) zich willen

verbinden aan pilotprojecten. Zulke vroege referentieprojecten helpen de bredere markt te overtuigen van de betrouwbaarheid van nieuwe technologie.

De uitdaging voor aanbieders (de batterijontwikkelaars) is timing – kunnen zij hun innovaties op tijd klaarstomen voor grootschalige toepassing? Grote buitenlandse spelers werken immers ook aan nieuwe batterijen. Nederlandse innovaties zullen ofwel moeten samenwerken met deze grote spelers (bijv. als toeleverancier of in joint venture), of een eigen nichemarkt claimen. Het is waarschijnlijk dat Nederlandse NextGen bedrijven zich eerst in niches moeten bewijzen, omdat toegang tot de mainstream automarkt lastig is zonder eigen grote fabrikant. Daarbij is **internationale samenwerking** ook niet uitgesloten – sommige Nederlandse partijen kijken bijvoorbeeld naar samenwerking met grote buitenlandse bedrijven (zelfs in China) om een technologische sprong te kunnen maken. Openstaan voor buitenlandse partners kan schaal en expertise brengen, mits de strategische kennisborging in Nederland gewaarborgd blijft.

Ad 3) Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen

Grondstoffen

De beschikbaarheid van(kritieke) grondstoffen voor de batterijenindustrie wordt voor een significant deel gecontroleerd door Chinese partijen. Niet alleen door bezit of controle over mijnen (bijvoorbeeld in Chili (Lithium), kobalt (Congo) en nikkel (Indonesië), maar ook omdat 60-80% van de raffinagecapaciteit zich in China bevindt. Er zijn vooralsnog geen aanwijzingen dat de bestaande geopolitieke spanning tussen China en Europa gaat afkoelen. De Europese batterijenindustrie is hiermee kwetsbaar voor schommelingen in aanbod van grondstoffen.

Defensie

De NAVO-bondgenoten hebben afgesproken om uiterlijk in 2035 5% van het bruto binnenlands product te investeren in veiligheid en defensie. Om deze reden manifesteert defensie zich als (nieuwe) substantiële afnemer van heavy duty off highway mobility producten en drones. Inzet van batterijen voor drones is evident, maar er zijn ook kansen voor off highway toepassingen. Defensie kijkt vooral naar in Nederland/Europa ontwikkelde oplossingen, zodat er volledige onafhankelijkheid van niet Europese partijen bestaat.

Autonomie

Het streven van de Europese Unie (en Nederland) naar meer strategische autonomie betekent werken aan een volledige batterijwaardeketen, van grondstoffen tot recycling en second life.

Ad 4) Beleidsmatige ontwikkelingen

In het Nederlandse streven om te komen tot een klimaatneutreaal energiesysteem in 2050, is inzet van batterijen een belangrijk element. Het gaat in dit verband vooral om batterijsystemen die netcongestie verminderen. Hiermee is Nederlands en Europees beleid een belangrijke aanjager van de batterijenindustrie.

Door scherpe klimaatdoelen te stellen wordt extra vraag naar batterijtoepassingen gecreëerd

- Nationaal plan energiesysteem (NPE) biedt een duidelijke ontwikkelrichting voor het Nederlandse energiesysteem tot 2050. Als het merendeel van de elektriciteit in de toekomst wordt opgewekt door zon en wind, zijn batterijen cruciaal om aanbod en vraag in balans te houden. Door opslagcapaciteit als sleuteltechnologie te benoemen ontstaan marktkansen voor bedrijven die innovatieve materialen en productietechnologieën ontwikkelen
- Nederlandse steden bewegen stapsgewijs naar zero-emissiezones voor stadslogistiek

- DE EU Battery Regulation (2023) en de Critical Raw Materials Act, hebben impact op de productie van alle soorten batterijen, van ontwerp tot recycling. Batterijen die in de EU-markt worden aangeboden moeten bijvoorbeeld geschikt zijn om te recyclen, waarmee schaarse grondstoffen worden teruggewonnen. Eind 2031 is het doel dat lithium voor 80% wordt teruggewonnen en kobalt, koper, lood en nikkel voor 95%. Bovendien gelden strenge standaarden voor ontwerp, sourcing, chemie en productie. Bedrijven die aan alle voorwaarden kunnen voldoen hebben daarmee een concurrentievoordeel.

Ad 5) Internationale ontwikkelingen
Om op Europees niveau een rol te kunnen spelen, is opschalen van laboratoriumniveau naar industriële schaal nodig. Nederland positioneert zich met name op de gebieden van hoogwaardige procesapparatuur, productietechnologieën en geavanceerde materiaalproductie.

- Op Europees niveau werkt de European Battery Alliance (EBA) sinds 2017 aan het bouwen van een volwaardige een Europese battterijwaardeketen waarmee de afhankelijkheid van niet-EU-landen wordt verminderd. Focus is wel vooral op EV en minder in lijn met de Nederlandse focus op specifieke maatwerk oplossingen (zie paragraaf 3.4)
- Binnen het ‘Batteries European Partnership (BEPA) / BATT4EU Partnership’ werken publieke en private partijen samen aan onderzoek en innovatie. Aan de hand van technologische vraagstukken werken academische en industriële partijen samen
- Het IPCEI (Important Projects of Common European Interest on Batteries) initiatief is erop gericht dat verschillende EU-landen gezamenlijk grootschalige, grensoverschrijdende onderzoek- en innovatieprojecten op het gebied van de batterijwaardeketen ondersteunen. Hierbij gaat het vaak om de ontwikkeling van nieuwe, duurzamere batterijtechnologieën en productieprocessen. Nederland heeft hier niet aan deelgenomen.
- De Amerikaanse Inflation Reduction Act (IRA) heeft aanzuigende werking op – ook Europese – batterijfabrikanten aangezien er flinke subsidies beschikbaar zijn voor nieuwe vestigers. Hoewel de exacte effecten nog niet heel erg zichtbaar zijn heeft de nieuwe ‘One Big Beautiful Bill (OBBBA)’ wel een dempend effect
- Sterke Chinese partijen blijven batterijpakketten aanbieden waartegen op prijs niet kan worden geconcurreerd. Behalve op EV’s reageert de EU vooralsnog niet met importheffingen ter bescherming van de Europese batterijenindustrie
- Op 9 oktober 2025 heeft de Chinese regering een pakket van nieuwe exportcontrolemaatregelen aangekondigd dat onder meer kritieke grondstoffen en technologieën voor batterijen raakt. Deze maatregelen waren onderdeel van een bredere actie om strategische grondstoffen, technologie en productiecapaciteit beter te beheersen vanuit een nationale veiligheids- en industriële perspectief.

Ad 6) Duurzaamheid en circulariteit
Duurzaamheid en circulariteit moeten in de Europese batterijenindustrie vanaf het begin leidend zijn bij de ontwikkeling van batterijmaterialen en productietechnologieën. De EU Battery Regulation streeft een levenscyclusbenadering na, waarin materiaalkeuze, productie, gebruik en end-of-life onlosmakelijk met elkaar zijn verbonden.

Als het gaat om de ontwikkeling van nieuwe productietechnologie valt veel duurzaamheidswinst te behalen door inzet van dry coating technologie of lagere temperatuur droogprocessen voor productie van elektroden. Modulair ontwerp en assemblage is een andere manier waar de voordelen vooral liggen de mogelijkheid tot het vervangen van modules waardoor batterijen langer mee kunnen gaan.

Voor anodematerialen leidt de EU-regelgeving tot hernieuwde aandacht voor de hoge CO_2-impact van synthetisch grafiet (er zijn zeer hoge temperaturen vereist tijdens het productieproces). Momenteel is dit

het meest toegepaste anodemateriaal, maar het aandeel daalt door toepassing van natuurlijke grafietsoorten en alternatieve, laag-koolstof anodes. De koppeling tussen elektrodematerialen en productietechnologie wordt steeds sterker, waarbij lage-energie-processen zoals dry coating en lagere procestemperaturen sterk kunnen bijdragen aan het voldoen aan CO2-doelstellingen.

Binders, additieven en oplosmiddelen komen nadrukkelijk in beeld door REACH-eisen en emissiebeperkingen. Watergedragen en oplosmiddelvrije processen worden daarmee een randvoorwaarde voor toekomstige markttoegang.

De introductie van het digitale batterijpaspoort vraagt volledige transparantie over materiaalgebruik en herkomst. Hierdoor verdwijnen "black-box" materialen en processen uit de keten. Hiermee verschuift binnen Europe de concurrentiekracht van maximale energiedichtheid enigszins naar een optimale balans tussen prestaties, circulariteit en strategische autonomie.

3.4 Moonshots: progressie en relevantie

In deze paragraaf over de moonshots gaan we nader in op:

1. Doelbereik Moonshots
2. Relevantie van de huidige Moonshots
3. Potentiële nieuwe Moonshots

Ad 1) Doelbereik Moonshots

Moonshots	Stand van zaken 2025
2023: Nationale pilotlijn voor het ontwikkelen, testen en karakteriseren van innovatieve batterijcellen.	Nog niet operationeel maar met het geplande Open Battery Industrialization Center (OBIC) op de Automotive Campus in Helmond wordt een belangrijke stap gezet
2025: Nederland in de top vijf wereldwijd in veilige en duurzame batterijmaterialen en -cellen.	Niet bereikt (en moeilijk meetbaar).
2025: Geavanceerde assemblagelijnen voor (componenten van) innovatieve batterijcellen geleverd door Nederlandse bedrijven	Beperkte voortgang, Nederlandse machinebouwers die voor derden productielijnen leveren focussen vooral op andere industrieën. VDL is een machinebouwer die zich wel op deze markt beweegt, net als Demcon
2030: Flexibele, geautomatiseerde apparatuur voor productie van cellen, modules en pakketten voor diverse toepassingen wordt geleverd aan grote batterijbouwers in Europa en daarbuiten	Beperkte voortgang. Wel heeft onder andere VDL inmiddels een faciliteit voor packassemblage voor binnenlands gebruik. Voor cellen moeten nog stappen worden gezet

Ad 2) Relevantie van de huidige Moonshots

- Het opzetten van een nationale pilotline (OBIC) is nog steeds zeer relevant en vult een leemte in opschalingscapaciteit. Er zijn concrete stappen naar realisatie gezet, waarbij het cruciaal was dat de vanuit de provincie Brabant en vanuit het circulaire batterijprogramma (Nationaal Groeifondsprogramma 'Material Independence & Circular Batteries) funding beschikbaar kwam. TNO heeft vervolgens de opdracht gekregen om te werken aan de concrete realisatie.
- Het ontwerpen en ontwikkelen van veilige en duurzame nieuwe materialen en cellen voor batterijen blijft relevant, maar het is lastig meetbaar of Nederland in de top-5 zit. Voor nieuwe moonshots moeten meetbare doelen worden opgenomen

- Assemblagelijnen voor (componenten van) cellen leveren aan (buitenlandse) batterijenproducenten blijft een interessant veld. Verdienvermogen licht echter vooral bij het produceren van materialen. Hier zou de focus moeten liggen. Dit kan door de ontwikkeling van assemblagelijnen te richten op de behoefte van de Nederlandse batterijenindustrie en een langdurige samenwerking aan te gaan. Een goed voorbeeld is Masévon. Zij werken als machinebouwer nauw samen met LeydenJar aan de industrialisatie van de productie van sliciumanodes.
- Het betreft nog steeds een interessant moonshot, maar net als bij het leveren van assemblagelijnen kan de vraag gesteld worden of IP en verdienvermogen voldoende in Nederland blijft. Ook hier lijkt koppeling van de ontwikkeling van dergelijke apparatuur aan concrete behoefte van de (Nederlandse) batterijenindustrie een kansrijke route.

Om de keuze voor moonshots te onderbouwen wordt eerst de visie op de ontwikkelroute voor het Nederlandse Next Generation materialen en productietechnologie segment geschetst. Daarna volgen moonshots die gericht zijn op het bewandelen van de ontwikkelroute

Ontwikkelroute

Marktsturing
- Nederlandse en Europese eindgebruikers (bedrijven die batterijen toepassen in hun producten), vragen batterijen die zijn afgestemd op hun specifieke gebruikersprofielen.
- Voor grote volwassen markten als EV zijn dergelijke batterijen al beschikbaar en wordt steeds meer op prijs geconcurreerd. In velden als drones, defensie en heavy duty mobility,waar het gaat het om veel lagere volumes, is maatwerk beperkt voorhanden.
- Hoewel ook in deze velden kosten van belang zijn, kan voor hogere batterijprestaties en leveringszekerheid een meerprijs worden geaccepteerd, aangezien eindgebruikers hiermee een concurrentievoordeel kunnen opbouwen: relatief beter presterende onderscheidende producten
- Hier liggen voor de Nederlandse en Europese batterijenindustrie kansen: het leveren van maatwerk op het gebied van celproductie en volledige batterij-pack productie, gericht op marksegmenten waarin zich sterke Nederlandse en Europese OEM’s bevinden en waarvoor massaproductie/kosten niet het meest bepalend zijn in de business case en buitenlandse partijen (nog) geen sterk concurrentievoordeel hebben opgebouwd.

Ecosysteem
- Om deze ambitie waar te kunnen maken, moet het Nederlandse ecosysteem in de breedte nog meer robuust worden. In TRL termen: op de niveaus van (fundamenteel) onderzoek (TRL 1–2) is het zaak om voldoende aanwas aan nieuwe ideeën te genereren. Start-ups moeten de fase van proof-of-concept, pilotvalidatie en demonstratie (TRL 3–6) kunnen overleven. Scale-ups en volwassen bedrijven die naar volledige en gecertificeerde toepassingen toewerken (TRL 7–9) moeten kunnen beschikken over een productie-infrastructuur waarmee producten naar de markt kunnen worden gebracht.

Infrastructuur
- Momenteel is de belangrijkste missing link in de waardeketen van de Nederlandse batterijenindustrie cel-assembly. Een flexibele kennisgedreven celproductie-infrastructuur (designed for purpose, high-mix, low volume) maakt het mogelijk om maatoplossingen tot industrialisatie te brengen zonder een groot beroep te moeten doen op buitenlandse partijen, waarmee het risico groot is dat IP en verdienvermogen weglekt. Met flexibiliteit in productieprocessen, schaalgrootte en celontwerp, kan de Nederlandse batterijenindustrie zich onderscheiden van Aziatische leveranciers.
- Een faciliteit waarmee op industriële schaal geproduceerd kan worden om in de behoefte van de Nederlandse OEM’s te voorzien maar ook de Europese markt te gaan bedienen. Componenten voor

cellen kunnen in het buitenland worden ingekocht waarbij ernaar gestreefd moet worden deze steeds meer door Nederlandse innovaties te vervangen.

Voorwaarden

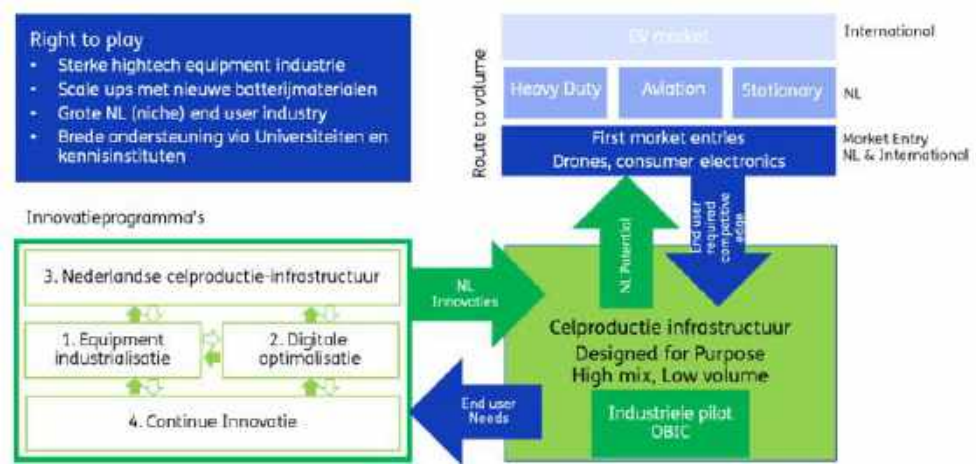
- Financiële ondersteuning is cruciaal in het versterken van het ecosysteem en in de opbouw van productiecapaciteit in Nederland. Er dient goede afstemming te komen tussen de partijen die dit in verschillende TRL-fases kunnen leveren. Er zal echter ook commitment van eindgebruikers uit de segmenten als defensie, aviation, consumer elctronics en Heavy Duty nodig zijn: er moet een zeker marktperspectief zijn om de investeringen te verantwoorden.

Versnelling

- Diverse ondernemingen die hun technologie momenteel toepassen in andere sectoren – waaronder semicon en hightech equipment – beschikken over relevante kennis en competenties die de batterijenindustrie kunnen versterken. Nieuw op te richten consortia met bedrijven uit andere technologievelden én de batterij-industrie (zowel bestaande partijen met ervaring als start-ups met baanbrekende ideeën) kunnen de ecosysteemontwikkeling versnellen

Samenvattend

Eindgebruikers geven inhoudelijke richting aan de innovatieopgave, inclusief typen materialen en benodigde productietechnologieën. Met flexibele kennisgedreven celproductie-infrastructuur kunnen de eindgebruikers worden bediend waarmee een pad is uitgezet naar een veel hoger volume van productie en verbinding van Nederlandse batterijenbedrijven aan verdere doorgroei in Nederland



Overzicht van nieuwe potentiële moonshots in vier categorieën

De moonshots moeten worden gelezen als verkennende en richtinggevende suggesties en niet als vastgestelde keuzes. Ze dienen als input voor reflectie, discussie en prioritering voor het opstellen van de update van de Nationale Batterijenagenda begin 2026.

1 Ontwikkeling ecosysteem

- 2030: Het Nederlandse batterij-ecosysteem heeft zich ontwikkeld tot een bloeiend innovatiecentrum met een continue pijplijn van bedrijven die werken aan de volgende generatie duurzame/circulaire batterijmaterialen, proces-en equipmentontwikkeling & ontwikkeling van cellen en materialen met verbeterde energie-, vermogen en levensduurprestaties. De ecosysteem balans is verschoven van technology push naar market pull. Er wordt gestuurd op Nederlandse kennis en expertise, van fundamenteel onderzoek (TRL 1–3), via pilotvalidatie en demonstratie (TRL 4–6), tot volledige en gecertificeerde toepassingen (TRL 7–9). Het ecosysteem is aantrekkelijk voor innovatieve start-ups

waarmee een basis wordt gelegd om op termijn daadwerkelijk een internationaal sterke positie voor Nederland op te bouwen.

- 2030: Continue monitoring geeft een scherp inzicht in de mogelijkheden om technologie van Nederlandse hightech **niet**-batterijbedrijven in te zetten ten behoeve snellere ontwikkeling van de batterijenindustrie. Producenten van bijvoorbeeld high-precision productieapparatuur, thin film electronics en bedrijven die zich richten op micro- en nanotechnologie (zoals semicon) worden op basis van de kennismonitoring actief betrokken bij vraagstukken binnen het batterijenveld waarmee de hightech niet-batterijbedrijven nieuwe markten kunnen aangeboren en de Nederlandse batterijenindustrie versnelde ontwikkeling doormaakt

2 Ontwikkeling technologie

- 2030: Nederland heeft in het batterijenveld een leidende positie op het gebied van geavanceerde digitale modellen waarmee kwaliteitscontrole, flexibiliteit en efficiëntie van productieprocessen kunnen worden verhoogd (Inline Quality Assurance, numerieke modellen, data-analyse methodieken en digital twins).
- 2035: Nederland heeft een doorbraak gerealiseerd met een batterijmateriaal dat grootschalige elektrificatie van de luchtvaart mogelijk maakt en stelt nieuwe wereldwijde normen op het gebied van prestaties en veiligheid. Het materiaal heeft een energiedichtheid van ≥ 400 Wh/kg, met voldoende cycle life en voldoet aan wereldwijde veiligheidseisen. Het jaarlijkse productievolume zit in de bandbreedte van 500-1.000 MWh.
- 2035: Nederland ontwikkelt zich tot een voorhoedespeler in de ontwikkeling van een aantal innovatieve duurzame materialen en technologieën waar momenteel nog geen sterke positie is opgebouwd en waarmee in de volle breedte van de batterijwaardeketen circulaire Nederlandse oplossingen kunnen ontwikkeld.
    - Prio1_er is al een zekere (kennis)basis aanwezig: electrolyt (solid state & liquid), (kennis) ontwikkeling herbruikbare/ recyclebare materialen
    - Prio2_minder ontwikkelde (kennis)basis: kathodes en membranen
- Nederland ontwikkelt zich tot Europees technologiecentrum voor batterijcel- en packinnovatie, met focus op geavanceerde architectuur, digitaal ontwerp en snelle industrialisatie. Door inzet van simulatie, digital twins en flexibele pilotproductie versnelt Nederland de introductie van nieuwe batterijconcepten en voegt het structureel hoogwaardige waarde toe aan de Europese batterijsector—complementair aan landen die zich richten op grootschalige volumeproductie

3 Ontwikkeling (experimenteer) infrastructuur

- 2030: Nederland beschikt over een flexibele productieketen voor batterijcellen die geschikt is voor snelle integratie van innovaties. Kenmerken zijn
    - Geproduceerde batterijcellen kunnen worden afgestemd op gebruikersprofielen van Nederlandse en Europese OEM's
    - de productieketen is flexibel: high mix/low volume cel-assemblage waarbij snel kan worden geschakeld tussen verschillende nieuwe innovatieve en bestaande materialen, celontwerpen en chemieën.
    - Het is mogelijk om 1.000–10.000 batterijcellen per batch te produceren
    - De output is ≥ 1 MWh per jaar.
- 2030: Nederlandse machinebouwers hebben de faciliteiten om innovatieve productietechnologieën voor duurzame batterijproductie te leveren. Er is productie-equipment ontwikkeld die de productie meer energie-efficiënt maakt (bijvoorbeeld dry processing en artificial SEI-technologieën); er is productie equipment ontwikkeld die circulaire variabele materiaalstromen aankunnen en er is equipment ontwikkeld waarmee duurzame materialen effectief kunnen worden geïntegreerd in de productie van batterijcellen
- 2030: Een in Nederland gevestigde machinebouwer en/of een Nederlandse entiteit binnen een Europees consortium of jont venture levert essentiële apparatuur en productielijntechnologieën die

worden gebruikt door grote wereldwijde batterijproducenten, waarmee Nederland zijn positie als strategische enabler van de volgende generatie batterijproductie versterkt.

4 Ontwikkeling vraag en markt

- 2030: Nederlandse innovaties zijn afgestemd op de specifieke gebruikersprofielen van in Nederland en Europa gevestigde OEM's waarmee reële marktvraag wordt bediend, een 'route-to-volume' wordt ingezet, en Nederlandse/Europese OEM's die bovendien een concurrentievoordeel kunnen opbouwen in hun specifieke marktsegmenten (zoals drones, consumentenelektronica, heavy duty)
- 2030: Nederlandse anode(materiaal)producenten hebben hun leidende positie uitgebouwd en verkopen hun producten wereldwijd. Verdere ontwikkeling van nieuwe innovatieve materialen en productietechnologieën vinden plaats in Nederland waarmee ook de regie over IP en verdienvermogen in Nederland blijft

3.5 SWOT-analyse

Sterke punten Nederland

- Hoog niveau van research binnen Nederlandse universiteiten en kennisinstellingen op het gebied van nieuwe materialen – zowel anorganisch als organisch
- Leidende positie in anodetechnologie
- Sterke kennis en (test)faciliteiten voor de ontwikkeling van productietechnologie en optimalisatie van productieprocessen
- Actieve nationale consortia voor het stimuleren van ecosysteemcoördinatie en samenwerking, zoals het Battery Competence Cluster, Battery NL, NXTGEN Hightech Energy en NFG3 Circular Batteries

Zwakke punten Nederland

- Beperkte financiële speelruimte en subsidiëring voor bedrijven die stap van 'lab-to-fab' willen maken
- Beperkte kennis en vaardigheden op het gebied van celontwerp binnen het Nederlandse ecosysteem
- Beperkte ontwikkeling van kathodemateriaal en elektrolyt
- Geen/beperkte productiecapaciteit in Nederland voor:
  - middelgrote productievolumes
  - batterijcelproductie
- Nederlandse machinebouwers hebben beperkte focus op de batterijenindustrie en zijn vaak niet bereid zelf te investeren in de ontwikkeling van machines specifiek voor de batterijenindustrie (ze nemen geen risico)
- Onvoldoende afstemming van onderzoeksinspanningen op concrete toepassingen/gebruikersprofielen voor (in Nederland gevestigde) bedrijven
- Relatief hoge energiekosten

Kansen voor Nederland

Eindgebruikersmarkt

- Onafhankelijkheid van Aziatische toeleveringsketens is een sterke driver voor de ontwikkeling van een Europese value chain – benut dit optimaal door een sterke positie op te bouwen in de ontwikkeling van nieuwe materialen en productietechnologieën
- Ontwikkelen van celtypes die aansluiten op concrete gebruikersprofielen van in Nederland gevestigde OEM's.
- Nieuwe markten zoals defensie die in Nederland/Europe ontwikkelde batterijsystem willen aankopen (bijv. defensiedrones of off highway voertuigen)

Materiaalontwikkeling

- Beter gebruik maken van bestaande materialen in verschillende combinaties voor optimaal celontwerp
- Voortbouwen op gevestigde technologieën (bijv.door Leyden-Jar, E-magy, Lionvolt) bij de ontwikkeling van nieuwe technologieën zoals solid state, andere kathodecombinaties zoals LFP, etc.
- Uitbouwen ontwikkeling van segmenten waar Nederland nog niet sterk in is, zoals innovatief kathodemateriaal en elektrolyt (eerste ontwikkelingen zijn zichtbaar).

Productietechnologie/equipment

- Opzetten van een productieketen die de flexibiliteit biedt om celproductie en materiaalproductie op te schalen (high mix/low volume). Met OBIC wordt de eerste stap gezet om deze kans te verzilveren maar de stap naar een grootschaliger productiefaciliteit waar Nederlandse partijen gebruik van kunnen maken om producten naar de markt te brengen opent concrete kansen op doorgroei van bedrijven
- Verschillende Nederlandse hightechbedrijven buiten het batterijenveld, beschikken over kennis en technologie die goed aansluit bij de technologische uitdagingen waar de Nederlandse batterij-industrie mee kampt. Voorbeelden zijn producenten van high-precision productieapparatuur en thin film electronics. Ook kan worden gedacht aan micro- en nanotechnologie die wordt toegepast door de semicon- en hightech sector. Het in beeld brengen van bestaande kennis en technologie die kan worden toegepast in het batterijenveld - met als doel het vormen van consortia voor een volgende NGF-fase - maakt versnelling van de ontwikkeling van de sector mogelijk
- Energie-efficiënte productie equipment ontwikkelen

Bedreigingen voor Nederland

- In Nederland ontwikkelde technologie en innovaties op het gebied van materialen en equipment, verdwijnen naar het buitenland (ook door overnames) omdat de stap naar productie in Nederland niet gezet kan worden door
    - ontbrekende productiecapaciteit
    - onvoldoende funding
    - beperkte beschikbaarheid talent
    - hoge energieprijzen
- Onvoldoende lange termijn continuïteit van nationale programma’s om de volledige ontwikkelingscyclus van (nieuwe) batterijen te ondersteunen (in tegenstelling tot concurrerende economieën zoals Frankrijk RSTE en Duitsland)
- Onvoldoende afstemming op ontwikkelingen elders in Europa
- Onvoldoende afstemming van financieringsverdeling met de nationale batterijstrategie
- Snelheid van ontwikkelen in landen als China en de VS (kunnen we bijblijven?)

3.6 Belangrijkste conclusies thema 1

- Binnen Nederlandse batterijbedrijven en kennisinstellingen is een solide basis aanwezig op het gebied van kennis, technologie en systeemontwikkeling die relevant is voor de batterijsector.

- Deze kennis- en technologiebasis vertaalt zich momenteel nog onvoldoende naar productie (op industriële schaal) en naar structurele verankering in commerciële batterijproductieprocessen.

- Het is noodzakelijk om de bestaande hoogwaardige test- en pilotinfrastructuur door te ontwikkelen naar robuuste industriële productiecapaciteiten, gericht op opschaling, herhaalbaarheid en kosteneffectieve productie. Met flexibiliteit in productieprocessen, schaalgrootte en celontwerp kan Nederland zich onderscheiden van Aziatische leveranciers.

- De Nederlandse batterijenindustrie is (nog) niet in staat om zelfstandig dergelijke faciliteiten te ontwikkelen, funding vanuit publieke gelden blijft noodzakelijk.

- Nederland kan gaan uitblinken in innovatieve technologieën die batterijen opleveren waarvan de bovengemiddelde prestaties een enigszins hogere prijs rechtvaardigen. Op termijn moet de productie van deze innovatieve batterijen worden opgeschaald zodat ook op prijs kan worden geconcurreerd.

- Als het gaat om batterijcellen en packs moet de markfocus moet liggen op maatwerkproducten – op basis van nieuwe én bestaande materialen - voor specifieke toepassingsdomeinen waarin sterke Nederlandse en Europese OEM's actief zijn, maar waar nog geen sprake is van volwassen, gestandaardiseerde producten zoals die in de EV-markt beschikbaar zijn. Voor batterijcomponenten liggen wel kansen in volwassen markten als consumentenelektronica.

- Er dient te worden verkend in op welke manier Nederlandse hightech maakbedrijven buiten de batterijsector hun kennis, technologie en productie-expertise kunnen inbrengen en structureel kunnen worden gekoppeld aan de batterij-industrie, met als doel het versterken en versnellen van innovatie, industrialisatie en concurrentiekracht van het Nederlandse batterij-ecosysteem.

3.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda

Parralel aan deze studie heeft TNO in opdracht van KIA ST voor het NTS-spoor Energy Materials een brede marktconsultatie uitgevoerd met als doel het opstellen van concrete innovatieprogramma's. Hiermee wordt richting gegeven aan stappen die binnen NextGen materialen en productietechnologieën genomen kunnen worden voor (versnelde) verdere ontwikkeling. Er zijn vier innovatieprogramma's uitgewerkt die leidend zullen zijn in te nemen keuzes in de actieagenda (zie voor een detailuitwerking de notitie *Actieagenda Energy Materials – Inzetten op Innovaties en Batterijcel- en Elektrolysetechnologie*, d.d. 16 december 2025). Hiermee loopt het thema NextGen voor op de overige thema's in deze rapportage. Alle vier innovatieprogramma's zijn in lijn met de in geformuleerde moonshots en richten zich op elementen die nog ontbreken of onvoldoende zijn ontwikkeld in de Nederlandse waardeketen.

Innovatieprogramma 1: Versnelling van Equipment-industrialisatie voor productie duurzame batterijmaterialen
- Versnelling van industriële opschaling door overbrugging van de kloof tussen laboratoriumschaal en GWh-schaalproductie voor NextGen batterijmaterialen zoals siliciumanodes, lithium metaalanodes, nieuwe kathodes, natrium-ion en vaste elektrolyten.
- Versterking van de Nederlandse positie in de Europese batterijwaardeketen door inzet van de capaciteiten van onze hightechindustrie op zaken als betrouwbaarheid, kwaliteit en efficiency in batterij productie.
- Economische en maatschappelijke impact door het creëren van werkgelegenheid, vergroten van concurrentiekracht en bijdragen aan klimaatdoelen.
- Duurzaamheid en strategische autonomie

Innovatieprogramma 2: Digitale optimalisatie van batterijproductieprocessen
- Directe benutting van de brede universitaire kennisbasis voor verbetering van efficiëntie, reproduceerbaarheid en kwaliteitscontrole in productie.
- Ondersteuning van high-mix, low-volume productiecapaciteit voor maatwerktoepassingen.
- Versterking van de Nederlandse positie in de Europese batterijwaardeketen

Innovatieprogramma 3: Nederlandse Celproductie-Infrastructuur opbouwen

- Sneller opkomende technologieën met een hoge technologische gereedheid (TRL) opschalen naar een hoog productiegereedheidsniveau (MRL), zodat ze een inkomstenstroom genereren en het bedrijf dat eigenaar is van het product kan groeien.
- Behoud van essentiële intellectuele eigendom (IP) – namelijk de kennis over hoe de technologie in een lithium-ion cel geïntegreerd moet worden – die anders verloren zou gaan aan een derde partij (waarschijnlijk in een ander land). Het verlies van dergelijke IP beperkt ook het exploitatiepotentieel van de kerntechnologie, omdat de derde partij dan de kennis bezit en daarmee de markttoegang kan beperken.
- Behoefte aan maatwerkproducten voor de NL-eindgebruiker industrie die daarmee de concurrentiepositie kan versterken.

Innovatieprogramma 4: Strategische Innovatieketen
- Versterking van het marktpotentieel van huidige start/scale-up technologie door focus op batterij levensduur verlengende innovaties
- Directe benutting van de sterke universitaire kennisbasis voor batterijmaterialen, interface engineering en onderzoek.
- Versterking van de Nederlandse positie in het Europese batterijmateriaal onderzoek.
- Kraamkamer voor nieuwe batterijtechnologie, met focus op IP-creatie en stimulering van hightech start-ups

4 Thema 2: Batterijsystemen voor heavy duty mobiliteit

4.1 Inleiding

Themadefinitie
Batterijsystemen voor complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden (in dit document ook 'batterijsystemen voor heavy-duty mobiliteit' (Heavy Duty) genoemd (naar de internationaal gangbare benaming) zijn ontworpen om de hoge energie- en vermogensvereisten, duurzaamheid en veiligheidseisen van zware transporttoepassingen te ondersteunen.

De belangrijkste segmenten binnen Heavy Duty betreffen:
1. Zwaar vervoer/transport (vrachtwagens, stadsbussen, lange afstandsbussen)
2. Grote mobiele werktuigen (off highway; bouwmachines, landbouwmachines)
3. Scheepvaart
4. Luchtvaart (excl. drones)

Defensie wordt gezien als een interessant Heavy Duty marktsegment, met specifieke (en hoge) gebruikerseisen en dat groot belang hecht aan het minimaliseren van afhankelijkheden van niet Europees-/NAVO-grondgebied.

Context batterijsystemen voor Heavy Duty / complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden
De context waarin dit vraagstuk wordt behandeld wordt hieronder kort beschreven.

1. Verder groeiend gebruik van batterijsystemen in mobiliteitstoepassingen

De batterijmarkt wereldwijd groeit snel door. McKinsey voorspelde een groei van 700 GWh in 2022 naar 4.700 GWh in 2030. Mobiliteit vertegenwoordigt een groot aandeel in deze groei door de verdere electrificatie van wagenparken wereldwijd. Volgens IDTechEx zal de wereldwijde vraag naar batterijen voor uitsluitend middelzware en zware trucks toenemen van ongeveer 40 GWh in 2025 tot 140 GWh in 2030, waarbij het aandeel van de EU respectievelijk 13,5% en 16,2% bedraagt.

Indien Nederlandse spelers in de heavy-duty truckmarkt hun huidige marktaandeel van circa 30% binnen de EU weten te behouden, wordt de benodigde vraag naar batterijsystemen voor heavy-duty trucks alleen al geschat op ongeveer 7 GWh tegen 2030. Deze vraag komt boven op de groeiende vraag vanuit andere mobiliteitssegmenten, wat de totale batterijbehoefte verder zal vergroten.

2. Verwachte verdere groei van elektrificatie in complexe en intensieve mobiliteitstoepassingen

Er is een groeiende behoefte aan batterijtoepassingen in de volgende sub-segmenten*:

- Zwaar transport (bussen, vrachtwagens)
- Grote mobiele werktuigen (tractoren, graafwerktuigen, mobiele hefkranen, etc.)
- Scheepvaart (binnenvaart, zeeschepen, ponten)
- Luchtvaart (vliegtuigen, helikopters)

Binnen het sub-segment luchtvaart is er een snelle ontwikkeling van geavanceerde drones. Dit wordt echter buiten beschouwing gelaten in dit document omdat de intensiteit hiervan lager is dan die van de hierboven genoemde toepassingen.

*Met sub-segmenten wordt gedoeld op specifieke applicatiegedreven segmenten met substantiële marktvolumes, hoge toegevoegde waarde en specifieke prestatie- en kwaliteitseisen.

3. Productiecapaciteit voor batterijsystemen gevestigd in het buitenland

In Nederland zijn meerdere spelers actief op het gebied van assemblage van batterijsystemen (battery packs). Productie van de benodigde lithium-ioncellen gebeurt vooral in China, op industriële schaal vindt in Nederland momenteel geen celproductie plaats. Een prognose van McKinsey (2022), laat zien dat deze afhankelijkheid van China rond 2030 gaat afnemen, maar ook dat China dan nog steeds een aanzienlijk aandeel zal hebben. Dit betekent dat een volledige strategische autonomie voor Europa en Nederland op middellange termijn niet realistisch is, ondanks verwachte capaciteitsuitbreidingen binnen Europa.

Exacte cijfers over de wereldwijde geografische verdeling van productiecapaciteit voor batterijsystemen in de heavy duty mobiliteitsmarkt zijn niet beschikbaar. Wel kan worden geconstateerd dat ook in dit segment de productie (“giga-factories”) plaatsvindt buiten Nederland. Voorbeelden zijn verschillende Chinese producenten, IMPACT Clean Power Technologies in Polen en AESC dat zowel in Azië als in Noord-Amerika en Europa (Verenigd Koninkrijk) giga-factories heeft waar onder andere heavy duty batterijsystemen worden geproduceerd.
Het ontbreken van (voldoende) productiecapaciteit voor batterijsystemen en -cellen in Nederland is, in combinatie met de geprognotiseerde vraaggroei, een potentiële belemmering voor de concurrentiekracht van de Nederlandse heavy-duty mobiliteitssector op de langere termijn.

4. Nederlandse, Europese en wereldwijde behoefte aan verdere innovatie in heavy duty batterijsystemen en toepassingen; huidig landschap is versplinterd

Wereldwijd ligt vooral focus op de productie en doorontwikkeling van batterijsystemen voor reguliere auto's. Echter, meer en meer worden ook in de zwaardere mobiliteitssegmenten duurzame oplossingen gewenst / geëist door de markt. Elektrisch aangedreven bussen zijn inmiddels gemeengoed in veel steden en de ontwikkeling gaat door richting toepassingen waarvoor nog meer “power” benodigd is: vrachtwagens, andere industriële voertuigen/mobiele werktuigen, vliegtuigen en schepen. Deze toepassingen vereisen batterijoplossingen die veel meer capaciteit leveren dan de reguliere batterijsystemen die gebruikt worden in auto's.

Het landschap van partijen die zich richten op de ontwikkeling van heavy duty batterijsystemen, van fundamenteel onderzoek naar R&D, prototyping en productie is wereldwijd, maar ook binnen Europa, erg versplinterd.

Belangrijkste doelstelling en uitdaging
De belangrijkste doelstelling (en uitdaging) in de toepassing van batterijsystemen in dit segment kan worden samengevat als:

- *Adoptie/vraag naar elektrische Heavy Duty-toepassingen vergroten,* door het leveren van voldoende "power", actieradius, laadsnelheid en betrouwbaarheid om zware mobiliteitssectoren te elektrificeren
- *Voldoen aan belangrijke randvoorwaarden*: inachtneming van veiligheidsnormen, acceptabele total cost of ownership (TCO) en voldoen aan de duurzaamheidsdoelstellingen (zoals recycling en gebruik van kritieke materialen)

Kansen voor Nederland
In de vorige agenda batterijsystemen (2022) werden de kansen voor Nederland als volgt gedefinieerd:

1. OEM's zijn in staat om, met het batterijsysteem als kerncomponent, onderscheidende eindproducten op de markt te (blijven) brengen en
2. De maakindustrie kan hoogwaardige batterijpakket productiecapaciteit en –processen bieden aan OEM's in markten met te lage volumes om eigen productie op te zetten.

De toekomstbeelden, "moonshots", die in 2022 werden gedefinieerd waren:

2025: *Nederland heeft de eerste opschalingslijnen neergezet om op basis van bestaande batterijcellen geautomatiseerd specifieke batterijpakketten voor het zwaarder vervoerssegment te kunnen assembleren en aangetoond dat de productie van batterijpakketten in Nederland concurrerend is.*

2030: *Nederland kent een internationaal erkend batterij-ecosysteem dat toepassingsgericht onderscheidende batterijtechnologie ontwikkelt voor specifieke toepassingen in het zwaarder vervoerssegment. Hierbij wordt gebruik gemaakt van zowel bestaande als nieuwe batterijceltechnologieën. De Nederlandse industrie heeft hiermee toegang tot concurrerende batterijsystemen en kan onafhankelijker opereren in de internationale keten. Dit leidt ertoe dat de transportoplossingen van de bestaande maakindustrie emissievrij en concurrerend zijn, en dat producenten van batterijtechnologie en -componenten onderscheidende producten internationaal kunnen vermarkten.*

Dit document bouwt, rekening houdend met de context van vandaag de dag, voort op de agenda uit 2022 en beschrijft de input voor de nieuwe agenda gericht op batterijsystemen voor complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden.

4.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid

Omschrijving van het ecosysteem rond Heavy Duty toepassingen

Agenda 2022:

Internationaal Voorsprong voor Aziatische landen waar de meerderheid van de batterijcellen geproduceerd worden en met staatssteun elektrisch vervoer een vlucht neemt. Zowel in China en de VS zijn een groot aantal OEMs die producten in het zwaarder vervoerssegment produceren zoals Paccar (Kenworth, Peterbilt) en BYD. BYD produceert ook eigen batterijcellen en heeft goede toegang tot de toeleverketen. Paccar investeert daarnaast in langetermijn samenwerkingen met Amerikaanse batterijpakketleveranciers als Romeo Power.

Europees Op het gebied van heavy duty mobiliteit wordt door OEMs geïnvesteerd in het realiseren van eigen batterijpakket assemblage in nabijheid (Daimler, Scania, Volvo)

Nationaal Via het BCC wordt een nationaal ecosysteem gevormd waarbij middels projecten (BCC REACT-EU en GTD-E) gezamenlijke *roadmaps* tot uitvoering worden gebracht. Deze eerste twee projecten richten zich met name op het realiseren van batterijmodule en -pakket ontwikkeling en productie competenties in Nederland. Relevante spelers zijn onder andere VDL, DAF, Damen, ELEO, EST Floattech, NXP, Elaad en Cleantron. In het BCC worden andere bedrijven betrokken in de (online) community ten behoeve van kennisdeling en ontwikkelen nieuwe projecten (onder andere Spierings Cranes, Portliner, Intercel, Aces Energy, PowerBattery, Hyster Yale, E-laad).

Ontwikkelingen bedrijvigheid Nederland

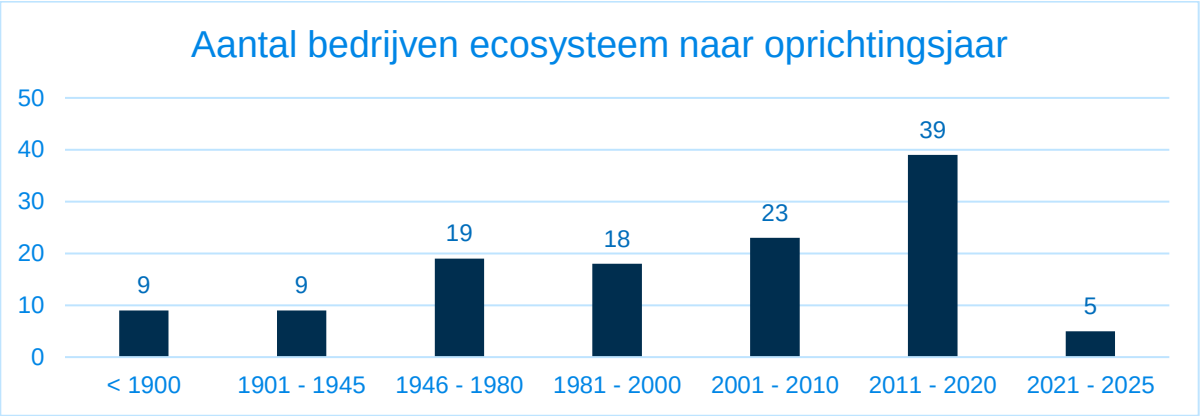
Met betrekking tot bedrijvigheid gaan we in op de volgende aspecten:

1. Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt
2. Ontwikkeling omvang van bedrijven
3. Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten

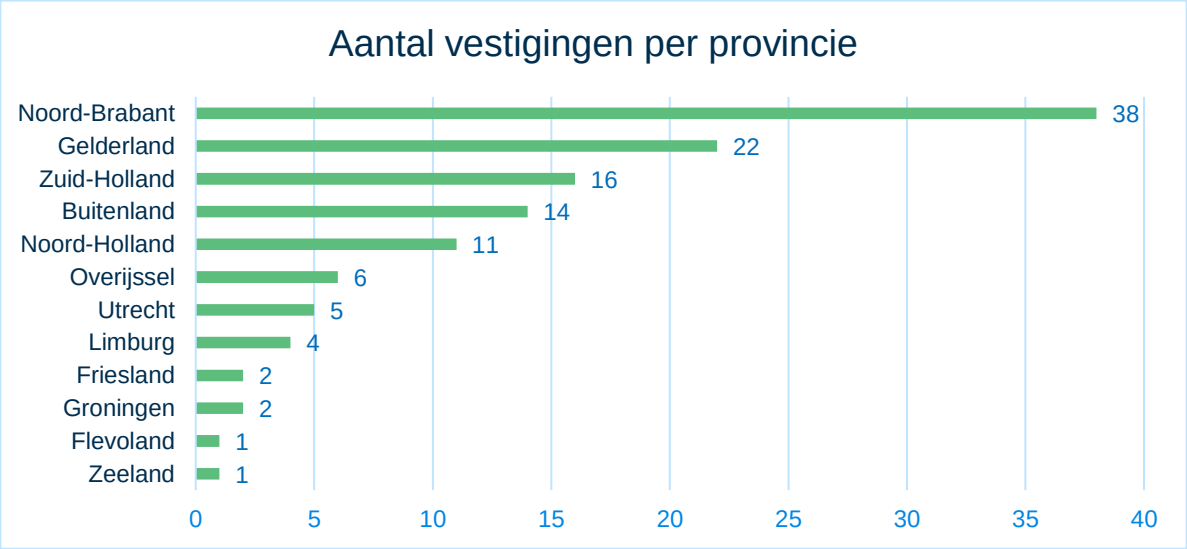
Ad 1) Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt

Ruim 120 bedrijven/organisaties geven aan actief te zijn op het gebied van Heavy Duty. Dit betreft een mix van bedrijven die enkel actief zijn op het terrein van Heavy Duty tot bedrijven/organisaties die een breed pallet aan producten, diensten of onderzoek aanbieden/uitvoeren.

Van de meer dan 120 bedrijven zijn 2 bedrijven opgericht na 2022: Maeve Aerospace (voorheen Venturi) en TheNanox. Zover bekend zijn er in deze periode geen bedrijven gestopt. 1 op de 3 bedrijven in dit ecosysteem is opgericht tussen 2011 en 2020. De meeste (+/- 2/3^{e}) start-ups en andere kleinere bedrijven (10 of minder werknemers) zijn na 2010 gestart.

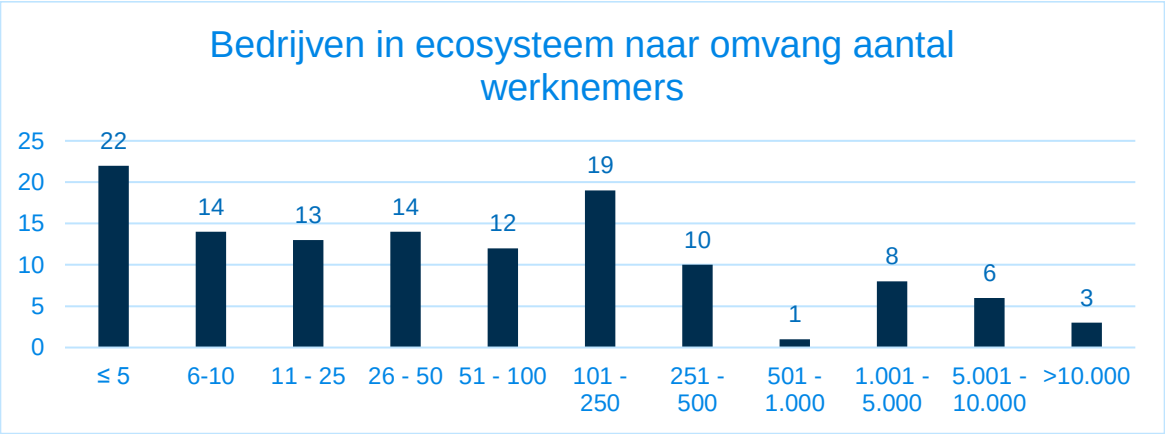


Ongeveer 1 op de 3 bedrijven heeft haar officiële hoofdkantoor gevestigd in de provincie Noord-Brabant, bijvoorbeeld in Eindhoven en Helmond. Andere provincies waar meer dan 10 bedrijven zijn gevestigd betreffen Gelderland, Zuid-Holland en Noord-Holland. Daarnaast zijn er 14 bedrijven met een hoofdkantoor buiten Nederland.



Ad 2) Ontwikkeling omvang van bedrijven

Het ecosysteem bestaat enerzijds uit een mix van ondernemingen uit klein- (waaronder start-ups) en middenbedrijf en anderzijds enkele grotere OEMs. Hoewel voor de Nederlandse economie als geheel geldt dat hoe kleiner het aantal werknemers in het bedrijf, hoe meer bedrijven er van die bedrijfsomvang bestaan, zijn de aantallen binnen het Heavy Duty-ecosysteem redelijk evenredig verdeeld over de omvang-categorieën. Circa 85% van de bedrijven heeft een omvang van minder dan 500 werknemers. Daarnaast bestaat het ecosysteem uit 17 bedrijven met meer dan 1.000 werknemers. Dit betreffen veelal bedrijven die tientallen tot honderden jaren bestaan, waar een deel van de activiteiten inmiddels gericht zijn op het ontwikkelen van (kennis over) batterijen voor Heavy Duty-toepassingen, of plaatsing van batterijen in Heavy Duty-toepassingen. In de categorie 500 tot 1.000 werknemers valt er maar 1 bedrijf. Het grootste bedrijf dan deze eeuw is opgericht betreft Sensata Technologies. In oprichtingsjaar 2011 of later is het grootste bedrijf Ebusco.



Ad 3) Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten
Bijna de helft van de bedrijven in het Heavy Duty-ecosysteem bestaat uit Systeem integrators, het type activiteiten dat centraal staat in deze sector. Andere relatief grote categorieën betreffen Module en pack manufacturers, Equipment suppliers (beiden ~15%) en Service providers (~10%).

Ad 4) Ontwikkeling TRL
Er is geen harde data beschikbaar over de TRL-ontwikkeling

4.2.1 Case studies

Onderstaand zijn drie casestudie opgenomen: voorbeelden van bedrijven gericht op het heavy segment met hun specifieke activiteiten en ontwikkelstatus.

Starter
 	
ELYSIAN
 	
Elysian
	Bedrijfsactiviteit
	• Ontwikkelen, testen en (uiteindelijk) produceren van E9X emissie-vrije vliegtuigen
	  ○ Initiële ambitie om een vliegtuig met een capaciteit van 90 passagiers en een bereik van 800 km (volgeladen) te realiseren
	  ○ Langere vleugels dan een standaard vliegtuig om ruimte voor de batterijpakketten toe te voegen
	USP's
	• In plaats van het elektrificeren van bestaande toestellen zet Elysian in op het ontwerpen van een volledig nieuw vliegtuig
	Ontwikkelstatus
	• In 2023 gelanceerd met als doel om vanaf 2033 volledige productie uit te kunnen voeren
	• Op het moment bevindt het bedrijf zich in de ontwerp- en testfase van componenten
	• Ambitie om het bereik door te ontwikkelen naar een bereik van 1,000 km (volgeladen)
	Nodig voor succes
	• Veiligheidstesten en certificaten behalen
	• Juiste talent blijven aantrekken vanuit TU Delft en TU Twente

Sarter/Groeier HyET Lithium **Hyet-Lithium**	**Bedrijfsactiviteit** • Ontwikkelen en (pilot / roll-to-roll) productie van solid-state lithium-ion batterijen en materialen • Onderdeel van de Hyet Group die zicht ook richt op andere hernieuwbare energiebronnen als waterstof en zonne-energie **USP's** • Gebruik van silicium-anodes, wat potentieel veel hogere opslagcapaciteit heeft dan traditionele grafietanodes. Dit wordt gecombineerd met NextGen solide elektrolyt-materialen voor betere batterijprestaties • Gericht op lage productiekosten en hoge energiedichtheid **Ontwikkelstatus** • Hyet-Lithium werkt i.s.m. universiteiten aan ontwikkeling van de roll-to-roll lithium batterij • Nog niet in fase van commerciële productie **Uitdaging** Voldoende kapitaal en de juiste partners voor opschaling en marktintroductie
Groeier / stabiele factor	**Bedrijfsactiviteit** • Producent van medium- en heavy duty trucks (diesel en elektrisch) ○ Zowel elektrische trucks voor korte afstanden als lange afstanden (met een bereik tot 500km) • Ondersteunende diensten zoals laadmogelijkheden, onderhoud en inzichten in de batterijprestaties van de vloot

DAF	**USP's**
	• Vernieuwd aerodynamisch ontwerp met 3% efficiënter energieverbruik
	• Marktleider op het gebied van truckdesign in Nederland (28,9) en een marktaandeel van 14,4 % in Europa
	Ontwikkelstatus
	• DAF is in 1928 opgericht in Eindhoven.
	  ○ Lange periode voornamelijk gespecialiseerd in verbrandingsmotoren voor allerlei voertuigen
	• Door druk vanuit de EU om uitstoot te verlagen is vanaf 2020 gestart met het ontwerp van elektrische trucks
	  ○ Hier hebben ook recent ingevoerde zero-emissiezones in binnensteden aan bijgedragen
	• In 2024 zijn de eerste elektrische trucks op de markt gekomen. Dit is vanaf eind 2025, begin 2026 uitgebreid met grootschalige serieproductie
	  ○ Wereldwijde productie in onder andere Nederland, België, Verenigd Koninkrijk en Brazilië
	Nodig voor succes
	• Inzetten op eigen kracht (ontwikkeling van trucks) en slim gebruik maken van expertise van andere bedrijven (batterijen)

4.3 Ontwikkelingen rond het thema

We hebben zes type ontwikkelingen in kaart gebracht:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Positionering Nederland en Europa
6. Duurzaamheid en circulariteit

Ad 1) Technologische ontwikkelingen

Batterijtechnologie komt steeds meer tegemoet aan toepassingseisen van gebruikers van complexe en intensieve mobiliteitssystemen. In toenemende mate staan de specifieke gebruikersprofielen in dit segment aan de basis van tailor made batterijen. Overeenkomsten zijn vaak: grote capaciteit, duurzaamheid en haalbare business case (vanuit TCO-perspectief). In de ontwerpfase wordt bovendien rekening gehouden met de eis om batterijen te produceren die recyclebaar zijn.

Belangrijke technische uitdagingen zijn o.a:

- **Meer energie en vermogen leveren:** Voor veel Heavy Duty is een accupakket van vele honderden kWh nodig voor lange afstanden te maken, terwijl elektrische kranen of haven trucks enorme piekvermogens moeten aankunnen. Voor toepassing in Heavy Duty moeten batterijen een cycle life hebben die 4 keer langer is dan die van reguliere EVs. De focus in R&D ligt daarom op het verhogen van energiedichtheid zodat het gewicht en volume van de batterijen beperkt blijven. Op korte termijn optimaliseren fabrikanten door cellchemie te kiezen die past bij de toepassing. Ook experimenteert men met modulaire batterijconfiguraties; bijvoorbeeld verwisselbare batterijmodules voor bouwmachines

- **Snel kunnen laden en continu presteren**: Vrachtwagens en bussen moeten snel kunnen bijladen. Technisch vereist dit batterijen die hoge laadsnelheden verdragen zonder overmatige slijtage. Ook ontwikkelt men standaard connectors: de EU werkt aan de Megawatt Charging System (MCS) standaard voor trucks. Daarnaast zijn geavanceerde Battery Management Systems (BMS) nodig die de belasting slim spreiden en cellen koel houden
- **Robuust en veilig zijn**: Zware voertuigen kennen vaak extreme gebruiksomstandigheden – denk aan constante trillingen bij bouwmachines, grote temperatuurverschillen of risico op aanrijdingen. De batterijtechnologie wordt hierop ontworpen met verstevigde behuizingen, schokabsorberende montagemethodes, minder brandbaar en veiligheidsmechanismen.
- **Integratie met het voertuig**: Het batterijpakket van een zwaar voertuig is geen los element maar deel van het voertuigontwerp. De locatie in het voertuig is sterk afhankelijk van de applicatie. Deze integratie vraagt om maatwerk in vormfactor en koeling. Nederlandse bus- en truckfabrikanten ontwerpen hun platforms nu modulair zodat ze relatief flexibel extra batterijen kunnen bijplaatsen als een klant meer range wenst. Dit maatwerk is een technisch voordeel dat Nederlandse integratoren benutten: ze leveren flexibele batterijmodules die in diverse voertuigtypes inzetbaar zijn.

Hoewel in Nederland veel kennis van materialen en productietechnologieën aanwezig is, kan de stap naar productie van batterijen niet worden gefaciliteerd. Om dedicated batterijen aan te kunnen bieden aan gebruikers in dit segment zijn test- en productie-faciliteiten zoals het OBIC (Open Battery Industrialisation Center) en haar opvolger belangrijk.

Materialen

Innovaties in dit segment liggen onder andere in solid state batteries en sodium-ion cellen die mogelijk hogere energiedichtheid, meer veiligheid tijdens gebruik en lagere kosten gaan opleveren. Solid state batterijen kunnen meer energie opslaan, wat kan lijden tot grotere ranges voor Heavy Duty-toepassingen en/of kleinere en lichtere batterijen. Wel kennen ze nog uitdagingen aangaande de soortelijke weerstand, wat de laadsnelheid en prestaties op de langere termijn nadelig beïnvloeden. Wel heeft het veel voordelen t.o.v. lithium-ion batterijen.

Voor de ontwikkeling van goedkopere én duurzamere alternatieven zijn sodium-ion batterijen interessant. Sodium is wereldwijd ruim beschikbaar wat de duurzaamheid verbetert en afhankelijkheid van minder betrouwbare partners verlaagt. Momenteel is de energiedichtheid van deze techniek nog wel de helft van lithium-ion batterijen (maar ook de kosten). (Bron: Volvo Trucks)

Onderzoek van BCC-NL, Dutch Battery Compass, heeft voor vier anode-technologieën de geprognotiseerde ontwikkelpaden tot 2035 in kaart gebracht, waarbij gravimetrische energiedichtheid en levensduur (in laadcycli) in verband zijn gebracht met de eisen die verschillende gebruikersgroepen stellen. Er is ingezoomd op gebruikersgroepen waarin Nederland over sterke OEM's beschikt. Onderstaande tabel vat voor deze gebruikersgroepen samen waar Nederlandse anodetechnologie passende oplossingen kan bieden vóór 2035:

	Hoog & puur silicium			Lithium metaalanodes			Si/C composieten (20%<Si<80%)			Grafiet en Si/C-composieten (Si<20%)		
Gebruikersgroepen	Energie-dichtheid	Levens-duur	Match	Energie-dichtheid	Levens-duur		Energie-dichtheid	Levens-duur		Energie-dichtheid	Levens-duur	Match
1 Drones & consumer electronics, power tools			✓			✓			✓			X
2 EV, off-road, 2-3 wielers			X			X			✓			✓
3 Heavy duty automotive, stationary HE.			X			X			✓			✓
4 Aviation			X			X			X			X
5 Maritiem HE, maritiem HP, stationary HP			X			X			X			✓

	Meer dan voldoende
	Passend bij behoefte
	Onvoldoende

Toelichting tabel: op basis van huidige roadmaps

Conclusies ontwikkelpaden anode technologieën

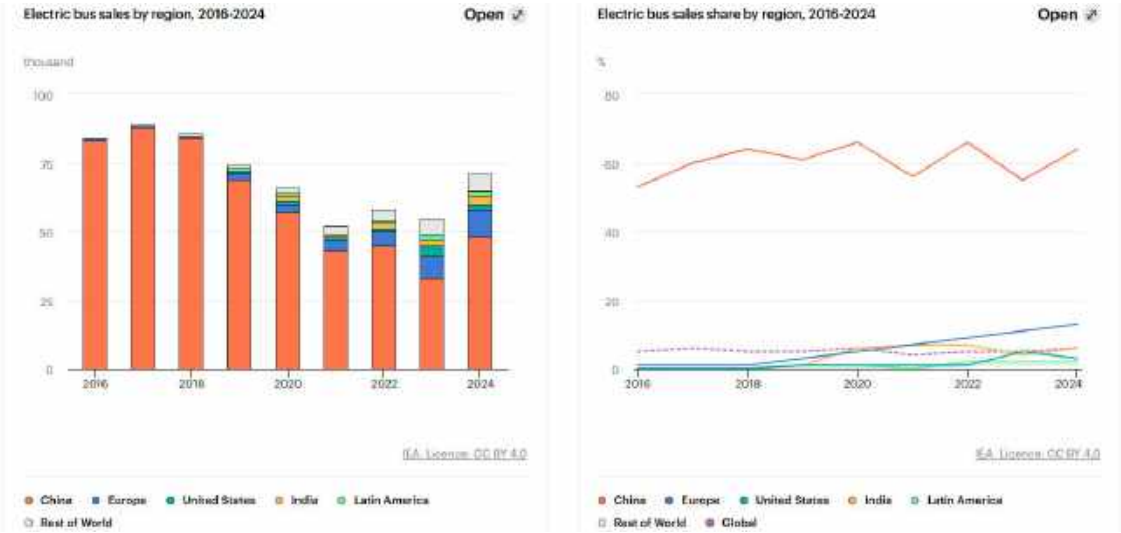
- Voor alle gebruikers komen betere oplossingen in zicht
- Hoewel ontwikkelingen snel gaan, wordt op basis van de huidige roadmaps verwacht dat Nederlandse anode partijen pas na 2035 anodes kunnen aanbieden voor de gebruikersgroep van heavy-duty toepassingen
- Voor de overige gebruikersgroepen liggen wel anode oplossingen binnen handbereik

Ad 2) Marktontwikkelingen

Hieronder volgt het overzicht van de marktontwikkelingen in de verschillende deelmarkten.
Binnen de heavy-duty markt liggen veel kansen voor de batterijenmarkt. Hieronder staat per deelmarkt wat de vraagontwikkeling is in Nederland en/of Europa en/of wereldwijd.

Zwaar vervoer/transport

De verwachting is dat de elektrische batterij voor busvervoer met name een oplossing is voor de stedelijke en interstedelijke verbindingen van openbaar vervoer. Bussen die de langere afstanden moeten overbruggen zullen naar mogelijk vaker waterstof als primaire energiebron gebruiken. Dat gaat bijvoorbeeld om internationale bus vervoerders of het brengen van vakantiegangers naar skigebieden in de Alpen of zonbestemmingen aan de Middellandse zee.



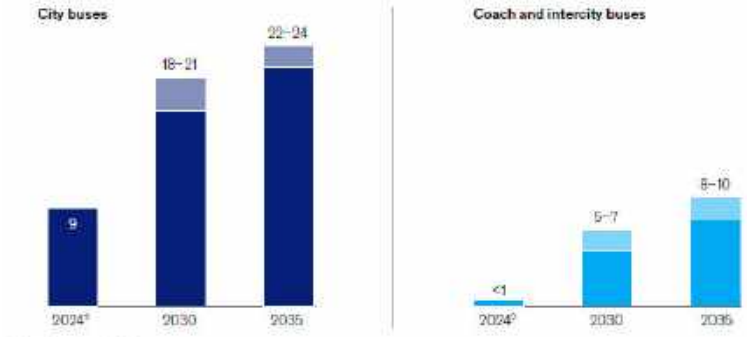
Figuur 1: Ontwikkeling verkopen van elektrische bussen (bron: International Energy Agency (IEA), 2025)

In de begin jaren van dit decennium daalde de verkopen van elektrische bussen wereldwijd, met name door lagere vraag vanuit China, blijkt uit gegevens van de IEA. In Europa steeg de vraag juist. Het jaarlijks aantal verkochte elektrische bussen is in Europa gestegen van rond de 1.000 in 2018 naar zo'n 9.000-10.000 in 2024. Dat is een stijging in het aandeel van +/- 1% naar 13% op het totaal aantal verkochte bussen in Europa. Dat is de enige markt met een structurele (procentuele) stijging in verkochte elektrische bussen in recente jaren. De verwachting van de Europese commissie is dat de Europese markt voor zero-emissie stadsbussen in 2030 zich verdubbelt t.o.v. 2024

Exhibit 2

The European Union's emission targets will drive an increase in sales of zero-emission buses.

Implied zero-emission-bus sales in EU[1] in 2030–35 versus 2024, thousands



[1]27 member nations of EU.
[2]Actual numbers shown for 2024.
Source: ACEA; European Commission; J. D. Power; McKinsey analysis

Nederland is 1 van meerdere Europese landen waar meer dan 40% van de nieuwe gekochte bussen elektrisch is aangedreven. Het totale wagenpark van elektrische bussen in Nederland vertienvoudigde van begin 2018 naar eind 2025, naar een totaal van ruim 2.500, met name Battery Electric Vehicles (BEV)-, bussen. Dit is een aandeel van zo'n 25% op het totale wagenpark volgens RDW.

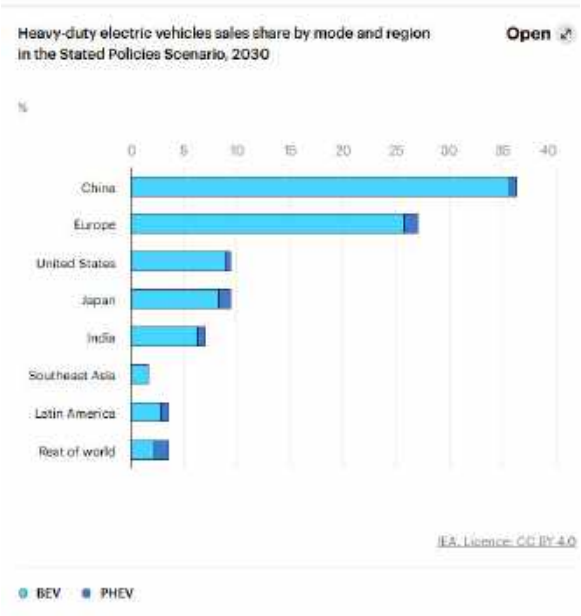
Veel vraag naar dit type bussen komt voort uit de steden of regio's die in aanbestedingen zero-emissie bussen vragen. Europese aanbieders zijn goed gepositioneerd voor de productie van dit type bussen, maar aanbieders van buiten Europa hebben in afgelopen jaren wel hun marktpositie vergroot; Chinese producenten hebben nu een marktaandeel van zo'n 21%. De kosten voor een elektrische bus zijn nog wel altijd veel groter dan voor een traditionele bus en de Chinese partijen bieden opties aan in het lagere kostensegment (IEA, 2025).

Trucks

De belangrijkste drijfveer voor de groei in verkoop van dit type trucks zijn de dalende kosten van batterijen volgens de IEA. Het aantal modellen dat te koop is stijgt ook in alle markten. Europa is de op-1-na grootste markt voor elektrische trucks, met het 2e jaar op rij meer dan 10.000 verkochte trucks.

Binnen de EU wordt het hoogste aantal BEV heavy-duty trucks geregistreerd (1e helft 2025) in Zweden (7,1%), gevolgd door Nederland (6,3%). Niet-EU landen waar het marktaandeel hoog is betreffen Zwitserland (12,4%) en Noorwegen (8%). Nederland heeft met 71,6% het hoogste aandeel geregistreerde medium-duty trucks. De verwachting van de IEA is dat er zo'n 330.000 batterij-gedreven trucks nodig zijn om de doelstellingen van de EU te behalen.

De verkoop in Nederland is in 2024 wel gedaald ten opzichte van 2023. In 2023 waren 2,2% van alle verkochte trucks elektrisch. In het Nederlandse wagenpark zijn er nu zo'n 1.900 batterij-gedreven trucks eind Q3 2025.



De totale eigendomskosten zijn nog altijd vele malen groter dan de die van traditionele trucks. De verwachting is dat elektrische lange afstandstrucks dit decennium prijscompetitief worden in China en Europa (IEA, 2025)

Bouwmaterieel en andere off-road
De markt voor elektrisch bouwmaterieel wordt o.a. gestuwd door de stikstof-problematiek, die uitstoot op de bouwplaats tot een minimum moet brengen. In welke mate aannemers elektrisch bouwmaterieel in bezit hebben/gebruiken hangt sterk af van de aannemer, maar is over de breedte wel aan het groeien. Momenteel is vooral de inzet van kleine (graafmachines, shovels, hoogwerkers) bouwmachines, en sommige grote mobiele kranen en rupskranen, gangbaar. Grotere bouwmachines zijn nog beperkt in elektrische vorm en gebruik, omdat ze onder andere meestal niet een hele dag op een accu kunnen functioneren en vervanging van accupakketten leidt tot veel tijdsverlies; hybride varianten zijn dan een beter alternatief.

Het aanbod van elektrische bouwmachines is nog beperkt. Steeds meer partijen zijn daarom actief in de vervanging van dieselmotoren voor batterij-elektrische en hybride brandstofcel-aandrijflijnen van bouwmachines. Dit is vaak goedkoper dan de aanschaf van een ‘fabrieksklare’ elektrische variant van producenten, welke ook nog een relatief beperkt aantal type elektrische mobiele voertuigen aanbieden. Nederland is, na de Scandinavische landen, een van de koplopers op het gebied van adoptie van elektrisch bouwmaterieel. Voor producenten is Nederland echter een relatief kleine markt. De productie van elektrisch bouwmaterieel zal daarom waarschijnlijk pas significant gaan groeien als de internationale vraag grotere wordt, en daardoor de productie efficiënter wordt, meer concurrentie ontstaat en de prijzen lager worden (Topsector Logistiek, 2022)

Naast bouwmaterieel zijn andere off-road toepassingen zoals heftrucks in distributiecentra, speciale voertuigen op vliegvelden, in havens, enz. Dit zijn relatief ondoorzichtige markten en publiekelijke data over dergelijke off-road-toepassingen zijn nagenoeg niet beschikbaar

OEMs voor het grotere bouwmaterieel betreffen met name buitenlandse spelers zoals Volvo en Aziatische producenten. Voor kleinschalig bouwmaterieel zijn er wel enkele Nederlandse MKB producenten actief, naast bedrijven die dieselmotoren in (nieuwe) bouwmachines vervangen door accupakketten.

Scheepvaart
Binnen de scheepsvaart is een onderscheid te maken tussen binnenvaart, zeevaart en speciale vaart. Door de diverse eindgebruikers is de behoefte voor het type batterijen ook gevarieerd.
Batterij-elektrisch is vooral technisch interessant voor schepen die korte afstanden varen. Dat kan voor binnenvaartschepen zijn die voldoende laadpunten onderweg hebben, veerboten die altijd een standaard route varen en korte afstanden afleggen of shortsea schepen die een vast traject hebben en korte afstanden afleggen. Voor binnenvaartschepen die langere afstanden moeten varen of zeeschepen die deepsea trajecten afleggen is er nog geen zero-emission oplossing. Hiervoor zou waterstof een oplossing kunnen zijn.
Waarbij de verwachting is dat voor binnenvaart die middellange afstanden vaart en de aanname dat de batterijen zich snel ontwikkelen en de infrastructuur zich verder ontwikkelt er ook mogelijkheden zijn voor batterij-elektrisch voor dat segment.

Met Damen Shipyard heeft Nederland een belangrijke OEM voor de bouw van grote en speciale schepen. Ze hebben in het verleden meermaals elektrische voertuigen gerealiseerd voor de internationale markt, bijvoorbeeld diverse ponten voor Kopenhagen en Auckland. Daarnaast worden ook hybride schepen ontwikkeld met grote batterijpakketten aan boord om de uitstoot te verlagen. Ook Royal Bodewes Hoogezand gaat een elektrisch short sea schip bouwen die voor een groot deel emissieloos kan varen.

Luchtvaart
Voor het verduurzamen van de luchtvaart kunnen elektrische batterijen een oplossing vormen voor met name regionale en kleinere vliegtuigen.
De verwachting voor batterijen als de primaire duurzame aandrijftechnologie van vliegtuigen lopen uiteen; McKinsey (gebaseerd op data Mission Possible Partnership) verwacht dat deze oplossing voor zo'n 4%-5% van de wereldwijde vliegtuigenvloot in 2050 de primaire energiebron zal zijn (waterstof gebaseerde oplossing: 16%-33%). Marktpartijen zoals start-up Elysian verwachten dat 50% van de vliegbewegingen zelfs op batterij-technologie zal vliegen.
Precieze data over aantallen van dit type vliegtuigen zijn momenteel niet bekend.

Het overzicht hieronder geeft aan wat het huidige aandeel is van elektrisch gedreven heavy duty machines, en de verwachtte aantallen, marktaandeel en elektriciteitsvraag in 2035 in Nederland. De marktvraag in de EU zal nog groter zijn.

Modaliteit	Huidig* marktaandeel elektrisch	Prognose 2035[1]		
		Aantal	Marktaandeel	Elektriciteitsvraag in Twh
OV-bussen	36%	4.700	95%	0,6
Bestelauto's	36%	600.000	54%	3,7
Trucks	0,7%	60.000	36%	4,5
Vliegtuigen	Nihil	Onbekend	Onbekend	Onbekend
Binnenvaart-containervaart	<0,1%	97	Onbekend	0,1
Mobiele werk-tuigen in de bouw	Onbekend	Onbekend	51%	1

* Cijfers t/m december 2024 (RVO Dashboard Elektrisch Vervoer)
[1] Bron: ElaadNL (kennis- en innovatiecentrum van de gezamenlijke netbeheerders gericht op elektrisch laden van voertuigen)

Drones
Onder aviation vallen ook drones; alhoewel deze strikt genomen niet onder Heavy Duty vallen, geven we hier toch een korte beschrijving over de marktvraag. Het aantal drones in de wereld is in recente jaren hard gestegen. Precieze cijfers ontbreken, zowel over het aantal recreationele als professionele drones. Medio 2025 waren er in Nederland zo'n 50.000 personen met een licentie/vliegbewijs (nodig voor drones van meer dan 250 gram), volgens cijfers van RDW. De oorlog in Oekraïne laat zien dat, met name, grotere drones een belangrijke rol spelen in hedendaagse oorlogsvoering. Ook in Nederland is Defensie bezig met de ontwikkeling van drones en opende in 2025 de Quick Response Drone Facility samen met het Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum te Marknesse (Flevoland). Vanwege de stilte, optreksneldheid en gewicht zijn batterijen voor drone toepassingen bij Defensie van grote meerwaarde. De wens tot grotere strategische autonomie maakt het dan ook belangrijk dat Nederland en/of Europa deze markt in de komende jaren verder ontwikkeld.

Laadinfrastructuur
Om de ontwikkeling van de markt voor heavy duty batterijen te faciliteren, is het ontwikkelen van laadinfrastructuur een kritieke stap. In 2030 zijn tienduizenden extra laadpunten nodig voor heavy duty voertuigen, maar netwerkcongestie, lange vergunningsprocedures en ongelijke uitrol van laadinfrastructuur vertragen dit proces.

De batterijensector zal sterk moeten samenwerken met OEM's en de HTSM-topsector om een passend antwoord te vinden op de verschillende uitdagingen

Defensie
De meerwaarde van batterijen voor mobiele (Heavy Duty) voertuigen is met name snelheid (in optrekken), gewicht en stilte. De verwachting is dat toepassingen bij Defensie met name op het gebied van lichte aviation te vinden zijn; drones en spionagevliegtuigen, waar stilte van groot belang is.
Daarnaast zijn er 'reguliere' toepassingen die ook voor Defensie van belang zijn, zoals trucks, motoren en jeeps. Het verkennen van dual-use toepassingen kan hiervoor interessant zijn

Ad 3) Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
De mobiliteitssector moet reageren op veranderende wereldwijde supply chains, digitale disruptie en geopolitieke onzekerheid.

De onzekere internationale verhoudingen betekent dat er behoefte is aan meer strategische autonomie op het gebied van productie van Heavy Duty in Nederland en/of Europa. Bedrijven wereldwijd proberen meer robuste supply chains op te bouwen, zonder afhankelijkheden van landen waar minder goede banden mee bestaan. De productie verplaatst zich daarom deels naar 'veilige' landen en/of landen dichterbij markten, zoals de Europese Unie.

Een ander gevolg van de wens voor meer strategische autonomie is dat o.a. de Europese Unie vaker pleit dat productie plaats moet vinden binnen de EU. Dit kan er bijvoorbeeld toe leiden dat in aanbestedingen vereisten worden opgenomen zijn dat productie van Heavy Duty-voertuigen binnen de EU plaatsvindt

Ad 4) Beleidsmatige ontwikkelingen
De Europese Unie streeft naar een 55% reductie van CO2 uitstoot in 2030 (90%in 2040 en klimaatneutraal in 2050) in vergelijking tot 1990; 37% hiervan moet door de mobiliteitssector worden gerealiseerd. In 2035 moeten alle nieuwe voertuigen 90% lagere uitstoot hebben in vergelijking tot 2021. Deze doelstellingen blijven staan, ondanks dat er in recente maanden discussie is ontstaan over wijze waarop deze doestellingen mogen/moeten worden behaald.

Stikstof-problematiek
De stikstof-problematiek is in 2019 begonnen, maar is nog altijd niet opgelost. Regeringen in de recente jaren hebben hierop tegenstrijdig beleid gevolgd en dit is o.a. een reden dat een concrete oplossing nog niet voorhanden is. Dit heeft het effect dat veel activiteiten nabij Natura2000-gebieden, waarvoor natuurvergunningen nodig zijn, bedrijven emissieloos hun activiteiten moeten uitvoeren, zoals bijvoorbeeld bouwondernemingen. Voor dergelijke activiteiten moesten (en moeten) bedrijven investeren in emissieloze busjes, trucks en/of machines. De Europese Commissie is nu wel voornemens om een uitzondering te maken voor bouwprojecten (=tijdelijke duur) van energieprojecten

EU-doelstellingen Heavy Duty
De Heavy Duty Vehicles stoten rond de 6% van de totale CO2-uitstoot uit van de Europese Unie. In 2019 is door de EU het doel gesteld dat de uitstoot in 2025 met 15% zou zijn gedaald en 30% in 2030. Dit is in 2023 echter aangescherpt naar 45% per 2030, 65% in 2035 en 90% in 2040.

Emissievrije zones
Nederland ondersteunt deze doelen en werkt aan emissievrije zones en clean city logistics
In Nederland hebben 18 gemeenten en Schiphol een dergelijke zero-emissiezone ingevoerd, veelal betreffende de binnenstad (en directe omgeving), inclusief 8 van de 10 grootste steden. 10 andere gemeenten hebben aangekondigd dat een emissievrije zone in de komende 5 jaar te realiseren of doen

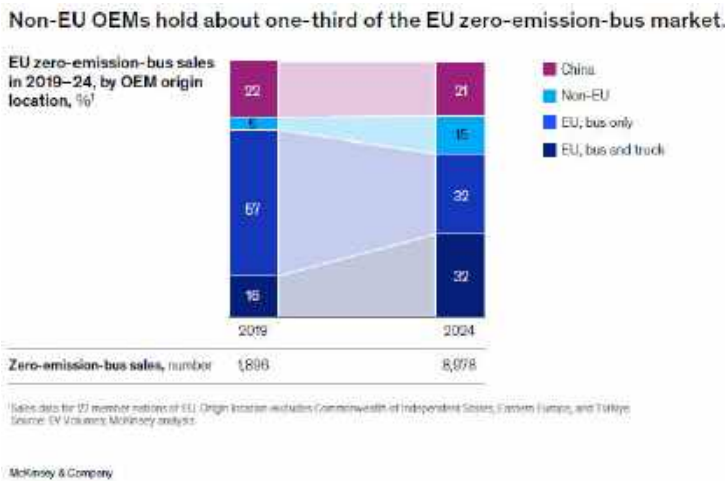
daar onderzoek naar. Deze zones beperken waar alleen nog uitstootvrije bedrijfsauto's en vrachtwagens mogen rijden. In de eerste periode worden de meest vervuilende voertuigen geweerd; voor schonere voertuigen geldt een overgangsregeling.

Vrachtwagenheffing
Vanaf 1 juli 2026 wordt een vrachtwagenheffing ingevoerd voor alle snelwegen en sommige N- en gemeentelijke wegen in Nederland (bron: Vrachtwagenheffing.nl). Hoe schoner de uitstoot van de vrachtwagen hoe lager het kilometer tarief (gemiddeld 16,7 cent per kilometer). In België en Duitsland bestaan vergelijkbare heffingen. Andere belastingen voor zware voertuigen worden door introductie van de vrachtwagenheffing verlaagd. Het doel van deze variabele heffing is om het gebruik van wegen te belasten en de Nederlandse transportsector duurzamer en innovatiever te maken. De opbrengsten van de heffing worden opnieuw in de transportsector geïnvesteerd

Belasting op (lange / hoge uitstoot) vluchten
Momenteel wordt er voor vliegbelasting geen verschil gemaakt tussen vluchten met (relatief) veel of weinig uitstoot. De vliegbelasting per passagier is €29,40, onafhankelijk van de afstand / CO2-uitstoot. In de belastingplannen voor 2026 wordt het voorstel geïntroduceerd om de belasting te verhogen voor middellange vluchten (vanaf +/- 2.000 km) naar €47,24 en voor lange vluchten (vanaf +/- 5.500 km) naar €70,86. Dit moet ingaan vanaf 2027. Daarnaast komt er voor kleinere vliegtuigen (max. 19 passagiers; privéjets) een extra belasting vanaf 2030. Bij dit voorstel is geen rekening gehouden met verschillen in uitstoot

Ad 5) Internationale ontwikkelingen
Met de verheviging van de Oekraïne oorlog, de opkomst van meer nationalistisch ingestelde regeringen en sinds de uitbraak van de COVID-19 is de wens om afhankelijkheden van de derde landen te beperken. Voor de Heavy Duty markt heeft dit o.a. een impact op o.a. sourcing van materialen. China is een land dat veel kritiekee materialen in handen heeft. In landen als Argentinië en Chili is ook veel Lithium beschikbaar, maar het kan mogelijk een drijfveer zijn om alternatieve technieken te ontwikkelen, gebaseerd op minder schaarse materialen zoals Sodium/Natrium.

De adoptie van elektrische heavy duty-toepassingen is in de afgelopen jaren het grootst geweest in China. Dit wordt deels gedreven door beleidsmaatregelen zoals green mining en ecological civilization-initiatieven, die milieuvriendelijke mijnbouwpraktijken afdwingen. Deze kaders verplichten zowel nieuwe als bestaande mijnen te voldoen aan groene mijnstandaarden en stellen nationale doelstellingen, bijvoorbeeld dat tegen 2028 circa 90% van de grote mijnen en 80% van de middelgrote mijnen aan deze criteria moet voldoen. Aangezien deze standaarden meerdere dimensies van lage-koolstofprestaties omvatten, versnellen zij in de praktijk de intensieve elektrificatie van specifieke heavy-duty sub-markten, zoals mijnbouwtrucks.
Wel is een duidelijke positieve ontwikkeling geweest in de adoptie van deze producten in de Europese Unie / Europa, zoals bij bussen, trucks en bouwmachines. Nederland is, samen met enkele Scandinavische landen, een voorloper binnen Europa wat betreft die adoptie.
De adoptie in andere werelddelen is vooralsnog relatief beperkt. Het beleid van de regering Trump zal waarschijnlijk de adoptie in de VS ook afremmen.



Wat betreft productie is China een belangrijke wereldspeler, terwijl Europese, met name Duitse, OEMs het momenteel lastiger hebben. Dit kan de markt voor niet-EU OEM's vergroten. In de afgelopen jaren is het aandeel van niet-EU OEM's in de elektrische bussenmarkt reeds gestegen van 27% naar 36% volgens marktonderzoek van McKinsey.

Ad 6) Duurzaamheid en circulariteit
Hoewel er aandacht blijft voor duurzaamheid en circulariteit, is er in recente jaren pushback geweest op de invoeren van verduurzamingsbeleid op lokaal, regionaal en landelijk niveau. Dit heeft er bijvoorbeeld toe geleid dat de dieselbusauto's van het schoonste type (emissieklasse 6) een jaar langer boetevrij zero-emissiezones mogen betreden.

De markt voor circulaire batterijen bij heavy-duty is nog onbekend. De markt hiervoor is nog te jong. Een verwachting van onderzoekers van de TU/e is dat veel batterijaccu's van heavy-duty toepassingen een tweede leven krijgen in een stationaire toepassing zijn. Omdat het gaat om batterij-accu's met veel capaciteit kunnen ze bijvoorbeeld een rol spelen als opslag ten behoeve van het balanceren van het overvolle net. Het daadwerkelijk recyclen van de materialen uit batterijen gebeurt nog mondjesmaat, maar daar liggen zeker kansen aangezien het veelal gaat om kritieke en schaarse materialen zoals lithium. Recyclen is daarom van belang om de afhankelijkheid van derde landen te verminderen. De verwachtingen rondom de second life markt zijn beperkt voor de komende jaren, nieuwe wetgeving kan hier echter wel nieuwe impulsen aan geven.

Voor verdere ontwikkeling van duurzame heavy-duty is het nodig om meer data te verzamelen en ook fleet management een belangrijke focus te maken van onderzoek. Dat kan zorgen voor meer data over hoe en wanneer elektrische trucks en andere heavy-duty materieel het meest efficiënt kan worden ingezet. Slim opereren is net zo goed van belang als duurzame technieken ontwikkelen. Dit betekent ook beter omgaan met de randvoorwaarden. Kansen zijn er om dit in Nederland te ontwikkelen vanwege de grote logistieke vloot.

4.4 Moonshots: progressie en relevantie

In deze paragraaf over de moonshots (met betrekking tot batterijsystemen voor complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden / "heavy duty batterijen") gaan we nader in op:
1. Doelbereik Moonshots
2. Relevantie van de huidige Moonshots
3. Potentiele nieuwe Moonshots

1) Doelbereik Moonshots Heavy Duty
De moonshots die in de vorige agenda voor batterijsystemen voor complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden gedefinieerd waren zijn hieronder weergegeven inclusief een indicatie van de stand van zaken op dit moment.

Moonshots Heavy Duty	Stand van zaken 2025	Stand van zaken 2025
2025: eerste opschalingslijn waar bestaande batterijcellen worden gebruikt voor assemblage van specifieke batterijpakketten	Deels. VDL heeft een geautomatiseerde assemblagelijn voor e-bus batterijpakketten in gebruik genomen. Volautomatisch van module naar pakket is dus mogelijk maar nog niet van cel naar module	Nog steeds relevant: De deels behaalde moonshot is dus een beginpunt. Het realiseren van een volautomatische productielijn van modules uit cellen is nog nodig. Tevens is uitbreiding van beide type lijnen nodig naar meerdere lijnen en hogere volumeproductie om aan toenemende vraag te voldoen.
2030: Nederland heeft een internationaal erkend batterij-ecosysteem dat maatoplossingen levert voor gebruikers in het heavy duty veld	N.v.t. (toekomstperspectief). In 2025 is dit toekomstbeeld nog niet gerealiseerd – Nederland is wel zichtbaar op de radar, maar nog geen "hub" van formaat.	Blijvend relevant: Deze ambitie is onverminderd belangrijk als leidraad. De heavy-duty markt komt nu pas echt op stoom; richting 2030 moet NL laten zien dat het een blijvende rol speelt.

Ad 2) Relevantie van de huidige Moonshots voor Heavy Duty

Moonshot 2025: Opschalingslijn

Het realiseren van een opschalingslijn is ook in de huidige context nog een relevant moonshot. Randvoorwaarden aan de opschalingslijn zijn:

- Zo modulair mogelijk opgezet; het doel is immers om echt maatwerk voor verschillende toepassingen te kunnen bieden
- Volautomatisch: "smart production line"
- Cellen: de lijn moet alle typen en vormen cellen aan kunnen

Het uitbreiden van de bestaande lijn bij VDL lijkt hiervoor de meest geëigende weg. VDL kan de stap van module naar pakket reeds maken. De stap van cel naar module moet nog ontwikkeld worden.

Hogere volumes zijn een belangrijke voorwaarde om dergelijke volautomatische lijnen op te zetten. Dit rechtvaardigt voor de OEMs om dergelijke investeringen te doen en kunnen vervolgens de kosten drukken. Hogere vraag in Nederland/Europa, al dan niet als gevolg van Nederlands/Europees (aanbestedings)beleid, vergroot dus de haalbaarheid van deze moonshot

Moonshot 2030: gespecialiseerd ecosysteem dat maatwerk levert

Dit moonshot is zeker nog relevant en een centraal / noodzakelijk onderdeel van de visie om verder in te zetten op de ontwikkeling van heavy duty batterijen. Hiervoor is o.a. uitbreiding van de productie- en testfaciliteiten nodig, maar ook aanhaking van eindgebruikers op het ecosysteem. Dat gaat bijvoorbeeld om de omvangrijke logistieke sector die er in Nederland aanwezig is.

Ad 3) Potentiële nieuwe Moonshots

Visie op het ontwikkelpad van Heavy-duty mobility

Voor we ingaan op de potentiële nieuwe moonshots vatten we eerst de visie op het ontwikkelpad van heavy-duty mobiliteit samen:

1. In Nederland zijn vier sterke toepassingsvelden binnen heavy-duty te herkennen:
    a. Zwaar vervoer transport (bussen, touring cars & vrachtwagens)
    b. Grote mobiele werktuigen (off-highway zoals grondverzet, kraanwagens, tractoren, etc.)
    c. Scheepvaart
    d. Luchtvaart

2. Hoewel er vanuit deze toepassingsgebieden concrete vraag bestaat naar batterijen die tegemoet komen aan de specifieke vereisten voor heavy-duty gebruik (capaciteit, levensduur, duurzaamheid, etc.), worden in de praktijk voor deze deelmarkten nauwelijks op maat gemaakte batterijcellen/systemen ontwikkeld.

3. Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen beschikken over een uitstekende kennispositie om het gewenste maatwerk te kunnen leveren. Daarnaast bouwt Nederland expertise op in het implementeren van heavy-duty elektrificatie binnen toepassingsgebieden.

4. In de Nederlandse productieketen bestaan nog wel serieuze lacunes:
    a. Voor de stap van module naar pakket heeft VDL een faciliteit beschikbaar, maar de stap van batterijcel naar module kan niet op grote schaal in een geautomatiseerd proces (met weinig tot geen handarbeid) worden gemaakt worden in Nederland
    b. Met OBIC wordt er weliswaar een testfaciliteit voor bedrijven gerealiseerd waar zij hun batterijonderdelen kunnen testen, maar voor grootschalige (cel)productie moet een nieuwe faciliteit ontwikkeld worden.

5. In de huidige ontwikkelingsfase van de Nederlandse batterij-industrie zijn scherpe keuzes noodzakelijk.
    a. De beperkt beschikbare (of zelfs ontbrekende) test- en productiecapaciteit en ook de ontwikkelinspanning moet op die toepassingsvelden gericht worden waar het snelst grotere volumes gevraagd worden.
    b. Dit betreffen met name E-trucks, bu.ssen/touring cars en off-highway toepassingen.
    c. De ervaring, kennis en competenties die met bovenstaande worden (door-)ontwikkeld kunnen vervolgens ook goed gebruikt worden om ook snel scheepvaart en luchtvaart aan te haken en ook op die toepassingsvelden een verdere positie op te bouwen.

6. Het is niet per sé de doelstelling dat innovaties (op de gebieden van materialen en productietechnologieën) volledig door Nederlandse partijen worden ontwikkeld.
    a. Gebruik maken van kennis, technologie en productiecapaciteit elders in Europa kan de ontwikkeling fors versnellen.
    b. Expertise op dit gebied moedigt externe partijen aan om in Nederland te investeren. Hierdoor blijven intellectual property en het verdienvermogen uit deze ontwikkelde innovaties in Nederland.

7. Als Nederland deze visie succesvol implementeert dan kunnen Nederlandse bedrijven in de vier toepassingsvelden een concurrentievoordeel opbouwen. Zin kunnen dan immers profiteren van een voorsprong in nieuwe technologieën waardoor hun producten betere prestaties leveren (bijv. sneller laden, meer laadcycli, capaciteit), meer flexibiliteit in gebruik bieden en / of vergelijkbare prestaties leveren tegen een lagere prijs.

8. Succes kan de opmaat zijn voor het verder opschalen van de productie van de in Nederland ontwikkelde batterijen voor complexe en intensieve mobiliteitsdoeleinden. Bij voldoende volume kan dit ook worden uitbesteed aan bestaande grotere batterijfabrikanten, waarbij het wel van belang is dat de IP / technologie eigendom blijft van de Nederlandse bedrijven en organisaties.

9. Tevens is het belangrijk om service, maintenance en refurbishment van battery packs en modules. Dit heeft dus niet te maken met EOL (end of life) maar met het reguliere onderhoud en met name het instandhouden van batterijen welke in operatie zijn. Een gedegen netwerk en specifieke technieken hiervoor ontwikkelen zou een goed verdienmodel kunnen zijn voor Nederland en, gezien we momenteel voorloper zijn in het gebruik van elektrische voertuigen, kunnen we er ook een moonshot van maken om hierin de leader te worden op Europees niveau.

Moonshot 2030 (voorstel)
Ontwikkeling van het heavy duty ecosysteem in Nederland
■ **2030:** Het Nederlandse batterij-ecosysteem heeft zich ontwikkeld tot een innovatiecentrum met een continue pijplijn van bedrijven die werken nieuwe Heavy Duty-toepassingen. Het Heavy Duty-ecosysteem is versterkt in haar capaciteit om batterijmodules en -packs te ontwerpen, te integreren en te produceren, als eerste voor elektrische bussen en trucks en off-road toepassingen, en in tweede instantie voor maritiem en de luchtvaart. Nederland heeft zich gepositioneerd als een Europese hub voor duurzame energieoplossingen in het zwaardere segment
Ontwikkeling technologie / creëren positie in defensietoepassingen
■ **2030**: Het Nederlandse batterij-ecosysteem en Defensie heeft dual-use toepassingen van batterijsystemen voor zware doeleinden verkent en gezamenlijke R&D pilots opgezet, waarin o.a. realistische operationele settings zijn getest. Dit zijn batterijoplossingen die uiteindelijk moeten voldoen aan de EU-militaire normen en gecertificeerd zijn voor defensietoepassingen. Meerdere OEMs hebben hiervoor de benodigde EU-militaire certificering behaald. Via het NAVO-niveau zijn tevens kansen verkent om de markt te vergroten naar NAVO-partners
Ontwikkeling (experimenteer) infrastructuur
■ 2030: Strategische R&D en productiecapaciteit die gericht zijn op heavy-duty toepassingen is opgebouwd. Hierbij is de nadruk gelegd op R&D van en modulaire productie van producten met hoge variatie - laag volume, zoals een flexibele multi-use productielocatie. Concreet betekent dit dat een Europese productiebasis voor eigen, op heavy-duty gerichte batterijcellen, -packs en integratie van systemen is gerealiseerd. Dit versterkt de technologische soevereiniteit en vermindert de afhankelijkheid van buitenlandse leveranciers binnen de batterijwaardeketen.
Faciliteer de ontwikkeling van de markt door een robuuste laadinfrastructuur te ontwikkelen
■ 2030: De uitrol van trucklaadinfra is met dezelfde urgentie behandeld als die van personenauto-laders een paar jaar geleden. Megalaadstations zijn gerealiseerd op locaties met voldoende stroomcapaciteit langs snelwegen en in logistieke knooppunten. Snelle vergunningprocedures en stimulering via subsidies of aanbestedingen van trucklaadhubs hebben dit gefaciliteerd. Door de netcongestie in Nederland is ingezet op congestieverzachtende of grid independent systemen. Deze infrastructuur is een randvoorwaarde voor batterijaandrijving; zonder laden geen markt voor batterijen.
Ontwikkeling vraag en markt
■ 2030: In eerste instantie heeft de markt zich hierbij gericht op kansrijke segmenten zoals bussen, trucks en off-road (voldoende marktomvang, realistisch ontwikkelpad) in zowel Nederland als de EU-markt breed. Nederlandse OEMs profiteren hierbij van de voorkeur voor vermindering afhankelijkheid van niet-Europese leveranciers en de voorsprong die Nederland heeft in de vraag naar deze segmenten. Daarnaast heeft consistent, ambitieus en stimulerend overheidsbeleid gezorgd voldoende vraag met duidelijke meerjarenplanning, zodat vervoerders durven investeren.
Ontwikkeling van bedrijfstak/ecosysteem voor service, maintenance en refurbishment van battery packs en modules
■ 2030: Naast de ontwikkeling van de producerende bedrijfstak is een groeiende bedrijfstak ontstaan die zorgdraagt voor de service, onderhoud en renovatie van battery packs en modules. Dit heeft een brede Heavy Duty-bedrijfstak ontwikkeld met kennis van (Heavy Duty) cellen, packs en modulen om de kwaliteit van deze

producten op peil te houden. Een belangrijk onderdeel van is (onderzoek betreffende) data (intelligentie) om de levensduur goed te managen (smart maintenance).

- 2030: Tevens is een een 'Battery passport' ontwikkelt waarmee de kwaliteit en capaciteit van batterijen, ook bij second life hergebruik, wordt gegarandeerd. Het gebruik van een dergelijk soort paspoort verminderd de noodzaak tot testen en controles bij battery packs en modules en versnelt refurbishment processen. Belangrijk is dat hierbij EU-breed afspraken zijn gemaakt over standaarden

Integratie van circulaire en duurzame ontwerpprincipes

- 2030: Alle heavy-duty batterijproducten worden ontworpen/geïmplementeerd o.b.v. ecodesign principes. OEMs dragen zorg dat producten gerecycled (kunnen) worden of geschikt zijn voor second life doeleinden. Dit bevordert duurzaamheid over de gehele levenscyclus, versterkt de Europese circulaire economie en verkleint de afhankelijkheid van kritieke aardmaterialen uit geopolitiek risicovolle regio's.
- 2035: De eerste Heavy Duty accu's hebben een 2nd-life toepassing gekregen als stationaire batterij om het net te ontlasten

4.5 SWOT-analyse

Sterke punten Nederland

- Open business-to-business cultuur en samenwerkingen in consortia die leiden tot een sterk(er) ecosysteem
- Triple Helix-samenwerking met een goed trackrecord in Nederland
- Sterke materiaalkennis, o.a. in Groningen
- Bedrijven en kennisinstellingen die werken aan Battery Management Systems
- Verpakking en thermisch management (bijv. module pack geautomatiseerde productielijn met flexibiliteit in Born)
- Europees nummer 1 in elektrificatie van bouwmaterieel: (ELEO, Staad, UMS, Heijmans)
- Testfaciliteiten voor aangepaste karakterisering en verdere ontwikkeling bij VDL – ETS, MLAB, Cleantron, Dekra

Zwakke punten Nederland

- Traag vergunningsproces
- Nieuwe celproductiefaciliteit belemmerd door netcongestie
- Hoge energieprijzen vergeleken met concurrerende landen
- Arbeidskosten relatief hoog vergeleken met Centraal- en Oost-Europa
- Beperkte beschikbaarheid van geschoolde arbeidskrachten en servicemedewerkers
- Beperkt succes in de overgang van lab naar fabriek (beperkt succes in valorisatie en opschaling)
- Geen geschikte pilotlijnen voor testen
- Beperkte marktomvang, momenteel geen grote vraag naar heavy duty-oplossingen
- Laadinfrastructuur voor heavy duty toepassing in Nederland niet op orde
- Beperkt inzicht binnen bedrijven en kennisinstellingen in de directe marktbehoeften
- Europa functioneert niet als één geharmoniseerde organisatie gericht op het opzetten van een sterke batterij-industrie

Kansen voor Nederland

- Ontwikkel batterijen met groter bereik, snellere laadtijd en meer laadcycli. Hiermee wordt een tot dusver niet/matig ontwikkelde niche bediend. Zorg voor aansluiting op concrete marktvraag (in NL)
- Ontwerp en produceer batterijen die 100% recyclebaar zijn (om China voor te blijven)
- Bouw voort op het succes in elektrificatie bussen en breid dit uit naar vrachtwagens
- Hogere mate van automatisering in de productie
- Optreden als één Europa bij het stimuleren van de batterij-industrie
- Aansluiting Nederlandse Heavy Duty-industrie op Europese productiecapaciteit/industrie

- Defensie-industrie als pilotklant (gemaakt in Europa heeft de voorkeur), gestimuleerd door kapitaalinjectie om te voldoen aan NAVO-norm
- Wenselijkheid strategische autonomie kan de vraag naar producten van Nederlandse/Europese OEMs verhogen
- Betere aanhaking Nederlandse logistieke sector en andere eindgebruikers op het Heavy Duty-ecosysteem

Bedreigingen voor Nederland

- Te veel praten, te weinig doen
- Momenteel is de gebruikersmarkt van Heavy Duty beperkt. Het gevaar bestaat dat in Nederland/Europa ontwikkelde oplossingen verdwijnen naar het buitenland, bijvoorbeeld omdat er in Nederland geen / niet voldoende productiecapaciteit bestaat
- Afhankelijkheid van waardeketens uit onvoorspelbare Aziatische landen, met name China
- Niet voorbereid op batterijregelgeving met betrekking tot CO_2-emissies en het aandeel gerecycled materiaal
- Focus enkel op naleving in plaats van het stimuleren van innovatie
- China is een sterke concurrent die zich ook richt op heavy duty-batterijen
- Tekort aan geschoolde arbeidskrachten om de groei van de batterijsector te ondersteunen
- Lage prijzen door overcapaciteit in celproductie in Korea/China

4.6 Belangrijkste conclusies thema

- Verwachte verdere groei van gebruik batterijsystemen en elektrificatie in de complexe en intensieve mobiliteitstoepassingen, met name in de sub-segmenten zwaar transport (bussen, vrachtwagens), grote mobiele werktuigen (tractoren, graafwerktuigen, mobiele hefkranen, etc.), scheepvaart en luchtvaart (vliegtuigen, helikopters). Deze markt wordt echter nog beperkt bediend
- De vraag vanuit Europa groeit, ook in vergelijking tot koploper China, ondanks dat het niet als één geharmoniseerde entiteit functioneert op dit gebied. De draai naar meer strategische autonomie kan de intra-Europese vraag voor Nederlandse OEMs nog verder vergroten. Binnen Europa is Nederland een van de, relatief, grootste afnemers van Heavy Duty toepassingen. Nederland zelf heeft echter een relatief kleine markt
- De beperkte omvang van volautomatische productiecapaciteit voor batterijsystemen en -cellen in Nederland is, in combinatie met de verwachte vraaggroei, een potentiële belemmering voor de concurrentiekracht van de Nederlandse heavy-duty mobiliteitssector op de langere termijn.
- Het landschap van partijen die zich richten op de ontwikkeling van heavy duty batterijsystemen, van fundamenteel onderzoek naar R&D, prototyping en productie is wereldwijd, maar ook binnen Europa, erg versplinterd.
- De belangrijkste doelstelling (en uitdaging) in de toepassing van batterijsystemen in dit segment kan worden samengevat als:
    - Adoptie door/vraag van eindgebruikers naar elektrische Heavy Duty-toepassingen vergroten. De sector kan daar aan bijdragen door het leveren van inzicht in kosten, voldoende “power”, actieradius, laadsnelheid en betrouwbaarheid om zware mobiliteitssectoren te elektrificeren
    - Voldoen aan belangrijke randvoorwaarden: inachtneming van veiligheidsnormen, acceptabele total cost of ownership (TCO) en voldoen aan de duurzaamheidsdoelstellingen (zoals recycling en gebruik van kritieke materialen)
- Batterijtechnologie komt steeds meer tegemoet aan toepassingseisen van gebruikers van complexe en intensieve mobiliteitssystemen. In toenemende mate staan de specifieke gebruikersprofielen in dit segment aan de basis van tailor made batterijen. Overeenkomsten zijn vaak: grote capaciteit, duurzaamheid en haalbare business case (vanuit TCO-perspectief). In de ontwerpfase wordt

bovendien rekening gehouden met de eis om batterijen te produceren voor toepasbaar zijn voor 2nd life gebruik (bijv. stationair) en/of die recyclebaar zijn.
- Beleidsmatige ontwikkelingen zoals de stikstof-problematiek, EU-doelstellingen op het gebied van Heavy Duty en emissievrije zones stimuleren de toename van Heavy Duty-toepassingen in Nederland
- Nederlandse bedrijven en kennisinstellingen beschikken over een uitstekende kennispositie om het gewenste maatwerk, nodig voor de Heavy Duty segmenten, te kunnen leveren.
- De Nederlands productieketen heeft nog wel serieuze lacunes (nog geen grootschalig volautomatisch proces van cel naar module en geen grootschalige productiefaciliteit beschikbaar). Daarom zijn er scherpe keuzes nodig. Keuze voor segmenten waar snel hoge volumes worden verwacht: E-trucks, bussen/touring cars en off-highway toepassingen; scheepvaart en luchtvaart kunnen daar vervolgens van profiteren
- Nederland is geen eiland, dus profiteer van kennis, technologie en productiecapaciteit elders in Europa, wat innovatie fors kan versnellen. Belangrijk wel dat het IP en het verdienvermogen in Nederland blijft
- Bij succesvolle implementatie van deze visie kunnen Nederlandse bedrijven in alle 4 toepassingsvelden een voorsprong in deze technologie ontwikkelen

4.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda

Voor Heavy Duty zijn de top 3 belangrijkste doelen voor de aankomende periode:
- **Verlagen Total-Cost-of-Ownership** (onzekerheid: informatie / data) – Verlagen van de drempels die er momenteel duidelijk nog zijn voor grote logistieke partijen om op grote schaal hun diesel-voertuigen te vervangen door ZEHD-voertuigen.
- **Dual-use applicaties i.s.m. Defensie** – Ervoor zorgdragen dat de ontwikkelingen in ZEHD voor transport en personenvervoer ook in hoge mate voorbereid en afgestemd zijn op het gebruik voor niet-civiele toepassingen inclusief de daarvoor benodigde certificeringen.
- **Design-ontwikkeling t.a.v. Circulair, Duurzaam en Standaardisering** – Bij het ontwerp van de batterij-oplossingen voor Heavy Duty toepassingen reeds de gehele lifecycle betrekken, inclusief servicing van de batterij tijdens operatie en verwerking van de batterij(-materialen) bij end-of-life in de recycling stream terug naar grondstoffen. En binnen de BCC-NL maakindustrie, zoeken naar synergie om zo het type batterij cellen zo common als mogelijk te houden hetgeen het ontwikkelen en maken van deze batterijcelllen een grotere kans geeft.

De top 3 acties (enablers) om deze doelen te behalen zijn:
- **Verlagen onzekerheid TCO** - Open tools die eindgebruikers ondersteunen en makkelijk kunnen vinden. Duidelijke en eenduidige communicatie naar de eindgebruikers over de totale kosten, waarbij zaken als energieprijzen, laadinfra en belastingenbeleid vanuit overheidswege ook geen onzekere factor meer zijn in de toekomst, alsook de restwaarde van het voertuig. Deze factoren maken dat het nu uitdagend om een sluitende TCO te maken voor long haul ZEHD-transport, waardoor verkopen nog altijd laag blijven tov diesel-equivalent. Slimme omgang met elektriciteitsprijzen (bijv. 100% op depot met eigen opwek en/of tegen lage KWh-tarieven) en met subsidies zoals AanZET, SPRILA en EIA wordt de TCO gunstiger. Hiervoor zou een toegankelijk open-tool als platform dat eindgebruikers gemakkelijk kunnen vinden zeer geschikt zijn.
- **Defensie coöperatie platform** - Door middel van samenwerking en het vormen van een platform voor defensie-gerelateerde heavy duty toepassingen bij zowel vrachtvervoer, scheepvaart, off-highway alsook luchtvaart kan optimaal ingespeeld worden op de marktvraag in zowel het civiele deel van de eindgebruikersmarkt alsook op defensie-vraagstukken in de mobiliteit. In dit platform zouden alle meewerkende heavy duty partijen een aandeel moeten hebben/nemen zodat de normeringen /

wet- en regelgeving en specifieke eisen en certificeringen voor defensie-toepassingen ook eenduidig en makkelijker te behalen zijn voor alle partijen geïnvolveerd.

- **Nationale standaarden voor modulaire Batterijen & Battery Management Systems (BMS) –** Door standaarden voor zowel batterij(-modules / packs) alsook het BMS met elkaar af te spreken en af te stemmen in de heavy duty maak-industrie, kunnen kosten bespaard worden en kan voor alle toepassingen een echt circulaire oplossing gecreëerd worden. Hiervoor is verregaande samenwerking echter wel noodzakelijk. Veel bedrijven hebben ook niet de kennis en schaalgrootte om bijvoorbeeld zelf een eigen BMS te ontwikkelen, hetgeen hiermee ook getackeld wordt.

5 Thema 3: Batterijsystemen voor netondersteuning

5.1 Inleiding

Themadefinitie
Onder het thema “batterijsystemen voor netondersteuning” vallen alle stationaire batterijsystemen en aanverwante producten en diensten die bijdragen aan de flexibiliteit, stabiliteit en leveringszekerheid van het elektriciteitsnet, in alle voltage- en vermogensklassen. Dit omvat grootschalige, industriële en residentiële opslag, buurt- en wijkopslag, opslag gekoppeld aan decentrale opwek en energiehubs, alsook de software- en datalaag (EMS, VPP, flexibiliteitsplatformen) die deze systemen stuurt. Mobiliteit en V2G worden in dit thema meegenomen voor zover voertuigen fungeren als decentrale stationaire opslagbron en integraal onderdeel vormen van netondersteuning.

Dit hoofdstuk focust op elektrische batterijsystemen. Naast zijn ook andere technologieën geschikt voor de opslag van energie, zoals warmte, moleculen als waterstof en CAES.

Onderdelen van de actieagenda zijn:

1. *Stationaire opslag*

- **Short Duration Energy Storage (SDES)** – Batterijen met een ontladingstijd van ~1 tot 4 uur, doorgaans gebaseerd op lithium-ion technologie (vooral LFP-**lithiumijzerfosfaat**).
- **Long Duration Energy Storage (LDES)** – Opslagsystemen met een duur vanaf 8 uur tot zelfs meerdere dagen of weken. Deze vergen vaak alternatieve chemieën.
- **Kleinschalige opslag** – bedrijfs-, thuis- en buurtbatterijen op laagspanningsniveau.

2. *Mobiele en flexibele batterijsystemen*

- **Mobiele energieopslagsystemen** (voor events, bouw, maritiem en tijdelijke netondersteuning).
- Elektrische voertuigen als decentrale batterijopslag via **V2G/V2B** (vehicle-to-grid/vehicle-to-building).

3. *Producten en diensten voor effectief energiemanagement (EMS)*

- Bidirectioneel laden en integratie met e-mobility oplossingen.
- Data-, monitoring- en besturingsdiensten gericht op optimalisatie van netgebruik, marktparticipatie en systeemintegratie als **virtuele krachtcentrales (VPP)**.

Context batterijsystemen voor netondersteuning
De elektriciteitsopslag markt is een sterke groeimarkt waarbij het segment utiliteit en energiesysteem de grootste is. Eind 2024 bedroeg de operationele batterijcapaciteit ca 1 GWh. Daarnaast is er meer dan >15 GWh aan serieuze aangekondigde projecten. Bij regionale netbeheerders is er voor 6,3 GW en bij TenneT voor 60GW aan projecten aangevraagd (waarschijnlijk wordt een deel hiervan gerealiseerd). Hetzelfde geldt voor Europa. Dit biedt een markt van honderden miljarden euro’s[1].

Nederland heeft een klein marktaandeel in oplossingen voor netondersteuning (rond 0,5% van de mondiale markt, <2% van Europa) en focust zich strategisch op niches als systeemintegratie, LDES, circulariteit, heavy-duty mobiliteit en digitalisering. BCC-NL functioneert als coördinerend platform voor kennisdeling en programma-aansturing.

[1] *Bron: Energy Storage NL en Ecorys, 2025. Marktonderzoek Energieopslag 2025.*

Belangrijkste doelstelling en uitdaging voor dit thema

Doorontwikkeling LDES-technologie: in Nederland zitten verschillende start en scale-ups die nieuwe LDES-technieken ontwikkelen. Deze maken gebruik van niet-kritieke grondstoffen en zijn circulair/duurzaam van aard. Deze kunnen als zodanig de strategische onafhankelijkheid van technologie en grondstoffen voor Nederland en Europa helpen bewerkstelligen. De uitdaging is om deze technologieën door te opwikkelen richting TRL 8-9 en zo schaal en productiecapaciteit te realiseren. Snelheid is hierbij geboden om de concurrentie in andere landen voor te blijven.

Marktcondities elektriciteitsopslag creëren: met name voor LDES-systemen en in mindere mate voor SDES (o.b.v. Lithium-ion) gelden dat de marktcondities voor een rendabele businesscase niet aanwezig zijn. Dit ligt enerzijds aan de hoge nettarieven voor batterijsystemen in het algemeen en anderzijds aan de afwezigheid van een verdienmodel (toepassing) voor langere termijn (> 8 uur) elektriciteitsopslag. Deze marktcondities moeten binnen 3 jaar gecreëerd zijn om LDES-systemen in Nederland als launching markt te kunnen inzetten.

Wegnemen belemmeringen opschaling elektriciteitsopslag: De opschaling in Nederland van elektriciteitsopslag stokt door complexe en vertragende regelgeving (o.a. Omgevingswet), veiligheidsnormen (zoals PGS37-1 en 2 en nieuwe wetgeving van de RIVM) en onbekendheid. Deze belemmeringen moeten worden verminderd.

Doorontwikkeling smart integration systemen: dit betreft het combineren van opslag met andere energiesystemen. Belangrijk is dat er een integrale aanpak komt voor het totale energiesysteem. Hier ligt Nederlands kracht: integrale energiesystemen ontwerpen waar opwek (wind/zonnepark), verbruikers en opslag samenwerken. Ook vehicle-to-grid (EV's inzetten als opslag) behoort hiertoe. Dit vereist geavanceerde EMS (energy management systems) en standaarden voor data-uitwisseling. Nederlandse bedrijven lopen voorop met V2G-protocol ontwikkelingen. Vaak blijft het bij pilotprojecten. Ook hier geldt dat de stap naar brede implementatie en opschaling plaats dient te vinden en ook hier geldt dat snelheid geboden is om een leidende rol te krijgen en te behouden. Nederland kan als living lab fungeren voor congestie en flexibiliteitsmanagement waarbij wordt aangetoond dat een geïntegreerde aanpak de huidige problemen oplost en de energietransitie weer mogelijk maakt.

Huidige moonshots (agenda 2022)
De huidige doelstellingen in de actieagenda zijn:

2025

- Batterijen voor bulkopslag zijn doorontwikkeld om makkelijk 50 uur te overbruggen en worden op grote schaal toegepast middels co-locatie bij PV en Wind. Zo dragen ze bij aan het oplossen van netcongestie, het verminderen van curtailment en leveren zij elektriciteit op momenten dat anders de meest vervuilende centrales moeten worden ingezet. Nederland is een belangrijke leverancier van het concept, levert technologie en ondersteuning wereldwijd.
- Hieraan ondersteunend ontwikkelen Nederlandse bedrijven zich als belangrijke spelers voor oplossingen rond:
    - Dataverwerking en energie
    - Bi-directionele laadoplossingen
    - Thuis- en buurtbatterijen

2030

- Batterijen vormen een integraal onderdeel van het energienet en zijn daarmee een belangrijk onderdeel van de oplossing voor de onbalans in het fossielvrije energiesysteem. Batterijen voor

bulkopslag zijn in 2030 verder doorontwikkeld om 130 uur te overbruggen. Nederland is een belangrijke leverancier van dit type batterijen als volwaardige vervangers van de huidige kolen- en gascentrales. Vanuit de sterke positie in de thuismarkt wordt een sterk exportproduct voor het buitenland gecreëerd. •

- Meer en meer exploitanten zien mogelijkheden in het dynamische regelvermogen van opslagsystemen door koppeling van marktmodellen aan opbrengstmodellen, energiemanagement en handelssystemen. Hierdoor wordt het bieden van flexibiliteit een handelsmerk, geënt op Nederlandse praktijkmodellen.

5.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid

De elektriciteitsopslag markt kent meer dan honderd leveranciers/productenten, dealers, distributeurs en installateurs. Hieronder gaan we nader in op het ecosysteem:

- Ontwikkelaars LDES-technologieën
- Spelers overige opslag technologieën
- Spelers met producten en diensten voor effectief energiemanagement
- Ontwikkelingen bedrijvigheid in Nederland

Ontwikkelaars LDES-technologieën

In Nederland wordt gewerkt aan zes LDES-technieken door enkele start ups en scale-ups. Daarmee heeft Nederland een goede positie in de ontwikkeling van LDES-technologie. De ontwikkeling zit in de validatie en demonstratie van prototype fase (TRL5-7) en dus nog niet marktrijp.

LDES-technologieën	Initiatieven en spelers in Nederland
Redox flowbatterij	Elestor BV, Peeters energy Solutions B.V., Redox Storage Solutions BV, H2OVolt, TNO, TU Eindhoven, BCC NL
Zout water flowbatterij	AQUABATTERY, Fieldlab Energy Storage NL, BCC NL
Zeezout batterij	AUTON ENERGY BV, Dr Ten
Mierenzuur (hydrozine)	DENS, Differ
Nikkel/ijzer en waterstof	Battolyser Systems, Metalot
IJzer/lucht batterij	Ore Energy
Gesmolten zout batterij	Exergy Storage

Spelers SDES-technologieën

Lithion-ion batterijen vormen op dit moment de dominante batterij toepassing met een marktaandeel van ca 98% vanwege de financierbaarheid, efficientie en betaalbaarheid[2]. De dominante opslagtechnologie voor grootschalige opslag op dit moment zijn LFP-batterijen. Deze worden voor >90% in China geproduceerd en door diverse bedrijven in Nederland toegepast.

Opslag technologieën	Initiatieven en spelers in Nederland
Grootschalige LFP (Lithium ijzerfosfaat) batterijen	Alfen BV, DENS, Customized Energy Systems (Exide group), Arkimedes, Intercel Energy Solutions B.V., Kiwatt (home batteries), Smart Grid B.V., VDL Energy Systems BV, e-Power BV, etc.
Thuisbatterijen	Sessy, Planetpod, Zonneplan, MG Energy systems, ACES Energy

[2] *Bron: Volta Foundation, 2025. Battery Report 2024.*

Spelers met producten en diensten voor effectief energiemanagement
Er zijn in Nederland verschillende spelers met hard- en software voor integrale energiesystemen waar opwek (wind/zonnepark), verbruikers en opslag samenwerken, inclusief vehicle-to-grid oplossingen. Het gaat om geavanceerde EMS (energy management systems) en standaarden voor data-uitwisseling. Nederlandse bedrijven lopen voorop met V2G-protocol ontwikkelingen. In de praktijk blijft het nog bij pilotprojecten en moet de stap naar brede implementatie en opschaling nog plaatsvinden.

Product/dienst	Initiatieven en spelers in Nederland
EMS	Sympower, Energy Pool, Jedlix, Nuhma
V2G	E-laad, We Drive Solar, Eneco, Bluebird

Ontwikkelingen bedrijvigheid Nederland
Met betrekking tot bedrijvigheid gaan we op de volgende aspecten in:

1. Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt
2. Ontwikkeling omvang van bedrijven
3. Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten
4. Ontwikkeling TRL

Ad 1) Ontwikkeling aantallen bedrijven: nieuw, gebleven en gestopt
Er zijn ca 80 bedrijven geïdentificeerd die zich richten op netondersteuning. In de praktijk zullen dat er meer zijn. De meesten daarvan bestaan al 10 jaar op langer (ca 70%). Sinds 2015 zijn er 20 nieuwe organisaties/bedrijven bijgekomen waarvan 5 na 2020.

Van zes bedrijven is bekend dat deze failliet zijn gegaan in de afgelopen jaren:

- Big Ass Batterij (2021 opgericht)
- Corre Energy (2018 opgericht)
- Koolen Industries Products Group (2019 opgericht)
- Smart Grid Holding (2020 opgericht)
- Nieuweweme Projects (1989 opgericht)
- Ocean Grazer (2018 opgericht)

De meeste organisaties zijn afkomstig uit Nederland (62). De anderen (14) hebben een moederbedrijf in het buitenland of zijn gevestigd in een ander land dan Nederland. Het gaat dan vooral om Europese landen (11).

Ad 3) Ontwikkeling soort bedrijfsactiviteiten
Bedrijven die batterijen of onderdelen daarvan voor netondersteuning ontwikkelen/produceren zijn over het algemeen relatief jong (ca 10 jaar) en MKB. Ongeveer 30% heeft minder dan 10 werknemers, de helft tussen de 10 en 100 werknemers (o.a. Aquabattery, Elestor, Ore Energy en Sessy) en ca 20% heeft meer dan 100 werknemers. De grotere bedrijven zijn over het algemeen ook "ouder" (o.a. Eleq en Hoppecke) en hebben een bredere focus dan batterijen alleen.

Onder de serviceproviders en system integrators zitten ook veel grote bedrijven. De grootste bedrijven hebben vaak een moederbedrijf buiten Nederland (zoals Abo Wind, Eaton, Vattenfall, Zebra Technologies en Zenon Energy). De netbeheerders (o.a. Alliander, Enexis en TenneT) die onderdeel uitmaken van deze groep hebben ook allemaal meer dan duizend werknemers. Snelle groeiers zijn o.a. Iwell, Dexter Energy en Greener Power Solutions (zie kader).

Snelle groeiers

- Iwell: uit 2016 met ca 100 werknemers – levering grote batterijsystemen en EMS om bedrijven minder afhankelijk te maken van het stroomnet.
- Dexter Energy: uit 2016 met ca 100 werknemers – AI-voorspellingsmodel voor voor energiestromen voor energiebedrijven om onbalanskosten tegen te gaan
- Greener Power Solutions: uit 2018 met ca 70 werknemers – levering mobiele batterij oplossingen voor o.a. evenementen, bouwplaatsen, tijdelijke projecten en laadpleinen.

Type organisatie	Aantal	Werknemers (gem)	Oprichtingsjaar
Productie			
active-functional battery cell component manufacturing	9	53	2013
battery cell manufacturing	4	14	1984
module and pack manufacturing	9	38	2010
Service			
Serviceprovider	22	1.147	2004
System integration	21	101	1991
Research and development	6	989	1990
Overig	5	47	

Ad 4) Ontwikkeling TRL

De onderstaande tabel geeft een niet uitputtend overzicht van de TRL voor de verschillende producten en diensten van deze actieagenda (op basis van de thema definitie):

Techniek/dienst	TRL	Nederlandse spelers	Functioneel segment
LDES			
Redox flowbatterij	6-8	Elestor, Peeters energy Solutions B.V., TNO, BatteryNL, H2OVolt	Industrieel, pilots
Zout water flowbatterij	6-7	AquaBattery, TNO	duurzaam, grid/industrie
Zeezout batterij		AUTON ENERGY BV, Dr Ten	
Mierenzuur (hydrozine)	6-7	DENS, Differ, TNO	Mobiel/remote toepassingen
Nikkel/ijzer en waterstof			
IJzer/lucht batterij	5-7	Metalot, TU/eindhoven Ore Enegy	netpilot, duurzame heavy-duty
SDES			
LFP/ lithium-ion	8-9	SemperPower, GIGA Storage, Alfen, ELEO	Utility/industrieel, netbeheer, zon/wind
Mobiele opslagsystemen			
	6-9	DENS, Arkimedes, Intercel Energy Solutions B.V., A.R.P. Engineering B.V., Bedenoord, Alfen	
Diensten energiemngmt			
Asset/data/EMS	8-9	Zonneplan, Ampowr, S4Energy, Greener, Dexter Energy, GIGA Storage	Software/energiehandel/flexdiensten

Testvalidatie/pilots	7-9	Battery Lab, Chemport, Brightlands, BatteryNL, BCC NL, OBIC	Validatie, certificering, R&D
Recycling/refurbishing	5-9	Recycling/refurbishing	Circular/second-life, batterijketen

Casussen van bedrijven in de praktijk

In de onderstaande figuur staan drie casussen van bedrijven actief binnen het thema netondersteuning.

STARTER **Ore Energy** Oprichting: 2022 **Bedrijfsactiviteit** Ontwikkeling ijzer-luchtbatterij (LDES-technologie)	**USP's:** ontwikkeling van een modulair en schaalbare batterij voor lange termijn opslag op basis van goed beschikbare en goedkope grondstoffen via een (eenvoudig) principe dat al sinds de jaren '60 bekend is (omkeerbaar oxidatieproces). **Ontwikkelstatus:** de batterij wordt momenteel getest op het terrein van The Green Village in Delft onder realistische omstandigheden (TRL 6). Spin-off van de TU Delft. **Nodig voor succes:** aanwezig waren € 10 miljoen financiering van Positron Ventures en SPRIND, subsidies en een pilotlocatie. Voor de toekomst is technologische optimalisatie, financiering voor opschaling en industriële partnerschappen voor productie nodig.
GROEIER **Giga Storage** Oprichting: 2018 **Bedrijfsactiviteit:** Ontwikkelaar grootschalige energieopslagprojecten	**USP's:** volledige beheer over het proces (van ontwerp tot en met langjarige exploitatie), slimme combinatie van batterij hardware en eigen softwareoptimalisatie en grote capaciteit. **Ontwikkelstatus:** vier operationele batterijopslagen en één in ontwikkeling in Nederland en twee in België. De eerste batterij (2020) was 7,5 MWh en de in ontwikkeling zijnde 1.200 MWh **Nodig voor succes:** verdienmodellen voor energieopslag. De eerste financiering werd via crowdfunding opgehaald. Inmiddels kan dit met honderden miljoenen via private investeerders
STOPPER **Big Ass Battery** Oprichting: 2021 **Bedrijfsactiviteit:** Productie mobiele batterijopslagsystemen (o.a. voor bouwplaatsen)	**USP's:** mobiele batterijopslagsystemen geschikt voor verschillende toepassingen, eigen onderzoek en ontwikkeling en all-in bedrijfsmodel (service, onderhoud en software) **Ontwikkelstatus:** scale-up failliet gegaan in september 2025 en per november 2025 een doorstart gemaakt gericht op service, onderhoud en software voor batterijopslagsystemen **Faalfactoren:** concurrentie van goedkopere Chinese batterijen (sterke prijsdaling) en daardoor verlies van klanten, onvoldoende kapitaal, grote klant met betalingsproblemen

5.3 Ontwikkelingen rond het thema

We hebben zes type ontwikkelingen in kaart gebracht:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Positionering Nederland en Europa
6. Duurzaamheid en circulariteit

Ad 1) Technologische ontwikkelingen

De Nederlandse batterijmarkt wordt in 2025 gedomineerd door lithium-ion (vooral LFP) systemen in utility-projecten (1 tot 4 uur), maar kent onderscheidende innovaties in ca zes van de wereldwijd bekende 15-20 LDES-technieken. Bij technologische ontwikkelingen gaan we nader in op:

- Ontwikkeling LDES-technologie
- Ontwikkeling SDES-technologie
- Internationalisering regelvermogen netstabiliteit
- Groei opgestelde capaciteit

Ontwikkeling LDES-technologie

Internationaal wordt via zo'n 15 tot 20 technieken gewerkt aan LDES-technologie. In Nederland wordt gewerkt aan zes LDES-technieken door genoemde start ups en scale-ups (zie bovenstaande tabel). Daarmee heeft Nederland een goede positie in de ontwikkeling van LDES-technologie. LDES wordt wereldwijd nog weinig toegepast met een marktaandeel van maximaal 1%[3].

In de onderstaande tabel staan verschillende LDES-technologieën en de positie van Nederland daarbij.

LDES Technologie	Voorbeeld (wereldwijd)	Nederlandse Innovator/ Pilot	Opmerking
1. Vanadium redox flowbatterij	Rongke Power (CN), VRB Energy (CN), Sumitomo Electric (JP), Invinity Energy Systems (UK/US/CA)	Peeters energy Solutions B.V. (vanadium) Redox Storage Solutions BV (vanadium)	
2. Hydrogen-iron redox flow batterij		Elestor (hydrogen-iron)	
3. Zinc-bromide redox flow batterij	Eos Energy, Enzinc	ICL-IP Terneuzen NL (electrolyte for Zinc-Bromine batteries) + Redflow (Australia, Zinc-Bromine batteries) = deployed at Dutch Dairy farm	Geen actieve Nederlandse commercialisatie bekend
4. Zoutwater flowbatterij	AquaBattery, Salgenx	AquaBattery (zoutwater)	Zout-ionen/duurzame flow-pilot Delft

[3] *Bron: Volta Foundation, 2025. Battery Report 2024.*

			NL-leidend in alternatieve chemie (Fe/H2, zoutwater)
5. IJzer-ijzer batterij	ESS Inc		Geen NL-projecten
6. IJzer-lucht batterij	Form Energy	Ore Energy, Metalot	Ore Energy: eerste grid-linked NL-project
7. Gravitatiesystemen	Energy Vault, Gravitricity	–	Geen NL-projecten
8. Adiabatische CAES	Hydrostor, Storelectric	–	Geen NL-pilot, wél gas-cavitatie/OPAC-hoogovens
9. Liquid Air Energy Storage	Highview Power	–	Geen NL-pilot bekend
10. Thermochemisch opslag	Malta, EnergyNest	TNO (R&D klein), ECN	NL in research consortia, markttoegang emerging
11. Power-to-hydrogen/fuel	H2-tanks, ammoniak, mierenzuur	DENS (hydrozine/mierenzuur)	Power-to-liquid NL, TRL pilots
12. Pumped Hydro Storage	Fysiek/klassiek (Alpen, NO, Pt)	–	NL geen reële potentie (hoogteverschil)
13. Molten Salt Battery	Ambri, Sumitomo, Exergy	–	

Ontwikkeling SDES-technologie
De Nederlandse (en wereldwijde) batterijmarkt wordt in 2025 gedomineerd door lithium-ion systemen in utility-projecten (1 tot 4 uur) met een marktaandeel van ca 98%. De afgelopen jaren heeft LFP de positie als dominante Lithium-ion techniek overgenomen van NMC (nikkel mangaan kobalt): het LFP-marktaandeel is gestegen van ca 40% in 2020 naar >90% in 2025.

In de afgelopen ruim 10 jaar is de kostprijs met ongeveer een factor 10 gedaald (met 40% van 2023 naar 2024 en met 20% van 2024 naar 2025), is het aantal laadcycli verhoogd en zijn de prestaties/ energiedichtheid verbeterd door toepassing van vloeistof koelingssystemen voor de batterijen. De techniek is "gecontaineriseerd" in de toepassing van een 20 voet container. China levert ca 90% van de LFP-batterijen. Mede door overcapaciteit in China is de prijs de afgelopen jaren sterk gedaald.

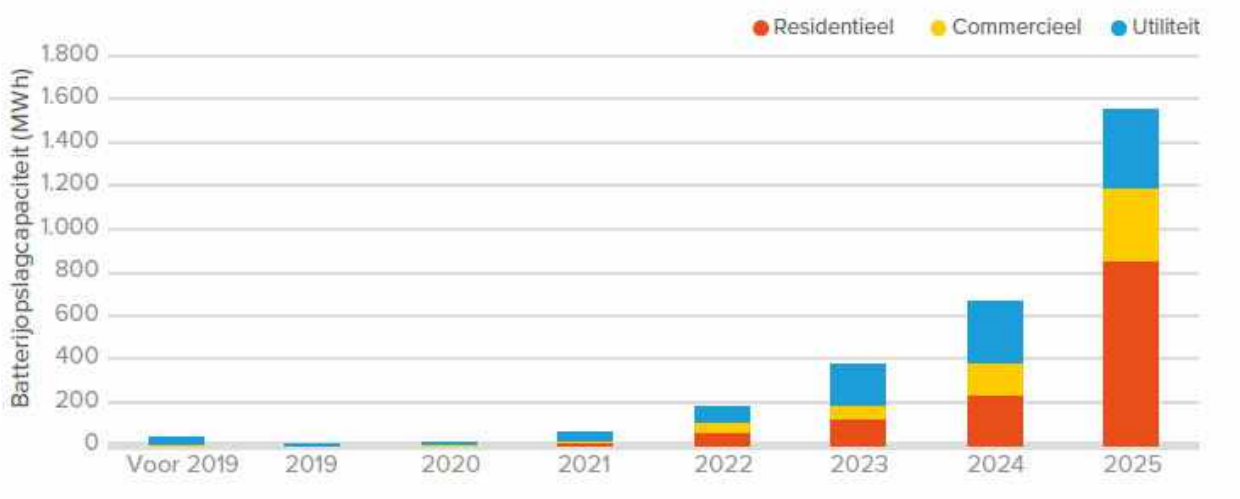
Concurrerende technologieën voor Lithium ion zijn onder andere Sodium-ion (Na-ion) voor SDES met 2 tot 10 uur opslag en flow batterijen en metaal lucht batterijen. Deze technieken zijn met name geschikt voor langere termijn opslag (LDES) met 6 tot 100 uur opslag.

Internationalisering regelvermogen netstabiliteit
De aFRR (secundaire reserve) is grensoverschrijdend geworden voor Nederland. Sinds de Nederlandse aansluiting op PICASSO eind 2024 kunnen biedingen uit andere landen door TenneT worden geactiveerd. Optimisers zoals Enspired en Flexcity hebben inmiddels veel ervaring met het combineren van de verschillende flexibele assets in hun portfolio om slim te kunnen handelen op verschillende elektriciteitsmarkten en in verschillende landen.

Groei opgestelde capaciteit
De totale geïnstalleerde batterijcapaciteit kan eind 2025 uitkomen op 2,9 GWh met >15 GWh in de pijplijn. Belangrijke aanleiding voor de groei is het afschaffen van de salderingsregeling in 2027. Ongeveer 2% van de woningen in Nederland heeft inmiddels een thuisbatterij. De verwachte capaciteit van grootschalige batterijen ligt tussen 7,3 en 17,1 GWh in 2030 tegen ca 1,5 GWh nu. Tennet gaat ervan uit dat er in 2030 6,7 GW aan batterijvermogen op het Nederlandse elektriciteitsnet benodigd zijn voor de leveringszekerheid, oplopend tot 11,4 GW in 2033 [4]

Middelgrote (4-8 uur) en LDES (>8 uur) systemen zijn grotendeels in pilot/demonstratiefase, vooral op chemie- en logistieke bedrijventerreinen, bij energiehubs en bij zware industrie. Deze systemen hebben nog geen aandeel van betekenis.

Er is sprake van een explosieve groei van nieuw geïnstalleerde batterijcapaciteit (zie onderstaande figuur). In 2025 kan de verwachte nieuwe capaciteit oplopen tot 1,55 GWh. In Europa gaat het om ca 30 GWh met het VK (ca 13 GWh, Duitsland (ca 6 GWh) en Italië (ca 6 GWh) als grootste markten. Wereldwijd zijn China (ca 360 GWh en de VS (ca 140 GWh) koploper [5].

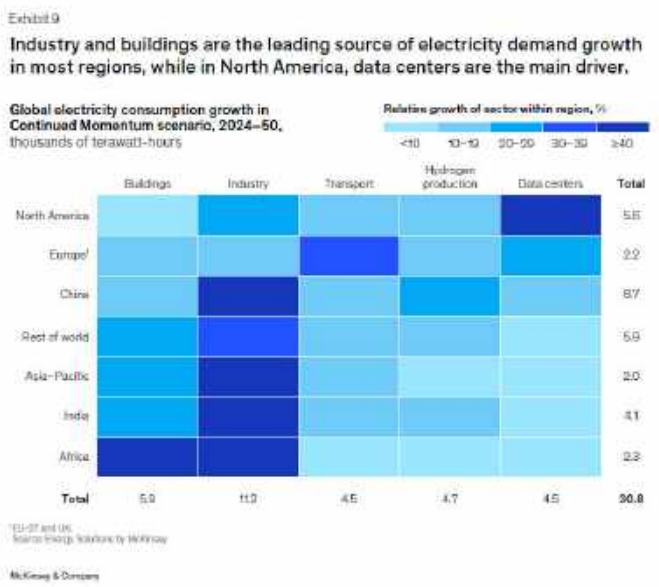


Ad 2) Marktontwikkelingen
Er zijn de afgelopen jaren verschillende marktontwikkelingen geweest met betrekking tot energieopslag. We gaan nader in op:

- Groeiende vraag naar elektriciteit
- Effecten ontwikkelingen elektriciteitsprijs
- Effecten gestegen nettarieven
- Grote urgentie door netcongestie
- Verschillende markttoepassingen ontstaan voor energieopslag
- Diversie grootschalige projecten op stapel
- Lithium-ion (LPF) batterijen zijn de dominante technologie op het moment
- Slechte businesscase voor LDES-systemen

[4] *Bron: Tennet 2025. Monitor Leveringszekerheid 2025, pagina 35.*
[5] *Bron: DNE Research, 2025. Nationaal Storage & Solar trendrapport 2025.*

Groeiende vraag naar elektriciteit
De vraag naar elektriciteit in Nederland groeit. Dit wordt vooral veroorzaakt door elektrificatie van transport en de industrie en door de (de realisatie van nieuwe) datacenters o.a. door de ontwikkeling van AI. Nederlandse netbeheerders[6] gaan uit van scenario's die wijzen op een verdubbeling of verviervoudiging van de vraag richting 2050. Wind- en zonne-energie zullen samen het grootste deel van het primaire energieaanbod leveren, met windenergie goed voor 40 tot 50 procent en zonne-energie tussen de 10 en 15 procent.



Effecten ontwikkelingen elektriciteitsprijs
Meer zon en wind op het Nederlandse elektriciteitsnet heeft ervoor gezorgd dat er vaker negatieve prijzen op de elektriciteitsmarkten zijn waardoor het inmiddels loont om op deze markten te handelen met een systeembatterij. De Nederlandse energieopslagmarkt ontwikkelt zich snel doordat de financierbaarheid van energieopslagsystemen verbetert, wat deels te danken is aan de steeds grotere spreiding in energieprijzen. Zo bedroeg in de periode 2010-2019 het verschil tussen de 100 duurste uren en de 100 goedkoopste uren in een jaar zo'n 500 euro per megawattuur. In 2022 bedroeg dit al 1.700 euro per megawattuur en in 2023 steeg dit naar 1.900 euro per megawattuur.

Deze volatiliteit maakt vooral SDES (1–4 uur opslag) rendabel. LDES heeft extra verdienmodellen nodig, zoals capaciteitsmechanismen, back-up rol, seizoensbuffer en/of systeemdiensten.

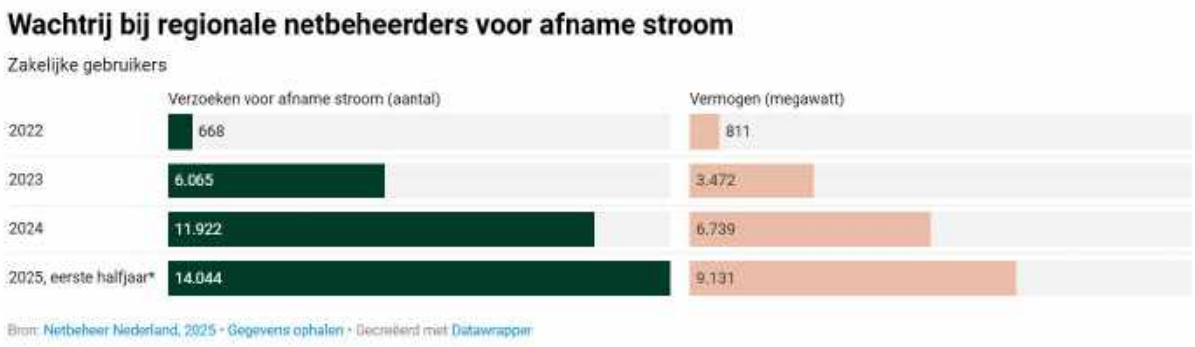
Effecten gestegen nettarieven
De businesscase voor grootschalige batterijsystemen is door de snelgestegen transporttarieven en onzekerheid over toekomstige nettarieven uitdagend in Nederland. Dit worden in verschillende rapporten genoemd als belangrijke belemmering van de groeipotentie van grootschalige batterijen. In een position paper stelt Eneco bijvoorbeeld dat ongeveer de helft van de totale kosten van een batterijproject in Nederland bestaat uit nettarieven, zelfs met de bestaande kortingen die netbeheerder TenneT aanbiedt.

De situatie in Nederland is anders dan in buurlanden. In België en Duitsland geldt een verregaande vrijstelling van nettarieven voor batterijen. Daar hoeven batterijsystemen bij het opladen (tijdelijk) geen kosten voor netbeheer te betalen, wat investeringen aantrekkelijker maakt. Volgens Engie Nederland zijn er daarom in België tien keer zoveel batterijsystemen in aanbouw [7]. De ACM is in juli 2025 een onderzoek gestart naar de nettarieven voor batterijen die het net ondersteunen in opdracht van het ministerie KGG.

Grote urgentie door netcongestie
Netcongestie is een drijvende kracht voor de implementatie van batterijsystemen. De uitdagingen rond netcapaciteit beperken zich niet tot Nederland: in vrijwel alle Europese landen neemt de druk op het elektriciteitsnet toe. Wel lijkt de urgentie van netcongestie ten opzichte van andere landen groter.

[6] *Bron: Netbeheer Nederland, 2025. Netbeheer Nederland Scenario's Editie 2025.*
[7] *Bron: https://nos.nl/collectie/13871/artikel/2585692-meer-reuzebatterijen-maar-hoge-kosten-stroomnet-remmen-groei-wel-af*

Netcongestie blijft de komende jaren een probleem in Nederland, er zijn steeds meer bedrijven die de oplossing zoeken in batterijen, veelal 1 tot 4-uurs Li-ion batterijen. De wachtrij bedrijven is flink toegenomen tussen 2022 en oktober 2025. Netversterking vanuit netbeheerders wordt veelal pas uitgevoerd in de periode 2030-2035.



Vanaf eind 2022 wordt gesproken over het concept energy hubs om via een decentrale slim gestuurde energiesysteem lokaal oplossingen te zoeken voor netcongestie. Naast smart gids en slimme energiemanagementsystemen kunnen lokale opwekking en opslag ook deel uitmaken van een energy hub. In oktober 2025 zijn er energy hubs op meer dan 100 bedrijventerreinen in Nederland

Verschillende markttoepassingen ontstaan voor energieopslag
Er komen steeds meer markttoepassingen voor batterijsystemen voor energieopslag:

- Regelvermogen netstabiliteit (FCR/aFRR/mFRR),
- peakshaving,
- energiehandel (arbitrage),
- kostenoptimalisatie industrie,
- lokale balancering
- seizoensbuffering voor wind/zon.

Daardoor stijgt de vraag naar batterijsystemen voor energieopslag.

Voor elektriciteitsopslag bestaan markten en diensten die de volgende functies dienen[8]:

- Het balanceren van vraag en aanbod (op korte, middellange en lange termijn) ten behoeve van de energiebalans (energiehandel). De energiehandel voor levering en balanceren van vraag en aanbod vindt met name plaats via de termijnmarkt, day-ahead markt en intraday markt.
- Balanshandhaving, het real-time balanceren van vraag en aanbod op landelijk niveau, om problemen op het elektriciteitsnet te voorkomen. TenneT heeft de taak om de balans te handhaven. Daarvoor gebruikt het de volgende producten / markten:
    - Frequentiehandhaving (FCR)
    - Regelvermogen (aFRR)
    - Noodvermogen (mFRR) •
    - Onbalansmarkt (onbalansprijssystematiek).

  Elektriciteitsopslag kan gebruikt worden voor flexibele vraag en flexibel aanbod op alle vier van de TenneT-diensten. Daarnaast vraagt TenneT aanvullende diensten ter ondersteuning van het hoogspanningsnet (o.a. blindvermogen en black-start) waar elektriciteitsopslag ook een rol kan spelen.

[8] *Bron: Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2023. Routekaart Energieopslag.*

- Het verlichten van netcongestie. Elektriciteitsopslag kan o.a. een rol spelen bij netcongestieverlichting door actief te zijn op GOPACS of redispatch. Het is op dit moment echter niet rendabel om een batterij alleen voor netcongestieverlichting in te zetten
- Private energieopslag voor kostenoptimalisatie voor industrie en particulieren (door einde salderingsregeling)
- Verminderen curtailment: het actief afschakelen van wind- of zonne-energie

Diversie grootschalige opslagprojecten op stapel
Het aantal grootschalige BESS-projecten neemt snel toe. Enkele grote projecten zijn:
- SemperPower:
  - Project Castor in Vlissingen – operationeel (30 MW / 63 MWh)
  - Project Pollux in Vlissingen – operationeel (30 MW / 68 MWh)
  - Project Corre Energy in Zuidwending – in ontwikkeling (320 MW en 640 MWh)
- Giga Storage (5 projecten in Nederland, waaronder):
  - project Buffalo inLelystad – operationeel (25 MW / 48 MWh)
  - project Giraffe in Amsterdam– operationeel (10 MW / 47 MWh)
  - project Leopard in Delfzijl – in ontwikkeling (300 MW / 1200 MWh)
- Battery Park Zeewolde – operationeel (33 MW / 65 MWh)
- FlevoBESS in Dronten – in ontwikkeling (31,6 MW / 126 MWh)

Dit soort systemen worden gebouwd door bedrijven als Alfen en geleverd door partijen als Rolls Royce en Fluence (Siemens). De genoemde projecten betreffen vooral 2- en 4-uurs Li-ion batterijen (LFP).

Slechte businesscase voor LDES-systemen
Voor LDES-systemen ontbreekt op dit moment een robuust verdienmodel, omdat de huidige marktmechanismen zijn ingericht op kortcyclische flexibiliteit en niet op langdurige opslag en systeemreserves. Zonder aanvullend marktontwerp – bijvoorbeeld capaciteitsmechanismen of een Cap-and-Floor-achtig model met een gegarandeerd minimuminkomen in ruil voor beschikbaarheids- en prestatieverplichtingen – komt private financiering van LDES op schaal niet van de grond.

Andere uitdagingen voor de businesscase voor LDES zijn op dit moment:
- de sterk gedaalde kosten van LFP-batterijen (concurrentie SDES). LDES-systemen zouden complementair aan SDES-systemen moeten worden gepositioneerd
- technologische uitdagingen / opschaling vanwege onvolwassenheid technologie en daarmee gepaard gaande hogere initiële kosten

De Britse overheid stimuleert investeringen in LDES via zogeheten 'Cap en Floor'-regulatie. Hierbij kunnen bedrijven projecten indienen voor het ontwikkelen van LDES-systemen. Voor aangenomen projecten ziet de nationale energiewaakhond Ofgem erop toe dat de opbrengsten voor de investeerders niet door de bodem zakken (Floor), maar ook niet door het plafond schieten (Cap).

Ad 3) Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
We gaan nader in op:
- Strategische (on)afhankelijkheid
- China als internationaal marktleider
- Meer aandacht voor duurzaamheid en veiligheid
- Groeiende maatschappelijke acceptatie

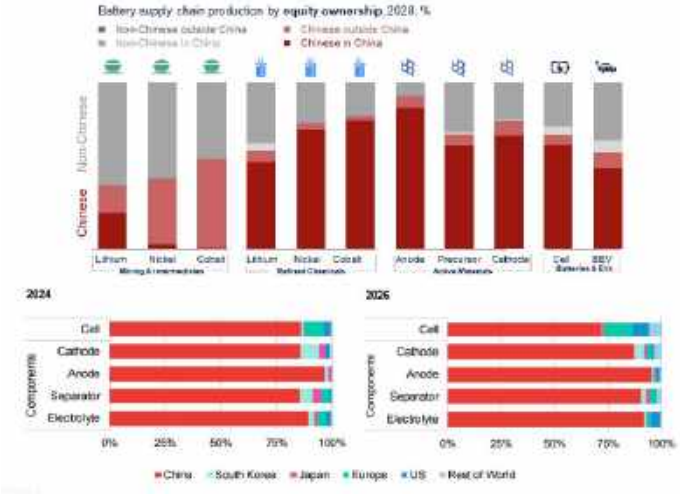
Strategische (on)afhankelijkheid
Europa en Nederland zijn voor de energievoorziening sterk afhankelijk van landen buiten de Europese Unie, zoals voor aardgas Noorwegen (ca 33%), Algerije (14%), de Verengde Staten (ca 17%) en Rusland (ca 19%). Ruwe olie komt ook voor 90% van buiten de Europese Unie.

Hetzelfde geldt ook voor batterijen. Europa en Nederland zijn sterk afhankelijk van geïmporteerde batterijcellen en -materialen als lithium, kobalt, nikkel, grafiet en mangaan. Leveringszekerheid, strategische autonomie en strategische reserves zijn daarom niet alleen economische, maar ook geopolitieke thema's. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in de exportbeperkingen op verschillende kritieke grondstoffen, elektrode-componenten en cellen die China in 2025 heeft ingevoerd. Dergelijke exportbeperkingen kunnen de volledige waardeketen aanzienlijk verstoren, wat leidt tot vertragingen en nieuwe uitdagingen voor een stabiele levering. Dat betekent dat een zekere mate van diversificatie, waaronder LDES-oplossingen, nodig is om de leveringszekerheid en in zekere mate ook de strategische autonomie te waarborgen.

Leveringszekerheid voor zowel de energievoorziening zelf, de infrastructuur in de vorm van batterijen, als voor de herkomst van materialen nodig om batterijen te produceren staat sinds de oorlog in Oekraïne in de belangstelling. Het versterken van de leveringszekerheid vindt plaats onder de Nationale grondstoffenstrategie (NGS). Verschillende EU-initiatieven zoals de Net-Zero Industry Act, Critical Raw Materials Act (CRMA), European Partnership for Responsible Minerals en Europese alliantie voor batterijen (EBA) geven hier richting aan.

De Europese Batterijenverordening vormt een goed startpunt om tot circulaire batterijen te komen. Om te zorgen voor een goede invulling en uitvoering in de praktijk is er dit jaar gewerkt aan levensduur-verlenging, het ontwikkelen van recyclingcapaciteit en innovatie om de hoeveelheid benodigde kritieke grondstoffen te verminderen. Zo worden Batterijen als productgroep uitgewerkt in de context van het Nationaal Programma Circulaire Economie en de Nationale Grondstoffenstrategie. Dit wordt gedaan in samenhang met het dit jaar gestarte Nationaal Groeifonds (NGF)-programma Material Independence & Circular Batteries. Onder het NGF-programma wordt bijvoorbeeld materiaalraffinage en recycling-technologie ontwikkeld[9].

China als internationaal marktleider
China is de huidige marktleider op het gebied van batterijen voor energieopslag met bedrijven zoals CATL (40+ GWh), Tessla (40 GWh), BYD (22 GWh) en Fluence (20+ GWh) [10]. De Chinese productiecapaciteit is eind 2024 ruim 3.000 GWh tegenover 190 GWh in Europa. Als eerder aangegeven, levert China ca 90% van de LFP-batterijen voor 1 tot 4 uurs opslag. Mede door overcapaciteit in China is de prijs de afgelopen jaren sterk gedaald.



Meer aandacht voor duurzaamheid en veiligheid
Richtsnoeren voor duurzaamheid, veiligheid en circulariteit (Batterijverordening EU) zijn bepalend voor vergunningstrajecten en markttoegang. Vanuit Nederland is er ook vanuit beleid veel aandacht hiervoor: de Wet Omgevingsveiligheid, PGS 37-1 en 2, de NIS2-cybersecurityrichtlijn en de Data Act bepalen voorwaarden voor opschaling en veiligheid.

[9] *Bron: Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2024. Kamerbrief "Voortgang strategische aanpak batterijen 2024".*
[10] *Bron: Top 10 Global BESS Manufacturers – BESSfinder*

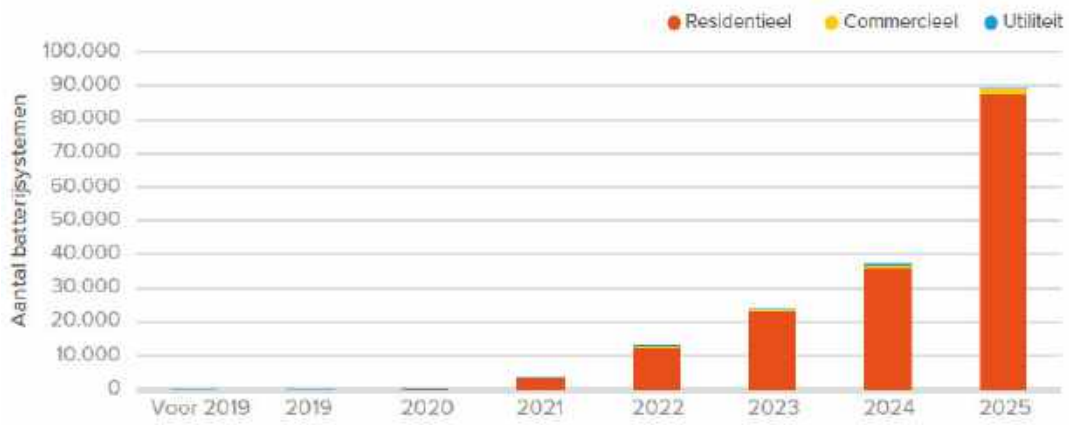
Groeiende maatschappelijke acceptatie
De maatschappelijke acceptatie en draagvlak voor decentrale energieopslag groeit dankzij de toename van lokale initiatieven, zoals buurt- en thuisbatterijen en second-life toepassingen. Tegelijkertijd zorgt de recente aandacht voor incidenten met lithium-ion batterijen (bijv. in brand vliegende fietsaccu's) voor een sterkere nadruk op preventie, strengere normen en duidelijke publiekscommunicatie over veiligheid en risico's, essentieel voor duurzame uitrol en vertrouwen in deze technologieën.

Ad 4) Beleidsmatige ontwikkelingen
Met betrekking tot beleidsmatige ontwikkelingen gaan we in op de volgende aspecten:
- Nieuwe contractvormen en flextenders
- Afschaffen salderingsregeling
- Europese (circulaire) wet- en regelgeving
- Stimulerende (financiële) prikkels voor batterijsystemen

Nieuwe contractvormen en flextenders
Verschillende nieuwe contractvormen zoals de Alternatief transportrecht 85 (ATR85), Capaciteitssturingscontract (CSC) en Capaciteitsbeperkend contract (CBC) bieden een goedkoper alternatief en snellere netaansluiting voor batterijen die zich aan de bijbehorende voorwaarden willen houden.

Flextenders (zoals gestart in Utrecht/Walcheren) tonen de inzet van netbeheerders voor batterij-gebaseerde congestie-oplossingen. Landelijk beleid (LAN) bevordert tijdsduurgebonden transportrechten (TDTR), waardoor opslag en flexibiliteit beloond worden

Afschaffen salderingsregeling
De salderingsregeling wordt afgeschaft per 1 januari 2027. Afschaffing van de salderingsregeling geeft de toepassing thuisbatterijen een boost. De verkoop van thuisbatterijen is daardoor gestegen van ca 12.000 in 2022 naar ca 90.000 in 2025 (verwachting). De gemiddelde capaciteit van een thuisbatterij die in Nederland wordt geïnstalleerd, ligt doorgaans tussen de 5 kWh en 10 kWh.



Europese (circulaire) wet- en regelgeving
De Europese kaders (waaronder de Net Zero Industry Act, Critical Raw Materials Act, EU Battery Regulation) zetten de spelregels voor een competitieve, duurzame en strategisch autonome batterijwaardeketen. Voor Nederland betekent dit dat heldere keuzes nodig zijn over de positie in de stationaire keten: niet overal een beetje, maar focus en gericht op systeemintegratie, EMS/VPP-ontwikkeling, LDES-ontwikkeling en recycling/refurbishment, aangevuld met selectieve

module-/rackassemblage waar dit waarde toevoegt. Gezien de beperkte schaal voor grootschalige cel-productie is het niet logisch om daar primair op in te zetten

De diverse (aankomende) Europese kaders hebben ook doelstellingen, zoals circulaire targets, recyclepercentages en batterijpaspoorten, die prikkelen innovatie en investeringen in recycling, hergebruik en materiaalterugwinning. Zie ook punt 6.

Stimulerende (financiële) prikkels voor batterijsystemen
We zijn verschillende (financiële) prikkels voor batterijsystemen:

- Fiscale voordelen voor bedrijven voor investeringen in batterijopslag (MIA, Vamil en EIA),
- Flex-e subsidies voor bedrijven en instellingen voor een scan, haalbaarheidsstudie of uitvoering van flexibiliteitsmaatregelen die flexibel elektriciteitsverbruik mogelijk maken,
- SDE++ koppeling: bij zon-PV wordt rekening gehouden met opwekcongestie, specifiek piekbelasting, door te vereisen dat het additioneel gecontracteerd terugleververermogen voor zon-PV maximaal 50% van het piekvermogen van de installatie mag zijn,
- Nationaal Groeifonds subsidies (via RVO)

Ad 5) Internationale ontwikkelingen
Groei in nationale en internationale samenwerkingen en investeringen blijft nodig voor opschaling pilot-naar-markt, kennisvalorisatie, testlabs en dekking van ontbrekende waardeketensegmenten.
Europese samenwerking vindt plaats via diverse platforms als:

- EU Horizon/EIC programma's: LDES-technologieën krijgen vanaf 2023 meer aandacht in Europese calls als Horizon2020 en EIC en zijn meer toegespitst op LDES-technologieën in plaats van algemene stationaire opslagtechnieken. Ongeveer € 9 miljoen ging naar Nederlandse aan LDES gerelateerde bedrijven.
- EBA (European Battery Alliance): dit is een belangrijk initiatief van de Europese Commissie, gelanceerd in 2017, om een concurrerende en duurzame batterij-waardeketen in Europa op te bouwen. Het heeft als doel de afhankelijkheid van niet-EU-landen te verminderen en richt zich op de gehele keten, van grondstoffenwinning en celproductie tot recycling.
- Batteries European Partnership (BEPA) / BATT4EU Partnership: dit publiek-private partnerschap, dat €925 miljoen aan financiering heeft gekregen voor 2021-2027 onder het Horizon Europe-programma, ondersteunt onderzoek en innovatie in de batterijsector. Het stelt technologische prioriteiten vast en bevordert samenwerking tussen de academische wereld en de industrie.
- IPCEI (Important Projects of Common European Interest on Batteries): verschillende EU-landen (Nederland niet) hebben de krachten gebundeld in IPCEI-projecten om grootschalige, grensoverschrijdende onderzoek- en innovatieprojecten op het gebied van de batterijwaardeketen te ondersteunen. Deze projecten omvatten vaak de ontwikkeling van nieuwe, duurzamere batterijtechnologieën en productieprocessen.
- Grensregioclusters (bijv. met Vlaanderen/NRW).

Dit draagt bij aan ketencompletering, marktkansen en toegang tot investeringen.

In onze buurlanden Duitsland en België hoeven batterijen (tijdelijk) geen netkosten te betalen of werkt de tariefstructuur anders dan hier. Hierdoor is de business case voor systeembatterijen daar beter dan in Nederland en zijn er inmiddels voorbeelden van systeembatterijen die over de grens staan maar deels handelen op de Nederlandse markten, dit is sinds de Nederlandse aansluiting bij PICASSO eind 2024 ook op de aFRR markt mogelijk geworden.

In verschillende landen, onder andere het Verenigd Koninkrijk en Hongarije, bestaan inmiddels subsidies specifiek gericht op LDES-oplossingen.

Ad 6) Duurzaamheid en circulariteit

Toepassing niet-kritieke grondstoffen en leveringszekerheid
Lithium-ion batterijen worden gemaakt van (onder andere) lithium, koper, mangaan, nikkel en kobalt. De winning van deze grondstoffen is nog redelijk verspreid over de wereld, maar het verwerken van de grondstoffen tot het produceren van de batterijen is voor een groot deel in handen van China.

Grondstoffen voor Lithium-ion batterijen worden als kritiek of strategisch aangemerkt door de Europese Unie. Via de Critical Raw Materials Act (CRMA) uit 2023 is afgesproken dat de EU in 2030 de capaciteit moet hebben om 10 procent van haar jaarlijkse verbruik van strategische grondstoffen te ontginnen, 40 procent te verwerken en 25 procent te recyclen. Bovendien dient de EU de invoer van strategische grondstoffen te diversifiëren, zodat de EU voor niet meer dan 65 procent afhankelijk is van één derde land.

Het versterken van de leveringszekerheid vindt plaats onder de Nationale grondstoffenstrategie (NGS). De inzet op circulariteit van kritieke grondstoffen is hier onderdeel van.

Circulair materiaalgebruik
Nieuwe wettelijke eisen dwingen tot meer circulair materiaalgebruik, levensduurverlenging (refurbishing, second life), recyclingverplichtingen en volledige transparantie over herkomst en prestaties van batterijen. In de Europese batterijenverordening uit 2023 staan doelstellingen voor materiaalterugwinning, recyclingefficiency, toepassing gerecyclede content en hergebruik.

De recyclingsector (ARN, Nowos, Circular Industries) en refurbishmentbedrijven groeien snel, experimenten met urban mining en “battery passport” worden opgeschaald. Er zijn diverse initiatieven om EV-batterijen te verzamelen en samen te voegen tot batterij-energieopslagsystemen (BESS) voor gebruik in andere toepassingen. Het is een uitdaging om daar een rendabele businesscase van te maken.

Circulaire analyse en monitoring
Nederland loopt voorop in digitalisering van circulariteitsanalyse en monitoring, met koppelingen tussen batterijenpassensystemen, ketenregistraties en leverancierscertificering.

5.4 Moonshots: opgave, progressie en relevantie

In deze paragraaf gaan we eerst in op de opgaves rondom batterijsystemen voor netondersteuning. We kijken daarna in hoeverre de huidige moonshots daarbij passen (relevantie) en in hoeverre de huidige moonshots ook zijn bereikt cq op koers liggen voor 2030. Tot slot gaan we in op de richting van mogelijke nieuwe moonshots.

1. Opgave komende jaren voor batterijsystemen voor netondersteuning
De onderstaande opgaven zijn naar voren gekomen uit het onderzoek en klankbordgroep. Deze clusteren we in de volgende categorieën:

1. Ondersteuning vraagcreatie
- Ontwikkel een expliciet markt- en beleidskader dat harde doelstellingen hanteert voor uitrol van LDES-systemen en grootschalige batterijopslag, in lijn met Europese en Nederlandse beleidsambities.
- Implementeer stimuleringsregelingen en aanbestedingen die de afzetmarkt versterken, zodat LDES-projecten ook daadwerkelijk gerealiseerd kunnen worden.
- Benadruk het belang om start-ups en scale-ups actief te ondersteunen van innovatie tot marktintroductie, waarbij niet alleen pilots maar ook daadwerkelijke markttoetreding wordt ondersteund.

2. Ondersteuning aanbodcreatie

- Ondersteun Nederlandse start ups en scale-ups door het versnellen van investeringen in productiecapaciteit en opschaling door het omlaag brengen van barrières binnen financiering, vergunningen en regelgeving. Geduldig kapitaal ("patient capital") en passende "valley of death" instrumenten zijn cruciaal om marktfalen te overbruggen.
- Verminder de remmende werking van wet- en regelgeving expliciet door snelle implementatie van aangepaste normen, kortere vergunningstrajecten en meer ruimte voor experimenten.
- Investeer in strategische zekerheid voor aanbieders: minimaal twee van de drie elementaire condities (toegang tot geavanceerde technologie, stabiele regulering, robuuste marktcondities) moeten op orde zijn om risicovolle investeringen te stimuleren.

3. Creatie juiste randvoorwaarden en systeemcondities

- Bescherm IP en versterk de Nederlandse kennispositie om concurrentievoordeel te behouden.
- Werk aan een geïntegreerd marktmodel voor energietransitie waarin LDES-systemen structureel rendabel kunnen zijn, stapsgewijs los van directe subsidiëring.
- Richt stabiel langdurig beleid in op nationaal én regionaal niveau, met duidelijke, meerjarige oriëntatie en consistent investeringsklimaat voor zowel toepassing als productie van batterijsystemen en netondersteuning.

2. Evaluatie Doelbereik Moonshots

In de onderstaande tabel wordt per moonshot voor 2025 aangegeven in hoeverre deze zijn gehaald.

Moonshot 2025	Stand van zaken 2025
Batterijen voor bulkopslag zijn doorontwikkeld om makkelijk 50 uur te overbruggen	De commerciële bulkbatterijen (LFP) voor SDES hebben momenteel tussen de 1 en 4 uur opslagcapaciteit. LDES-systemen met 8-100 uur opslag zitten om in de pilot fase (TRL5-7). Deze zijn nog niet gereed voor markttoepassingen in de praktijk om 50 uur of meer te overbruggen. Het ijzer-lucht batterijsysteem van Ore Energy ingezet in proeftuin The Green Village in Delft heeft wel laten zien dat opslag tot 100 uur mogelijk is (Proof of Concept).
Batterijen voor bulkopslag worden op grote schaal toegepast middels co-locatie bij PV en Wind	Bij nieuwe zonprojecten wordt bulkopslag vaak standaard toegevoegd (LFP), mede door de koppeling aan de SDE++ subsidie eis voor max 50% piekvermogen aansluiting. Bij windprojecten wordt bulkopslag ook in de bestaande projecten toegevoegd.
Nederland is een belangrijke leverancier van het concept, levert technologie en ondersteuning wereldwijd	Nederland is innovatief in niche markten (LDES-flow batterijen, digitalisering, systeemintegratie) Er is echter beperkt sprake van wereldexport van hardware/producten.
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van dataverwerking en energie	EMS/aggregators spelen groeiende rol (AI, FCR/aFRR, V2G), maar zijn niet leidend in Europa. V2G projecten blijven vooralsnog vooral hangen in pilotprojecten
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van Bi-directionele laadoplossingen	Nederland heeft het hoogste aantal laadpunten per inwoner in Europa, wat een sterke basis legt voor nieuwe technologieën, zoals bidirectioneel

	laden. Meerdere pilots als V2G/smart charging zijn internationaal erkend, maar uitrol is vooral lokaal. Hoewel de fabrikanten van hardware (laadpalen, auto's) vaak internationaal zijn (bv. Easee, Wallbox, Renault, Kia en BMW), zijn Nederlandse bedrijven sterk in de integratie, installatie en het beheer van deze systemen.
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van Thuis- en buurtbatterijen	Markt voor thuisbatterijen groeit snel, de laatste jaren zelfs exponentieel (ca 100.000 geleverd in 2025), pilots met buurtbatterijen groeien, drivers hiervoor zijn salderingsafbouw en dynamische tarieven voor particulieren en netcongestie en netaansluitmogelijkheden voor buurtbatterijen. De techniek hiervoor komt met name van buiten NL.

3. Relevantie van de huidige Moonshots

Moonshot 2025	Stand van zaken 2025
Batterijen voor bulkopslag zijn doorontwikkeld om makkelijk 50 uur te overbruggen	Relevant: focus moet liggen op de doorontwikkeling van de meest belovende technologieën en om daarmee te komen tot productiecapaciteit
Batterijen voor bulkopslag worden op grote schaal toegepast middels co-locatie bij PV en Wind	Niet meer relevant: inmiddels standaard
Nederland is een belangrijke leverancier van het concept, levert technologie en ondersteuning wereldwijd	Relevant: wel keuzes maken in welke marktsegmenten en technologieën
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van dataverwerking en energie	Relevant: focus moet komen op uitrol en opschaling
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van Bi-directionele laadoplossingen	Relevant: focus moet komen op de toegevoegde waarden van Nederland - integratie, installatie en het beheer van deze systemen.
Nederlandse bedrijven hebben zich ontwikkeld als belangrijke spelers op vlak van Thuis- en buurtbatterijen	Minder relevant: deze technologie wordt vooral door buitenlandse spelers ontwikkeld.

4. Potentiële nieuwe Moonshots

De nieuwe moonshots zijn gebundeld in vier categorieën. Iedere moonshot wordt uitgewerkt met een korte beschrijving en indicatief enkele KPI's om het doelbereik van de moonshots te kunnen bepalen.

1. Ontwikkeling ecosysteem (NL)

Nederlandse producenten van LDES-technologie zijn erin geslaagd hun technologie door te ontwikkelen en productiecapaciteit te realiseren. Nederlandse LDES-technologieën worden op grote schaal geïntroduceerd en toegepast in Nederland en Europa.

Nederland ontwikkelt zich tot toonaangevend living lab voor geïntegreerde SDES- en LDES-toepassingen in energiehubs, industrieclusters en heavy-duty-toepassingen, met een substantieel aandeel Europese pilots en demonstrators. Nederlandse bedrijven behoren tot de koplopers in Europa met betrekking tot de ontwikkeling en export van oplossingen voor bi-directioneel laden / vehicle to grid toepassingen, integrale energiemanagementsystemen (EMS) en (standaarden voor) data-uitwisseling.

KPI's Ontwikkeling Ecosysteem Netondersteuning in Nederland 2030	
1.	5 NL bedrijven hebben productiecapaciteit voor LDES- systemen
2.	Min. 25% van NL/EU LDES-systemen worden geleverd door NL- bedrijven
3.	Centre of Expertise (onder SLD BATT NGF3) of een NL "Battery Academy"(?) leidt jaarlijks >100 specialisten op
4.	Ketenregie: testen, recycling, certificering versterken
5.	Minimaal 3 internationale acquisities/investeringen per jaar

2. *Ontwikkeling techniek*

Nederland is in 2030 een Europese top-3-speler in LDES-innovaties (aantal pilots, patenten en demonstraties). Zo wordt toegewerkt naar circulaire batterijsystemen en strategische onafhankelijkheid. Nederland beschikt over een concurrerend aanbod van SDES- (en LDES-)oplossingen en EMS/VPP-diensten voor netondersteuning.

KPI's Ontwikkeling Techniek 2030	
1.	5 LDES- concepten ontwikkelt in Nederland zijn klaar voor marktintroductie (TRL 8 afgerond; marktrijp, breed inzetbaar)
2.	NL LDES-systemen zijn gebaseerd op niet-kritieke grondstoffen uit niet-risico landen (strategische onafhankelijkheid)
3.	NL behoort in 2030 tot de top-3 in LDES-patenten, pilots en kennishubs
4.	10-20 innovatiepatenten/jr op NL-batterijtechniek
5.	XX pilottrajecten uitgevoerd op basis van een volledig circulair en NL/EU LDES-systeem

3. *Ontwikkeling (experimenteer) infrastructuur*

Systeembatterijen zijn in 2030 integraal onderdeel van de netplanning van TenneT en regionale netbeheerders, met duidelijke rollen in congestiemanagement, integratie van hernieuwbare energie, leveringszekerheid.

De goede Nederlandse positie in (flexibel) energiemanagement en systeemintegratie wordt uitgebouwd als springplank naar Europese schaal. Nederland is hét "Europese living lab" voor flexibel netbeheer, test- en certificeer labs, plus data- en software valley voor digital energy.

KPI's Ontwikkeling (experimenteer) infrastructuur 2030	
1.	5 NL LDES concepten hebben de demonstratiefase afgerond (TRL 7) in de praktijk
2.	4 NL fieldlabs/testlabs operationeel, 2 EU-gecertificeerde faciliteiten
3.	Vergunningverlening versnel naar max. 12 mnd
4.	Min. €100 mln/jr publieke pilotfinanciering

4. *Ontwikkeling vraag en markt*

Een aantrekkelijke thuismarkt is essentieel voor (internationaal) succes voor LDES-systemen. Er is nu nog geen/beperkte marktvraag voor LDES-systemen mede vanwege het ontbreken van de juiste marktcondities. Uiterlijk 2028 is een marktmodel geïmplementeerd (uitgewerkt met TenneT en ACM) dat langdurige flexibiliteit (LDES) beloont (langjarig) via capaciteitsmechanismen of Cap-and-Floor-achtige regelingen en zijn nettarieven en regelgeving aangepast om de uitrol van systeembatterijen met aantoonbare net-ondersteunende rol niet langer te belemmeren.

KPI's Ontwikkeling vraag en markt 2030	
1.	3 GWh opgestelde LDES- capaciteit NL in 2030, groeiend naar >12 GWh in 2035
2.	Min. 25% flex vermogen wordt geleverd via LDES- systemen
3.	Min. €1 mld exportwaarde/jaar circulaire NL-batterijoplossingen
4.	Jaarlijks 3 nieuwe marktintroducties/fieldtests/exportcases

5.5 SWOT-analyse

Sterke punten Nederland

- Goede samenwerking in de (waarde)keten mogelijk tussen verschillende ketenschakels en ook concullega bedrijven
- Aanwezigheid van hightech maakindustrie
- Goed in ontwikkelen nieuwe technologie. Zes nieuwe technologieën voor LDES zijn in Nederland aanwezig (bovengemiddeld veel). Er zijn veel MKB-bedrijven aanwezig met IP en werkende lithium vrije (circulaire) materialen die weinig kosten.
- Nederland is het land met waar netcongestie zeer sterk speelt wat een grote urgentie creëert voor batterij oplossingen. Er zijn bijvoorbeeld ruim 14.000 bedrijven die per oktober 2025 wachten op een nieuwe of verzwaarde netaansluiting (stijging van 15% in het afgelopen half jaar).
- Door de grote urgentie van netcongestie en de RES-elektriciteitsopwekkingsopgaves is Nederland een ideale proeftuin voor geïntegreerde SDES-LDES systemen, inclusief energiehubs
- Nederland staat goed bekend en is ver in circulariteit en duurzaamheid
- Goede logistiek
- Er is in Nederland veel fluctuerende opwek van duurzame energie uit zon en (offshore) wind. Voor systeemstabiliteit is hiervoor opslag nodig.

Zwakke punten Nederland

- Veel aandacht voor en vraag naar goedkope LFP-technologie. Er is sprake van exponentiele groei van LFP-batterijsystemen. Neveneffect hiervan is dat er minder aandacht is voor LDES-oplossingen en dat LFP-batterijen LDES-oplossingen dreigen te verdrukken, mede door gebrek aan de juiste marktcondities. Er zijn geen doelstellingen voor LDES-capaciteit (bij Rijk en netbeeheerders).
- Geen directe toegang tot (kritieke) grondstoffen (raw materials) en verwerking daarvan. Nederland (en Europa) heeft geen strategische onafhankelijkheid en is daardoor afhankelijk van andere landen (veelal buiten de EU).
- Er is weinig diversificatie in de levering van (LFP) batterijen voor energieopslag (SDES) en een grote afhankelijkheid van Aziatische spelers. worden geen voorwaarden Er is geen strategie voor diversificatie en/of verkleinen van deze afhankelijkheden.
- Er is geen stabiele koers/lange termijnstrategie. Overheidsbeleid is te weinig koersvast oa vanwege 4 jaar regeerperiode (in een gunstig geval)
- Wet- en regelgeving maakt het moeilijk om (snel) in Nederland batterijsystemen te plaatsen.
- De nettarieven voor levering en afname van stroom voor batterijsystemen zijn hoog in Nederland (zeker in vergelijking met België en Duitsland). In Duitsland en België zijn batterijen (tijdelijk) vrijgesteld van die nettarieven. Het aantal batterijen groeit in omliggende landen dan ook sneller.
- Er worden geen scherpe keuzes gemaakt met harde targets. Aan dergelijke targets moeten ook middelen worden gekoppeld om het halen van die targets mogelijk te maken. Er is in Nederland geen officieel doel voor batterijen. Britse bedrijven krijgen een subsidie om (batterij)capaciteit beschikbaar te hebben om stroom te leveren als er een tekort is.
- De kosten om in Nederland te produceren zijn hoog, oa vanwege hoge arbeidskosten en energiekosten. Dit veroorzaakt de-industrialisatie en maakt dat Nederland geen aantrekkelijk vestigingsklimaat heeft voor productiebedrijven.
- Er is in Nederland aarzeling om te investeren in nieuwe technologie met name na de R&D fase. Dat maakt opschaling en realisatie van productiecapaciteit moeilijk.

Kansen voor Nederland

- Focus op R&D en ontwikkelen van nieuwe technologieën. Hier heeft Nederland al een sterke positie voor LDES. Dat zou verder uitgebouwd kunnen worden, bijv. als positie in het Europese batterij ecosysteem.
- Er is nu al veel duurzame energie opwek uit (offshore) wind en dat wordt in de toekomst alleen maar meer. LDES is nodig om deze energie op het juiste moment beschikbaar te maken.
- Er zijn technologieën beschikbaar (zoals verschillende type flowbatterijen, zoutbatterijen en metaal-luchtbatterijen) om op basis van lokaal en/of goed beschikbare grondstoffen LDES-batterijsystemen te maken.
- Er wordt voorspeld dat de opslagcapaciteit de komende jaren met een minimaal factor 10 moet worden uitgebreid. Er is op dit moment sprake van exponentiële groei. Volgens netbeheerder Tennet heeft Nederland in 2030 zo'n 5 tot 10 GW batterijvermogen nodig. Dit wordt voornamelijk opgevangen voor LFP-batterijen, maar biedt ook kansen voor LDES-batterijsystemen.
- Het opheffen van de salderingsregeling biedt kansen voor thuissystemen. De vraag daarnaar zal stijgen doordat huishoudens kosten willen besparen.
- Er zijn verschillende instrumenten beschikbaar (contractvormen zoals Tijdsduurgebonden Transportrecht, Capaciteitsbeperkende Contracten en straks ook Capaciteitssturende Contracten) waarmee batterijen nog beter netondersteunend kunnen worden ingezet.

Bedreigingen voor Nederland

- Tekort aan gekwalificeerde arbeidskrachten: expertise is nodig in materiaalkunde, chemie, IT, engineering, installatie, onderhoud en recycling.
- Populistische partijen remmen klimaatbeleid en bijbehorende maatregelen en willen terug naar fossiele brandstoffen of kernenergie
- In het geval dat de industrie langzaam maar zeker vertrekt uit Nederland (vanwege hoge kosten voor o.a. energie, arbeid en locatie), verdwijnt ook de noodzaak voor elektrificatie en daarmee ook de behoefte aan stroom en bijbehorende opslag in batterijsystemen. De vraag naar elektriciteit vanuit de industrie loopt op dit moment al achter op de verwachtingen.
- Ontwikkelingen in China (bijv. invasie Taiwan) kunnen leiden tot handel belemmerende maatregelen over en weer waardoor Nederland/Europa niet kan beschikken over bepaalde materialen en grondstoffen, zoals Lithium cellen (goedkope LFP-batterijen). Dit is enerzijds een bedreiging voor realisatie van de geplande opslagcapaciteit en anderzijds een kans voor LDES.
- De vraag is wat de impact is van de opkomst van solid state batterijen op de ontwikkeling van diverse LDES-technologieën in Nederland. In eerste instantie zal solid state vooral worden toegepast in de mobiliteitssector. Op langere termijn is er wellicht ook een rol voor SDES en LDES.

5.6 Belangrijkste conclusies thema netondersteuning

Energieopslag is een sterke groeimarkt: laatste jaren exponentiele groei

De opgestelde batterijcapaciteit groeit de afgelopen jaren exponentieel en de verwachting is dat deze sterke groei door zal zetten richting 2030 en verder. In 2022 was de batterijopslagcapaciteit ca 0,2 GWh. Deze is in 2025 ca 1,6 GWh en zal naar verwachting in 2030 meer dan 15 GWh zijn. De grootste opslagcapaciteit is momenteel bij thuisbatterijen. De omvang van BESS-projecten neemt ook sterk toe: van enkele tientallen MW nu tot honderden MW's bij in ontwikkeling zijnde projecten.

Dominantie LFP-batterijen voor 1 tot 4 uurs opslag: noodzaak diversificatie

De markt voor grootschalige batterijsystemen wordt gedomineerd door Chinese LFP-batterijen met een marktaandeel van ca 90%. De kostprijs is de afgelopen 10 jaar met ca een factor 10 gedaald en de prestaties (als energiedichtheid en maximumaantal laadcycli) zijn verhoogd. Om deze technologische

dominantie (en bijbehorende strategische afhankelijkheid) te doorbreken, is ontwikkeling van Nederlandse en/of Europese technologie vereist. Nieuwe in Nederland niet op lithium-ion gebaseerde SDES en LDES-technologie biedt hiertoe kansen.

Sterke positie LDES-technologieën Nederland:
Nederland en Europa zijn over het algemeen sterk in R&D, o.a. naar volgende generatie batterijsystemen. In Nederland wordt door start- en scale-ups gewerkt aan verschillende nieuwe kansrijke SDES en LDES-technologieën. De meest veelbelovende technologieën bevinden zich in TRL 6-7. Via gerichte en langjarige facilitatie is het noodzaak om deze technologieën de komende jaren door te ontwikkelen naar TRL 9, zodat er rond 2030 productiecapaciteit voor deze technologieën is gerealiseerd om toe te werken naar strategische onafhankelijkheid en meer circulaire batterijsystemen.

Gefaseerde aanpak netcongestie met batterijsystemen
Tot 2040 is er sprake van netcongestie. Batterijsystemen kunnen bijdragen aan het verminderen en oplossen van netcongestie. Op korte termijn zal hierbij vooral worden ingezet op bestaande technologieën, zoals LFP SDES systemen en thuisbatterijen, grotendeels geproduceerd in China. Voor de langere termijn (vanaf 2030) kan worden ingezet op technologische oplossingen met uit Nederland en Europa gebaseerde technologie waarbij SDES en LDES gecombineerd worden ingezet.

Marktcondities voor batterijsystemen zijn niet optimaal:
De marktcondities in Nederland voor grootschalige batterijsystemen zijn nog niet optimaal. Voor zowel SDES als LDES geldt dat de businesscase wordt belemmerd door de dubbele nettarieven voor het laden en ontladen van batterijen. In andere landen zijn batterijen uitgezonderd van deze tarieven. Specifiek voor LDES geldt dat er nog onvoldoende goed verdienmodel aanwezig is. De marktcondities moeten daarom worden gewijzigd, zodat er ook een verdienmodel ontstaan voor LDES in samenwerking met SDES. Dit kan door capaciteits-mechanismen (als cap & floor) en regulering.

Versnellingsprogramma opschaling en productie van opslagtechnologie is nodig
Om als Nederland en Europa de strategische afhankelijkheid van andere landen te verminderen, is ontwikkeling van eigen technologie noodzakelijk. Hierbij moet er grip zijn op de hele toeleveringsketen. Om de boot niet te missen, is het urgent om vol in te zetten op een selectie van de meest kansrijke technologieën en die op meerdere vlakken te faciliteren. Dit kan worden uitgewerkt in een versnellingsprogramma om productiecapaciteit voor batterijen te realiseren op commerciële schaal. Nederland is sterk in productiefaciliteiten voor andere hoogwaardige industrie. Deels zijn dit bedrijven die voor de fossiele industrie werkten en nu op zoek zijn naar nieuwe markten. Deze bedrijven hebben de juiste kennis in huis om een LDES-productielijn op te zetten maar moeten verbonden worden met LDES start-ups en scale-ups.

EMS en thuisbatterijen hebben minder ondersteuning nodig vanuit de actieagenda
Nederland heeft ook een goede uitgangspositie rondom EMS en digitale systemen die zorgen voor netintegratie en optimalisatie. De ontwikkeling van deze hard- en software is sterk verbonden aan de toepassing van opslagtechnologie. Door beleidskeuzes (afschaffen salderingsregeling) en verdienmodellen (handel) groeit de markt voor kleine opslagsystemen (thuisbatterijen) sterk. De toepassing en ontwikkeling van EMS in brede zin en thu isbatterijen gaat dermate voorspoedig op dit moment, dat hier geen extra stimulans vanuit de actieagenda naar uit hoeft te gaan.

5.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda

Versnellingsprogramma realisatie productiecapaciteit opslagtechnologie
Om doelstellingen (moonshots) voor 2030 te bereiken, is het belangrijk dat Nederland een leidende rol heeft in technologieën voor opslag op kleine schaal (thuisbatterijen), korte termijn opslag (SDES) en lange termijn opslag (LDES). De markt voor LDES is momenteel nog grotendeels onontgonnen. Deze leidende rol betekent dat Nederland in 2030 productiecapaciteit heeft gerealiseerd op deze technologieën.

Om dit te kunnen bereiken in een zeer competitieve omgeving, is het belangrijk dat (1) de inspanningen langjarig gefocust worden op de meest veelbelovende technologieën om deze te helpen succesvol te maken en (2) dat er snelheid gemaakt wordt. Om in 2030 productiecapaciteit op commerciële schaal te hebben, moeten deze technologieën op dit moment al TRL 6-7 hebben. De suggestie is daarom te focussen op circa 5 technologieën en daaraan gekoppeld bedrijven die nu het meest veelbelovend zijn en ondersteund worden:

Onderdelen versnellingsprogramma
Het versnellingsprogramma zou de volgende onderdelen kunnen omvatten:

1. Ontwikkeling ecosysteem
- Financiële ondersteuning: om productiefaciliteiten te realiseren in de ordegrootte van enkele GWh per faciliteit is een investering nodig van enkele honderden miljoenen euro's. Hierbij is circa 20-30% financiële ondersteuning in de vorm van bijvoorbeeld subsidies bij nodig. Niet alleen de OEM's, maar ook andere cruciale partijen in de toeleveringsketen dienen financieel ondersteund te worden.
- Humal capital beschikbaar maken: de beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel is een knelpunt voor opschaling. Expertise is nodig in materiaalkunde, chemie, IT, engineering, installatie, onderhoud en recycling. Snelle ontwikkeling van nieuw onderwijs en training is wenselijk om aan de (verwachte) vraag naar gekwalificeerd personeel te voldoen. Werk met onderwijsinstellingen en bedrijven aan een opleidingsprogramma voor batterijtechniek en -exploitatie. Richt bijvoorbeeld bij een Techniekcampus een leerlijn in voor "Batterij-systeemtechnicus" (MBO4) en "Energy storage engineer" (HBO).
- Uitrolplan (LDES): om investeerders te binden, is het belangrijk dat er een markt ontstaat voor de nieuwe technologieën en dat daarvoor de juiste en stabiele marktcondities worden gecreëerd met een doorkijk van minimaal 10 jaar.

2. Ontwikkeling techniek
- Opslagtechniek (oa LDES) innovatiecentrum: de overheid stimuleert gezamenlijke innovatie in nieuwe opslagtechnologieën in een innovatiecentrum met korte lijnen naar producenten, onderzoeksinstellingen en onderwijs. Het te ontwikkelen CoE vanuit Groeifondsproject SLD Batt voor LDES kan hiertoe een onderdeel zijn.
- Industriële strijd voor de beste technologie er zijn op dit moment nog verschillende Nederlandse (en Europese) technologieën in de race die kunnen zorgen voor de gewenste diversificatie en zo bijdragen aan strategische onafhankelijkheid. Het versnellingsprogramma moet zo worden opgezet dat er prikkels zijn om competitie hiertussen te triggeren, zodat de beste technologieën komen bovendrijven en floreren.
- Voorspelbare veiligheidseisen: om te voldoen aan veiligheidseisen (zoals PGS 37-1 en 37-2), moeten batterijen worden aangepast. Het is niet wenselijk om deze eisen onvoorspelbaar te veranderen. Dan moet een batterij en het productieproces daarvan weer worden gewijzigd.
- Pan-Europese eisen: er worden Europese technische eisen gesteld (o.a. veiligheid, vergunningen, etc.), zodat ontwikkelde technologieën probleemloos in alle lidstaten kunnen worden toegepast.

3. Ontwikkeling infrastructuur

- Grip / dominantie in de toeleveranciersketen (verticale integratie): fabrikanten van opslagsystemen moeten werken met een "verticaal geïntegreerd" bedrijfsmodel, waarbij ze nauw samenwerken met hun leveranciers of deze zelfs geheel of gedeeltelijk in handen hebben. Dit helpt de kosten te beheersen en de veiligheid en betrouwbaarheid van toeleveringsketens te waarborgen.
- Leren produceren: samenwerking zoeken met partijen die kennis hebben van het onder controle krijgen van productie op grote schaal met veel geautomatiseerde processen. Dit is niet vanzelfsprekend (zie voorbeeld Northvolt): het realiseren van identieke en hoogwaardige producten is essentieel. In Nederland zijn verschillende partijen die hier goed in zijn, zoals VDL en ASML, en partijen in de maakindustrie die nieuwe producten zoeken om te produceren, omdat hun huidige producten worden uitgefaseerd (zoals onderdelen voor brandstof motoren).
- Kosten beheersen: grootschalige, sterk geautomatiseerde productiefaciliteiten met strikte procescontrole, realtime testen en slimme kwaliteitscontrole stellen Europese fabrikanten in staat om voor steeds minder geld betere opslagsystemen te maken. Alleen zo kan kostenleiderschap worden bereikt, essentieel op lange termijn voor een goede marktpropositie.
- Clustervorming: industriële clusters van bedrijven (die samen alle relevante knowhow bezitten) en de verticale integratie van toeleveringsketens zijn voorwaarden voor het bereiken van technologiedominantie. Nederland kan inzetten om enkele van deze clusters te realiseren.

4. Ontwikkeling vraag en markt

- Aankoopsubsidies: bedrijven en netbeheerders krijgen aankoopsubsidies voor in Nederland en/of Europa ontwikkelde opslagtechnologieën. De hoogte van de subsidie kan afhankelijk worden gemaakt naar het NL of EU-aandeel van de toeleveringsketen en gegarandeerde recyclepercentage.
- Marktbescherming: om in aanmerking te komen voor subsidies worden bedrijven en netbeheerders verplicht om batterijen te gebruiken die geproduceerd zijn door een van de geselecteerde Europese leveranciers op de "witte lijst". Deze "Made in EU"-strategie is erop gericht om door middel van technologische innovatie, een wereldwijde voorsprong in de productie van opslagsystemen te verwerven tegen het midden van de jaren ‘30. Europa pakt ook een leidende rol in de internationale inspanningen om regels vast te stellen voor LDES-batterijrecycling.
- Gaspiekcentrales moratorium: op dit moment leveren gascentrales nog grotendeels flexibele en reservecapaciteit. Dit moet op termijn worden uitgefaseerd. SDES en LDES-batterijsystemen kunnen deze rol overnemen. In Italië is recent voor het eerst een tender voor flexcapaciteit (welke technologie onafhankelijk was ingestoken) aan een batterijsysteem gegund in plaats van een gascentrale.
- Verdienmodel - Cap & Floor marktmechanisme: dit financiële instrument helpt om de inkomstenrisico’s voor investeerders te verkleinen en tegelijkertijd de kosten voor de samenleving te beperken. Dit is vooral noodzakelijk voor grootschalige energieopslag en dan met name LDES.
- Europees afgestemde lange termijnvisie
- Aanpassen nettarieven: transporttarieven worden in Nederland betaald door consumenten van stroom, niet door producenten. Exploitanten van batterijen worden gezien als consument en betalen dus transporttarieven bij het laden. Deze kosten betalen ze opnieuw bij het ontladen. Dit zet de businesscase van projecten onder druk en maakt de investeringsrisico’s groter. De dubbele transporttarieven voor batterijen moeten afgeschaft.
- Capaciteitsdoelen 2030 en 2035

6 Thema 4: Data, veiligheid en testen

6.1 Inleiding

Themadefinitie
Dit thema richt zich op de veiligheid van batterijen en batterijsystemen voor eindgebruikers, het testen van veiligheid en prestaties, en de rol van dataontwikkeling en -uitwisseling. Veiligheid en testen zijn geen op zichzelf staande onderwerpen, maar vormen essentiële voorwaarden voor het functioneren van de batterijsector. Het thema omvat investeringen in testfaciliteiten, kennisontwikkeling op het gebied van veiligheid en data-analyse, en het bevorderen van kennisuitwisseling binnen het ecosysteem.

De eerste observatie is dat het thema geen op zichzelf staand onderwerp vormt binnen het Nederlandse ecosysteem. Veiligheid en testen zijn ondersteunende aspecten die bijdragen aan een goed functionerend ecosysteem en vormen essentiële voorwaarden voor het effectief functioneren van specifieke batterijsectoren (zoals heavy duty, grid-support, etc.). Het thema richt zich in dit kader op:

- investeringen in (uitbreiding van) testfaciliteiten voor materialen, productieproces, individuele cellen en (toepassing/integratie van) batterijsystemen.
- kennisontwikkeling om veiligheid te waarborgen met data-analyse en BMS, zodat voorspellingen mogelijk zijn over onder meer temperatuur, botsingen, onbalans en risico's op verhitting of brand;
- kennisuitwisseling.

Context batterijsystemen voor data, veiligheid en testen
Batterijen kunnen door hun chemische samenstelling bij verkeerd gebruik risico’s opleveren, zoals brand of explosie. Daarom is voortdurende aandacht voor veiligheid noodzakelijk. Data speelt een steeds grotere rol bij het voorspellen van prestaties, levensduur en risico’s. Testen is essentieel om te voldoen aan (inter)nationale normen en om markttoegang te verkrijgen. De context van dit thema is sectoroverstijgend en raakt aan alle hoofdthema’s van de nationale batterijagenda.

De Actieagenda 2022 had dit thema geïdentificeerd, maar de scope was destijds minder scherp omlijnd, wat de voortgang lastig meetbaar maakte. In deze evaluatie is ervoor gekozen het thema duidelijker te definiëren om de ontwikkeling en behoeftes beter in kaart te brengen:

- *Testen* – slaat op het ecosysteem van testfaciliteiten en -diensten waarmee batterijen, modules en volledige systemen worden beproefd op prestaties, kwaliteit en veiligheid. Dit varieert van R&D-tests in labomgeving tot formele certificeringstesten voor markttoelating. Ook kalibratie van meetmethoden en accreditering van testlabs vallen hieronder.
- *Data* – Het onderwerp ‘data’ richt zich op kennisborging en -uitwisseling in het batterij-ecosysteem. Door het verzamelen, verwerken en delen van gegevens/kennis door Nederlandse organisaties aangaande prestaties van batterijsystemen en -materialen. Voorbeelden van gegevens/kennis zijn:
    - *cycle life modelling* voor het voorspellen van einde levensduur
    - gedeelde celgeometrieën en -afmetingen voor verschillende toepassingen
    - *cycling-failure correlations*: correlaties tussen cycli en falen op basis van *imaging*

    Ontwikkelingen op het gebied van cyber-, data- en informatiebeveiliging, standaardisering, en AI vallen buiten de scope van dit onderwerp.
- *Veiligheid* – betreft zowel interne veiligheid van batterijsystemen (elektrische, thermische, mechanische, chemische, functionele veiligheid, het voorkomen van brand, explosie of andere falen in gebruik) als externe veiligheid (veilige opslag en transport van batterijen, en adequate noodrespons bij incidenten). De externe veiligheid omvat standaarden en protocollen (zoals PGS 37-I & II voor opslag), training van hulpdiensten, en technologische maatregelen voor branddetectie en -blussing.

Voorbeelden van parameters voor *interne* veiligheid zijn: temperatuur, *range*, *thermal runaway*-propagatie, (on)balans in celspanning, short-circuit detection time, thermische belasting per kWh. Interne functionele veiligheid is essentieel voor de specifieke thema's: zonder dit kunnen bedrijven batterijproducten niet op de markt brengen. Bij ontwerp van stationaire systemen is de volledige projectlocatie in scope: Dit omvat installaties als generators en toegangswegen, waarbij gekeken wordt naar veiligheidsafstanden en bereikbaarheid voor hulpdiensten. Richtlijn PGS 37-1 is hierbij leidend.

Ook is het Nederlandse ecosysteem afhankelijk van deugdelijke Battery Management Systems (BMS). BMS wordt gezien als kritische technologie voor veiligheid, prestaties en strategische autonomie. Zowel de hardware (printplaten, chips) als de software/algoritmes van BMS grotendeels afkomstig zijn uit China en bredere Azië.

Belangrijkste doelstelling en uitdaging voor dit thema

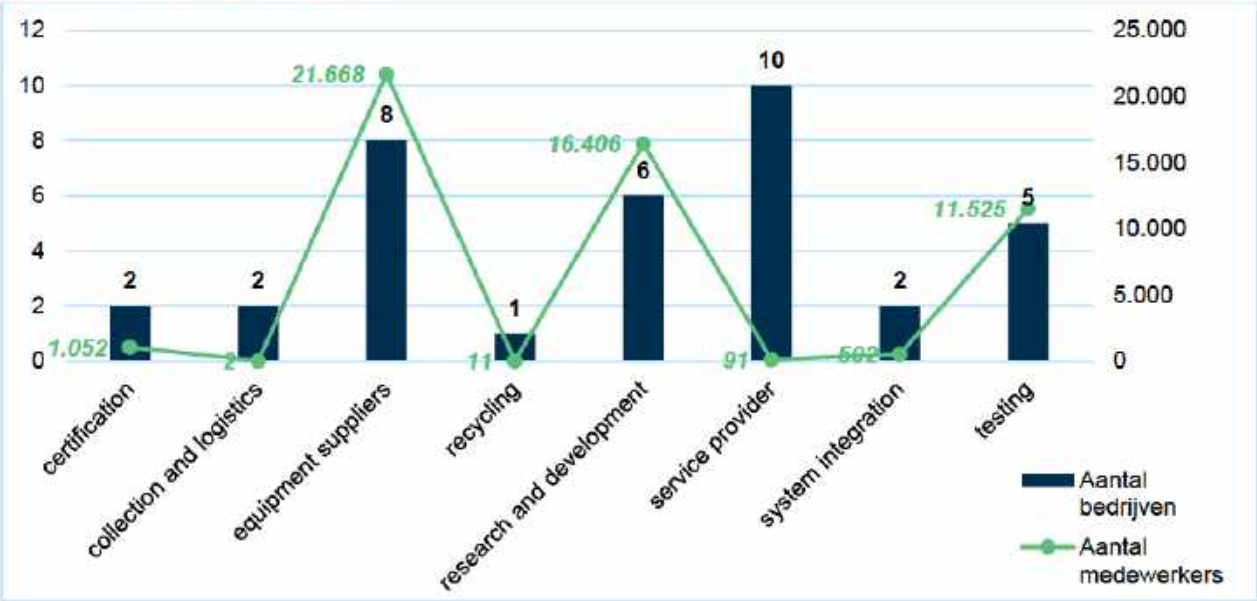
De centrale opgave is het waarborgen van de veiligheid en kwaliteit van batterijsystemen door middel van onafhankelijke, gecertificeerde testprotocollen en het ontwikkelen van een robuust netwerk van testfaciliteiten. Daarnaast is het doel om data-uitwisseling te bevorderen, zodat kennis over prestaties, veiligheid en circulariteit breed beschikbaar komt binnen het ecosysteem. Dit vereist samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden.

6.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid

Nederland heeft een divers en degelijk palet aan organisaties die zich met batterijdata, -veiligheid en -testen bezighouden. Het aantal spelers is de afgelopen jaren stabiel gebleven; er zijn sinds 2022 geen belangrijke partijen weggevallen of erbij gekomen.

- Sinds 2022 zijn er twee bedrijven bijgekomen.
- Er zijn 35+ Nederlandse organisaties geïdentificeerd die actief zijn op het thema.
- Daarvan heeft bijna de helft een "multifocus". Dat wil zeggen dat zij niet alleen op de veiligheid en testen van *batterijen* richten, maar op andere marktthema's uit de actieagenda of geheel andere markten (buiten de batterijsector).

Het figuur hierna toont een indicatie van het aantal bedrijven en aantal medewerkers per specialisatie binnen het thema data, veiligheid en testen.



Figuur 2 Aantal bedrijven en aantal medewerkers in thema data, veiligheid en testen per specialisatie

Met betrekking tot bedrijvigheid zijn de volgende aspecten relevant:

- Het aantal bedrijven lijkt stabiel te blijven, met groeiende specialisatie naar high-end toepassingen passend bij de marktthema's van de actie-agenda (heavy duty, grid support, NextGen).
- De markt lijkt toe te nemen: er is een groeiende vraag naar testcapaciteit door strengere regelgeving (vnl. vanuit EUBR).
- Er is een verschuiving naar meer geavanceerde testen, enerzijds op techniek (o.a.imaging), anderzijds gericht op high-end toepassingen passend bij de marktthema's van de actie-agenda

Testen

Hightech laboratoria en testcentra, vaak verbonden aan kennisinstellingen of gespecialiseerde bedrijven:

- *DNV GL / KEMA Labs (Arnhem)* – internationaal geaccrediteerde testlaboratoria voor batterijcellen, modules en packs, met nadruk op prestatie- en levensduurtests (en deels veiligheid).
- *TNO Battery Test Center (Helmond)* – beschikt over klimaatkamers en abuse-testopstellingen tot pack-niveau, met focus op automotive (voertuig)batterijen.
- *TNO Holst Center* – Ontwikkelt en test geavanceerde batterijmaterialen en -cellen via upscalable dry-coating, thin/thick-film technologieën en geïntegreerde testfaciliteiten voor next-generation batterijen met hogere energiedichtheid, langere levensduur en verbeterde veiligheid
- *TU Delft (eRefinery lab) & Universtiteit Twente* (*UT*) – academische labs gericht op materiaalkundig onderzoek en celtesting (TRL 1–4). UT richt zich met de *Battery Safety Lab en Battery Safety Campus* specifiek op brandveiligheid.
- *DEKRA & KIWA labs* – commerciële test- en certificeringsbedrijven die ook batterijtesten aanbieden (vooral conformiteit en veiligheid van cellen, modules en laadinfrastructuur).
- *RDW Testcentrum (Lelystad)* – het nieuwe testcentrum (EURO Loop) in opbouw richt zich primair op voertuigtesten (incl. e-trucks) maar zal ook relevante EV-batterijtestcapaciteit brengen.
- *mLabs* – Onafhankelijk testlaboratorium dat zich specialiseert in lithium-batterijcompliance, functionele veiligheid en uitgebreide batterijveiligheids- en prestatietests voor diverse toepassingen.
- *Connectr Energy Demofield* – Faciliteit waar bedrijven hun waterstof- en batterijtechnologie onder realistische omstandigheden kunnen testen en demonstreren, incl. toepassingen in energiesysteem

De plannen om bestaande labs breiden uit en nieuwe faciliteiten (zoals het RDW-centrum en het Twente Safety Campus) te realiseren zijn nog niet gerealiseerd. De spelers zijn grofweg in drie groepen te verdelen, hieronder opgesomd met enkele voorbeelden.

In omliggende landen is er veel activiteit. JRC Petten (weliswaar in Nederland, maar opererend voor de EC), AIT, VITO en EnergyVille richten zich op batterijmaterialen, systeemintegratie, betrouwbaarheid en veiligheidsvalidering binnen uiteenlopende energietoepassingen.

Leveranciers technologie (gevestigd in Nederland, wel gericht op internationale markt)

- *NXP* – Ontwikkelt geavanceerde BMS met hoge meetnauwkeurigheid, functionele veiligheid en technologie voor nauwkeurige monitoring en vroegtijdige detectie van batterijveiligheidsrisico's.
- *Photon* – Biedt geautomatiseerde productielijnen voor batterijmodules en -packs en werkt samen met andere partijen om end-of-line prestatietests en *abuse* testing voor batterijen mogelijk te maken.
- *Inner* – Biedt inspectiedienst voor complete batterijpakketten. Inspecite vindt plaats via röntgenscans en impedantiemetingen zodat batterijpakketten veilig inzetbaar zijn.
- *Prodrive Technologies* – Ontwikkelt energie- en mobiliteitsoplossingen en test o.a. EV-laadsystemen in eigen faciliteiten om betrouwbaarheid en batterijveiligheid te waarborgen.
- *Applied Micro Electronics (AME)* – Ontwerpt en produceert power-electronics, zoals bidirectionele DC-EV-laders, en ondersteunt zo veilige en efficiënte batterij-toepassingen in E-mobiliteit.

Veiligheid

Instellingen die zich richten op batterijveiligheid en richtlijnen en (in meer of minder mate op) kennisdeling.

- *Brandweeracademie/IFV (Instituut Fysieke Veiligheid)* – ontwikkelt opleidingsmaterialen en protocollen voor de brandweer rond lithium-ion incidenten (bijv. blusmethoden voor EV-branden).
- *RIVM* – doet risico-analyses en adviseert over externe veiligheidsnormen voor o.a. energieopslag (denk aan de input voor PGS 37 richtlijn).
- *NIPV* (Ned. Instituut Publieke Veiligheid) – volgt innovaties in veiligheidsaanpak en faciliteert kennisuitwisseling tussen hulpdiensten en overheid omtrent batterij-incidenten.
- *NMi* – Onafhankelijk keurings- en testinstituut dat uitgebreide batterijtesten uitvoert (o.a. elektrochemische prestaties, veiligheid, abuse-tests en conformiteitsbeoordeling) en bedrijven ondersteunt bij naleving van de EU-Batterijenverordening en internationale veiligheidsnormen.
- *VSL* – Nationaal meetinstituut dat metrologische expertise levert voor energietechnologieën, waaronder batterij- en opslaginnovaties, en kennis ontwikkelt rond veiligheidsstandaarden, karakterisatie en nauwkeurige metingen voor energieopslagtoepassingen.

Data- en kennisuitwisseling

Via BCC-NL is een platform gecreëerd waar bedrijven, kennisinstellingen en overheden hun contacten delen. Daarnaast participeren diverse Nederlandse experts in internationale normalisatie-commissies (ISO, IEC) voor batterijveiligheid en -testen, zodat de Nederlandse stem wordt gehoord bij het opstellen van (nieuwe) standaarden.

Daarnaast versterken netwerkorganisaties en allianties de Europese en internationale samenwerking rond standaarden en innovatie. DERlab bundelt testfaciliteiten voor gedistribueerde energiesystemen, inclusief batterij-integratie, terwijl de European Battery Alliance de volledige waardeketen van duurzame, veilige en strategisch belangrijke batterijtechnologie stimuleert. De Fraunhofer-Gesellschaft ondersteunt dit geheel met een breed onderzoeksprogramma.

6.2.1 Case studies

Starter Mlab Testing	Mlab Testing is een onafhankelijk testlaboratorium dat fabrikanten ondersteunt bij het testen en certificeren van lithiumbatterijen en elektronica om veilige markttoegang te garanderen volgens internationale normen. Sinds 2022, heeft het bedrijf zich ontwikkeld tot een gespecialiseerde faciliteit (gerealiseerd in 2024) die cruciale compliancetesten uitvoert, zoals UN 38.3. De tests zijn voorwaardelijk omdat ze de veiligheid binnen de energietransitie of mobiliteit waarborgen, bijv. door te voldoen aan de nieuwe PGS 37-1 richtlijn voor batterijopslagsystemen. Belangrijke succesfactoren zijn onder meer: • diepgaande technische expertise; • actieve invloed in nationale en internationale normcommissies; • integrale aanpak waarbij zij klanten begeleiden niet alleen voorzien van het uiteindelijke (CE-)certificaat, maar ook ondersteunen bij proces- en productontwerp. • de vraag naar tests neemt toe door blijvende groei van toepassingen met batterijen.
Groeier / stabiele factor DEKRA	DEKRA is wereldwijd marktleider in onafhankelijke inspecties en certificeringen en doet dit voor verschillende sectoren en productgroepen. De afgelopen vijf jaar heeft het bedrijf een sterke groei heeft doorgemaakt. Omzet in 2022: 3,8 miljard euro; in 2024 4,2 miljard euro. Het bedrijf richt zich niet alleen op batterijtests, maar de sterke inzet op energietransitie, elektrische mobiliteit en specifiek DEKRA's sneltest voor EV-batterijen verklaart een groot deel van de groei. De groei wordt gevoed door strategische investeringen, waaronder 10 miljoen euro in de uitbreiding van hun testlabs in Arnhem, specifiek gericht op laadinfrastructuur en batterijveiligheid. DEKRA zal de komende jaren blijven groeien omdat zij als 'notified body' een cruciale rol spelen bij de handhaving van de nieuwe EU-batterijverordening, die vanaf 2025 strengere eisen stelt aan circulariteit en veiligheid, en vanaf 2027 het verplichte batterijpaspoort introduceert. Andere belangrijke succesfactoren zijn onder meer de lange historie van het bedrijf en diepgaande technische expertise.
Stopper Twente Safety Campus	Het Twente Safety Campus (TSC) werd opgericht om bedrijven, hulpdiensten en overheden samen te laten werken aan innovatieve, realistische oplossingen en trainingen voor veiligheid, met een focus op burgers, bedrijven en hulpdiensten, onder andere via het Safety Field Lab en de Risk Factory voor bewustwording en zelfredzaamheid. Dit initiatief zou moeten worden gerealiseerd op de Technology Base Twente. Deze locatie had plek moeten bieden aan 13 bedrijven maar heeft geen aanvang kunnen vinden vanwege het uitblijven van vergunningen (mede door stikstofregels) en het overvolle elektriciteitsnet. Dit benadrukt de noodzaak voor vergunningsruimte.

6.3 Ontwikkelingen rond het thema

We hebben de volgende type ontwikkelingen in kaart gebracht:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Duurzaamheid en circulariteit

Ad 1) Technologische ontwikkelingen

- *Ontwikkelingen m.b.t. real-time monitoring en dataverwerking*: Nederlandse bedrijven (testcentra, private bedrijven, TNO) ontwikkelen geavanceerde BMS-systemen en bijbehorende diagnostische tools. Dit gaat verder dan simpele monitoring. Battery Management Systems (BMS) worden steeds geavanceerder en verzamelen continu data over temperatuur, spanning en degradatie. De verwerking van deze data is nog niet uitontwikkeld. Standaardisatie en toegang tot data blijven grote uitdagingen. Het Europese batterijpaspoort biedt kansen. Aanvullend zetten onderzoekers en universiteiten AI in om patronen in batterijgedrag te herkennen. Deze technologie kan leiden tot predictive maintenance en verhoogde veiligheid. Hoewel deze toepassingen nog pril zijn, tonen ze potentie voor risicobeheersing. Er worden ook niet-invasieve, snelle beeldvormende testoplossingen ontwikkeld op basis van computertomografie op verschillende ruimtelijke schalen, als aanvulling op de standaard testmethoden. Daarentegen vindt er (te) beperkte data- en kennisuitwisseling tussen verschillende instellingen en bedrijven plaats.
- *Nederland beschikt over specialistische innovaties, maar mist samenhang* Nederland kenmerkt zich door fine-tuning van bestaande systemen en sterke kennisontwikkeling. Sensorintegratie, testmethoden en algoritmes zijn voorbeelden van waardevolle bijdragen. Toch ontbreekt het aan structurele afstemming en standaardisatie. Gezamenlijke afspraken over protocollen en dataformaten kunnen impact vergroten. Samenwerking binnen het ecosysteem is daarom kansrijk.
- *Nederland beschikt over goede basis van voor R&D voor batterijprestaties en - veiligheid:* Hier zijn verscheidene voorbeelden van.
    - TNO werkt aan Digital Twin modellen om batterij(cel)-gedrag te voorspellen en hierop te anticiperen.
    - Er wordt door o.a. TNO gewerkt aan een dieper begrip van chemische processen in de batterij om de maximale prestaties en risico's op thermal runaway te begrijpen. Idealiter zou het BMS op individueel celniveau moeten reguleren en sturen om afwijkende cellen in een vroeg stadium te detecteren. Dit kan nog niet.
    - NIPV verricht onderzoek naar ultrahogedruk snij- en blussystemen om batterijbranden (in mobiliteit) te mitigeren.

  Er is o.a. focus op algorithms voor voorspellen van kerngegevens: State of Charge (SoC), State of Health (SoH), State of Function (SoF), State of Energy (SoE), and Residual Useful Life (RUL).

  .

Ad 2) Marktontwikkelingen

De vraag naar data-, veiligheids- en testdiensten groeit de komende jaren. Wij zien de vraagbehoefte vanuit de volgende hoeken onverminderd toenemen:

- *Veiligheidsbewustzijn ontwikkelt zich op meerdere fronten:* Er is groeiende aandacht voor training en protocollen – zoals blusmethoden en brandweeroefeningen – die bijdragen aan praktische veiligheid. Brandweer en hulpdiensten vragen om oefenfaciliteiten voor incidenten met batterij(sytem)en. Publieke zorgen over veiligheid leiden tot politieke druk voor meer onderzoek en testen. Dit resulteert in extra opdrachten, wat de vraag naar test- en kennisdiensten verder vergroot.

- *Industrie (fabrikanten en integratoren)*: Producenten en integratoren hebben steeds meer testdiensten nodig voor certificering en productverbetering. Verplichte testreeksen (UN-transport, IEC-veiligheid, prestatietests) zorgen voor volle planningen bij labs. Daarnaast groeit de behoefte aan veiligheidsadvies bij ontwerp van grote opslagsystemen. Ook willen fabrikanten hun batterijen in het veld monitoren, wat leidt tot vraag naar data-platforms voor prestatie- en garantieanalyse.Het beter begrijpen van data, door middel van kennisuitwisseling, lijkt wel in het belang van producenten/leveranciers en autoriteiten. Producenten/leveranciers willen meer grip op complete levensduur van de batterij en bereiden zich voor op verplichtingen van DBP.
- Er is een onderscheid tussen start-ups/scale-ups/MKB-bedrijven en grote, volwassen bedrijven die gebruik maken van tesfaciliteiten:
    - Kleinere bedrijven willen graag flexibel, iteratief gebruik maken van testfaciliteiten, grotere bedrijven willen stabiel en meer repetitief gebruik maken de faciliteiten.
    - Kleinere bedrijven zijn minder kapitaalkrachtiger en kunnen (dure) tests minder makkelijk financieren.

  Nederlandse bedrijven gebruiken vaak grote accupakketten in kleine oplages en beschikken vanwege hun kleinere schaal niet over de expertise of budget van grote autofabrikanten/OEM's. Tegerlijkertijd bevinden deze bedrijven zich relatief ver weg van gevestigde industrie (zoals OEM's, celproducenten). Er lijkt dus een logische afhankelijkheid van (gedeelde) externe testfaciliteiten in Nederland (of nabij).
- *Beheerders en eindgebruikers:* Bedrijven met grote batterijinstallaties verwachten zekerheid over veiligheid en prestaties. Zij eisen testrapporten, certificaten en monitoring tijdens gebruik. Door prestatiecontracten moeten aanbieders data leveren over beschikbaarheid en gezondheid. Netbeheerders verlangen inzicht in betrouwbaarheid bij flexibiliteitscontracten. Verzekeraars stellen vaker eisen zoals testrapporten of periodieke inspecties.
- *Overheid en regulering:* Voor beleid en toezicht is betere data nodig. Incidentcijfers zijn versnipperd, waardoor vraag ontstaat naar centrale registratie. Bij actualisatie van normen (zoals PGS37) wil de overheid kunnen steunen op recente testresultaten, inclusief extreme testen die nu beperkt uitvoerbaar zijn. Met de komst van het EU-batterijpaspoort zullen toezichthouders data moeten opvragen en controleren, wat de behoefte aan gestandaardiseerde datasystemen versterkt.

De vraag is groot, divers en groeit, het huidige aanbod bedient het gros maar niet alles. De urgentie om het aanbod uit te breiden is hoog, want anders neemt de verplaatsing van test- en veiligheidsdiensten naar het buitenland toe. De markt voor batterijtesten groeit snel. Zonder uitbreiding vullen buitenlandse partijen de gaten. Investeren in test- en datavoorzieningen kan nieuwe bedrijvigheid aantrekken en Nederland helpen richting de ambitie om een Europese "top-3 testland" (zie paragraaf m.b.t. moonshots) te worden.

De *aanbodzijde* bestaat uit de eerder beschreven spelers die diensten leveren op gebied van testen, data en veiligheid. Nederland heeft op diverse punten een goed aanbod, maar ook beperkingen:

- *Brede range aan testdiensten*: Nederlandse labs (DNV/KEMA, DEKRA, TNO) kunnen het merendeel van de standaardtesten uitvoeren en certificeren. Voor reguliere testen is het aanbod competitief en voldoende voor de binnenlandse vraag en liggen er kansen om commerciële testfaciliteiten beschikbaar te stellen voor verschillende sectoren en doeleinden. Voor specialistische testen – zoals het gecontroleerd laten afbranden van complete containers of testen onder extreme omstandigheden – schiet de capaciteit echter tekort. Bedrijven wijken daardoor uit naar buitenlandse labs, waardoor omzet en kennisontwikkeling weglekken. Hoewel uitbreidingen in voorbereiding zijn (zoals een grotere abuse-testkamer bij KEMA, gereed rond 2026), kan de huidige infrastructuur de volledige vraag nog niet opvangen.
- *Er zijn een aantal start-ups/scale-ups met innovatieve oplossingen*. Voor deze bedrijven geldt:
    - Ze zijn doorgaans goed verbonden met universiteiten en onderzoeksinstituten

- Ze hebben moeite om door te groeien in Nederland(investeringsklimaat, beschikbaarheid van locaties, subsidiemogelijkheden, energiekosten, netcongestie)

- *Specialisatie in veiligheidsadvies en -systemen*: Enkele gespecialiseerde adviesbureaus (zoals Kiwa Compliance en DNV) hebben meer werk dan ze aankunnen. Nieuwe ingenieursbureaus betreden de markt, maar het tekort aan gekwalificeerd personeel blijft de beperkende factor. Aan de systeemkant is het aanbod sterker: er zijn diverse producten zoals batterijblussystemen, detectiesensoren en brandwerende opslagkasten. Sommige Nederlandse oplossingen hebben zelfs exportpotentieel, mede dankzij de strenge nationale veiligheidsnormen die internationaal vertrouwen wekken.
- *Testcapaciteit groeit, maar kent infrastructurele beperkingen:* Nederlandse labs beschikken over apparatuur voor verschillende voltages en verschillende type cellen, passend bij de nieuwste batterijtoepassingen. Toch ontbreekt het aan faciliteiten voor *abuse-tests:* grootschalige tests, zoals gecontroleerde oververhitting van batterijcontainers. Dit belemmert de validatie van systemen onder extreme omstandigheden en vraagt om gerichte infrastructuur investeringen.De infrastructuur kent vooral een groot gat bij extreme testen; immateriële infrastructuur zoals data en kennis vraagt vooral om meer samenhang en schaal. Een integrale testlocatie wordt gezien als de belangrijkste structurele stap: één locatie voor extreme en grootschalige tests, zonder langdurige vergunningstrajecten. Dit vraagt samenwerking tussen overheid, defensie, kennisinstellingen en industrie.
- *Data- en monitoringsdiensten*: Dit is een zwak deel van het aanbod. Er is geen dominante speler of breed geaccepteerd systeem. Bedrijven bouwen eigen (gesloten) monitoringssystemen, een sterk Nederlands aanbod is er niet. Nederlandse IT-bedrijven zouden hier kansen kunnen pakken, al vraagt dit om vroege investeringen vooruitlopend op strengere regelgeving
- *Internationale vergelijking/concurrentie*: Duitsland en Frankrijk investeren in test- en veiligheidscapaciteit, met faciliteiten die Nederland nog niet heeft. Hierdoor kan Nederland afhankelijk blijven van buitenlandse testdiensten. Tegelijkertijd opereren Nederlandse adviesbureaus internationaal sterk, wat kansen biedt voor specialisatie in advies en software, tenzij Nederland ook de hardware-testcapaciteit uitbreidt. Er lijkt verder in Nederland een relatief (ten opzichte van andere landen) goede beschikbaarheid van talent op het gebied van engineers en fysici.
- Testfaciliteiten werken beperkt met elkaar samen. Er is geen netwerk waarin Nederlandse organisaties in deelnemen voor kennisuitwisseling.

Ad 3) Maatschappelijke en geopolitieke ontwikkelingen

- *Er is een groeiende nadruk op het beveiligen van het BMS* om manipulatie te voorkomen. Dit leidt ertoe dat producenten uitsluitend BMS in Europa laten vervaardigen. Batterijsystemen zijn 'slim' en met het internet verbonden om de efficiëntie voor bijv. netondersteuning te verbeteren. Dit leidt tot bezorgdheid over cyberaanvallen die de stroomvoorziening lokaal kunnen verstoren
- *Data transparancy is een belangrijk instrument in de Europese strategie* om de zichtbaarheid van de toeleveringsketen te vergroten, de afhankelijkheid van niet-EU-leveranciers voor kritieke grondstoffen te verminderen en zelfvoorzienende, duurzame waardeketen op te bouwen
- *Vanwege consumenten- en brandveiligheid* zal in veiligheidstesten in de breedte aandacht moeten zijn voor alle type batterijen en batterijsystemen.
    - Er is blijvend onderzoek (ook in de toekomst) naar thermal runaway nodig.
    - Dit zal in de toekomst ook nodig zijn bij Solid-state of Sodium-ion.
    - TNO is supporting thermal runaway testing (gas analysis). For TNO this is growing theme.

Ad 4) Beleidsmatige ontwikkelingen

- *Er is geen netwerk waarin Nederlandse organisaties in deelnemen voor data-uitwisseling over SoC, SoH, SoF etc. van batterijsystemen*. Dit komt deels omdat gedetailleerde operationele gegevens worden beschouwd als concurrentiegevoelige informatie (en I.E.). Ook het gebrek aan uniforme standaarden en de diversiteit aan batterijproducten versterkt de technische complexiteit voor het meten en delen van data over de diverse batterijchemieën en -parameters. Kennisdeling moet daarom

in het teken staan van het delen van (wetenschappelijke en bedrijfsmatige) inzichten en niet over het delen van kritische informatie.

- *Er is nog veel onbekend over hoe veiligheid moet worden toegepast*. Wet- en regelgeving verschillen per toepassing en een duidelijk overzicht of structuur ontbreekt. De ontwikkelingen rond batterijveiligheid zijn nauw verweven met de Europese Batterijenverordening en SSbD.
- *Regelgeving en standaarden.* Op het gebied van normen is vooruitgang geboekt. De PGS 37 biedt duidelijkheid over veiligheidseisen voor opslagsystemen. Internationale teststandaarden zoals IEC 62619 en UN38.3 zijn geadopteerd en Nederlandse labs zijn hiervoor geaccrediteerd, waardoor testen internationaal erkend worden. De EUBR verplicht fabrikanten en recycleaars tot dataprocessen via een paspoortplatform. De precieze inrichting hiervan moet de komende jaren vorm krijgen. Sinds december 2023 is de PGS 37-1 officieel in werking. De richtlijn is gericht op de veilige omgang met systemen met lithiumbatterijen. De beschrijft regels en maatregelen om risico's zoals brand en explosie te beperken
- *EU-Batterijenverordening (EU 2023/1542) is een belangrijke trigger:*
    - Leidt tot standaarden en gestandaardiseerde testprocedures;
    - Deze moeten nog worden uitgewerkt door EC. Tot die tijd mogen marktdeelnemers zelf bepalen hoe ze de milieu-impact beperken, zolang ze maar hun inspanningen documenteren.
    - De Nederlandse testprotocollen en certificering moeten direct aansluiten bij en anticiperen op Europese en internationale standaarden (bijv. de EU Batterijverordening en ISO/IEC-normen). De opgave is om te zorgen dat lokaal geteste producten moeiteloos in het buitenland geaccepteerd worden, wat cruciaal is voor de exportpositie.
- *Wettelijk kader bij levensduurverlenging nog niet aanwezig*: Bij second-life toepassingen, zoals thuisbatterijen uit afgedankte EV's, ligt de verantwoordelijkheid voor de veiligheid bij het bedrijf dat de nieuwe toepassing geeft. Er zijn geen test en inspectienormen voor batterijsystemen, zoals bij zonnepanelen (SCIOS), Dit zou wel moeten om de installatiekwaliteit van de opkomende batterijenmarkt (vooral thuisbatterijen) te borgen.

Ad 5) Duurzaamheid en circulariteit

- *Data over SoH/SoE wordt belangrijker voor het inschatten van restwaarde en veiligheid*. EU Battery Passport (DBP) gaat leiden tot een grotere beschikbaarheid SoH/SoE-statistieken, waardoor een realistische schatting kan worden gemaakt van de resterende levensduur en de economische waarde van een batterij(systeem) voor bijv. tweedehands toepassingen en recycling, wat nieuwe bedrijfsmodellen bevordert.
- *Pilots als kennisbron*: Voorbeelden zoals de inzet van tweedehands EV-accu’s in de ArenA-batterij hebben uitgebreide inzichten opgeleverd in risico’s van toepassingen gericht op levensduurverlenging.

6.4 Moonshots: opgave, progressie en relevantie

In deze paragraaf kijken we in hoeverre de huidige moonshots passen (relevantie) bij de huidige status van het Nederlandse ecosysteem en in hoeverre de huidige moonshots ook zijn bereikt c.q. op koers liggen voor 2030. De tabel hierna hoeverre de huidige moonshots met bijbehorende acties zijn bereikt c.q. op koers liggen voor 2030.

Acties in actie-agenda

Actie	Progressie actie (2022 – 2025)	Relevantie voor moonshot
Actie 1: Inventariseer bestaande testlabs en onvervulde behoeften; bepaal gezamenlijke investeringsnoden.	• De inventarisatie is **afgerond** Er is een uitgebreide inventarisatie gemaakt van alle beschikbare batterijtestfaciliteiten in Nederland. Dit resulteerde in een publiek toegankelijk online interactief overzicht (medio 2023 gelanceerd) met thematische indeling. Hierop staan tientallen labs en testcentra vermeld, van materiaaltestlabs (TU Delft, UTwente) tot bedrijfslocaties (DNV, DEKRA) en onderzoeksfaciliteiten (TNO Helmond e.a.) inclusief welke tests ze aanbieden. • De inventarisatie is **niet 'levend'**. Het is onduidelijk of de inventarisatie actueel wordt gehouden. Het actueel houden van de database vergt continue input van alle partijen. BCC-NL heeft aangegeven dat faciliteiten zich kunnen blijven melden om het overzicht te updaten, het is onduidelijk of dit gebeurt. Een uitdaging is ook het in kaart brengen van *toekomstige* behoeften: de eerste ronde focuste op bestaande leemtes, maar NextGen-technologieën stellen nieuwe eisen. Flexibiliteit om nieuwe testbehoeften toe te voegen is cruciaal. • Er zijn **geen concrete plannen voor gezamenlijke investeringen.** Uit de inventarisatie blijkt dat Nederland adequate faciliteiten heeft, maar ook dat verdere investeringen nodig zijn op bepaalde vlakken (bv. NextGen, veiligheidstests). Het is onvoldoende duidelijk in hoeverre de aanvullende info over marktbehoeften zijn verzameld en of stappen zijn gezet om faciliteiten te delen.	De relevantie van deze actie is **hoog:** • Het op peil houden van actuele inzichten voorkomt versnippering en ondersteunt gerichte subsidie- en investeringsbeslissingen. • Dit draagt bij aan samenwerking, doordat organisaties elkaar kunnen vinden. Door de snelle technologische ontwikkeling is het noodzakelijk om informatie voortdurend te actualiseren. • Daarnaast biedt dit ondersteuning bij het bepalen van prioriteiten voor actie 2 en 3.

Actie 2:
Bouw nieuwe én breidt bestaande testfaciliteiten uit voor toekomstige eisen (Heavy-duty, grid support, NextGen).
	• Deze actie verloopt volgens planning, maar vereist nadere aandacht. De investeringen zijn **deel gerealiseerd:** er zijn investeringen in extra testcapaciteit in gang gezet:
	  ○ TNO breidde het Batterijlaboratorium op Automotive Campus lab uit (meer klimaatkamers, HIL, pack-test) voor zwaarder vervoer
	  ○ VDL opende het Battery Testing Lab
		De relevantie van deze actie is **cruciaal.**
		• Moderne laboratoria zijn essentieel voor veilige innovatie. De opkomst van hogere voltages (800V+), geavanceerde snellaadprotocollen en solid-state batterijen vraagt om uitgebreide en moderne testfaciliteiten. Dit voorkomt dat bedrijven

Actie	Progressie actie (2022 – 2025)	Relevantie voor moonshot
	○ Het Battery Safety Lab Twente is operationeel met unieke brandtestfaciliteit, ○ DEKRA en KEMA-labs hebben testlabs versterkt (t.b.v. EV- en netondersteuning-batterijsystemen op MW/MWh-schaal) • Er zijn ook hiaten die het bereiken actie belemmeren: ○ Er ontbreekt (vervolg)financiering voor de ontwikkeling van de testfaciliteit OBIC, waar bedrijven batterijonderdelen kunnen testen, ○ Niet alle testfaciliteiten zijn economisch rendabel. Vanwege de onzekere groei in de toepassing van batterijsystemen, bijvoorbeeld in heavy duty en netondersteuning, blijft de vraag naar batterijtests ook onzeker. • De voornaamste uitdagingen bij het realiseren c.q. uitbreiden van testfaciliteiten zijn: ○ investeringskosten. Er is afhankelijkheid van publieke steun (NGF) – continuïteit daarvan is nodig om blijvend up-to-date te blijven; ○ onzekerheid t.a.v. vraag naar batterijtests op korte termijn; ○ gekwalificeerd personeel; ○ beschikbaarheid van locaties; ○ energiekosten en netcongestie.	genoodzaakt zijn uit te wijken naar het buitenland. • Ook de brandweer en keuringsinstanties verzoeken om Nederlandse testdata ter ondersteuning van regelgeving.
Actie 3: Coördineer tussen (regionale) testcentra; ontwikkel een gezamenlijke strategie voor specialisatie; zorg dat faciliteiten elkaar versterken i.p.v. beconcurreren.	• Deze actie vereist nadere aandacht. • Bilateraal vindt er frequente afstemming plaats en worden faciliteiten gedeeld. Er is geen overkoepelende coördinatie.	
Actie 4: Zorg voor actieve overheidsrol (beleid/financiering) en haak NL aan op Europese initiatieven (o.a. IPCEI) om faciliteiten toekomstbestendig te maken.	• Deze actie vereist nadere aandacht. • Aan dit actiepunt wordt voldaan in die zin dat de overheid actief betrokken is en substantiële steun verleent. Dit heeft geresulteerd in concrete ondersteuning: via RVO zijn subsidieregelingen opengesteld (bijv. MOOI-regeling, DEI+ gelden) waar diverse batterijveiligheidsprojecten financiering uit kregen. Ook regionaal zijn overheden aangehaakt – de provincies Overijssel/Gelderland investeerden mee in het Battery Safety Lab. Brainport Development en OostNL coördineren delen van het GFP. • Hoewel de overheid actief is geweest, is er nog geen eindstation bereikt. Een aandachtspunt is de langetermijnborging: Groeifonds is incidenteel geld; voor continuïteit na 2030 zal structurele financiering nodig zijn om labs draaiende te houden en personeel op te leiden. Hier zal beleid	Onverminderd belangrijk: • Overheidssteun is randvoorwaardelijk om de ambities te financieren en coördineren – dit blijft nodig tot de markt volwassen is • Nationale regie zorgt dat veiligheid een prioriteit blijft (publiek belang) en versnelt implementatie (bv. snelle standaardisatie). • EU-samenwerking is essentieel om bij te blijven in deze strategische sector – techontwikkelingen en waardeketens zijn Europees, dus NL móet op die trein zitten. IPCEI hebben kennis en kapitaal ontsloten die NL anders misloopt; de spillovers hiervan (ervaring, contacten) versterken onze eigen initiatieven. Zonder continue

Actie	Progressie actie (2022 – 2025)	Relevantie voor moonshot
	op moeten anticiperen (bijv. via reguliere budgetten of permanente PPS-constructies). • IPCEI-procedures zijn complex (en traag). Bovendien lijken IPCEI-projecten veelal gericht op productie; veiligheid/testen is meer een *enabling* aspect. Het is zaak voor NL om in EU-verband aandacht te blijven vragen voor veiligheid (zodat bijv. een toekomstig IPCEI op standaardisatie of recycling onze testfaciliteiten meeneemt).	politieke en financiële support verliest NL momentum, dus dit actiepunt blijft ook richting 2030 van groot belang.

Moonshots in actie-agenda

Moonshot 2022 (doelstelling)	Voortgang per 2025	Relevantie anno 2025
2025: Uitbouw test- & kennisinfrastructuur (veiligheid)	• Gedeeltelijk behaald. • Het aantal spelers is de afgelopen jaren stabiel gebleven; er zijn sinds 2022 geen belangrijke partijen bij gekomen. Een sectorbreed dataplatform of kennisnetwerk ontbreekt nog.	• Zeer relevant. Zonder volledige infrastructuur blijft NL afhankelijk van het buitenland voor cruciale tests. Ook gestructureerde data/kennisdeling is onverminderd belangrijk om innovaties te versnellen. Deze moonshot behoudt prioriteit.
2030: NL behoort tot de top-3 van Europa op het gebied van batterijtesten en -veiligheid	• Niet op koers / onduidelijk • Momenteel is Nederland nog niet in de top-3; Duitsland en Frankrijk liggen ver voor. Wel hebben we enkele specialisaties. Om top-3 te bereiken is een versnelling in investeringen en samenwerking nodig. Voorshands is deze ambitie dus vooral een stip op de horizon.	• Onverminderd relevant. Gezien de internationale concurrentie is deze moonshot juist nu van belang: opschaling elders zet druk. • Top-3 is meer een stip aan de horizon: Het betekent dat NL zich specialiseert en op die specialisaties aansprekende faciliteiten en expertise moet hebben – dat is tegelijk een graadmeter voor ons ecosysteem. De relevantie blijft dus hoog, al moet de weg ernaartoe wellicht worden herzien (meer focus op specifieke specialisaties).

6.5 SWOT-analyse

Sterke punten Thema in Nederland

- Brede range aan testfaciliteiten, voor veel verschillende segmenten.
- Testfaciliteiten zijn al redelijk voorzienend voor de focusthema's van Nederlandse batterij-sector.
- Veel start-ups met innovatieve oplossingen.
- Bedrijven zijn goed verbonden met universiteiten en onderzoeksinstituten.
- Beschikbaarheid van talent op het gebied van engineers en fysici.
- Testen is mogelijk voor enkele gevestigde bedrijven die zich buiten de traditionele economische centra (OEM's) bevinden (zoals VDL, Damen)
- KEMA-labs is de nummer 1 speler wereldwijd op het gebied van testen, certificeren en inspecteren van hoog- en middenspanningscomponenten
- Automotive Campus: veel ervaring met modelleren, valideren en testen van automotive/mobiliteit/stationaire batterij systemen vnl. voor heavy duty.
    - Van celniveau tot pakket

- Beschikbaarheid klimaatkamers, testfaciliteiten
- DNV standaard voor batterijen in off-shore interanationaal erkend

Zwakke punten Nederland

- Het thema bevat meerdere “buzzwords” waardoor lack-of-focus op de loer ligt. Gaat het nou om data-uitwisseling? Data-beveiliging? Veiligheid van wat? Welke processen worden getest? Waar ligt de focus?
- Conservatieve investering – risk appetite
- Relatief veel belemmeringen voor start-ups/scale-ups om door te groeien (investeringsklimaat, beschikbaarheid van locaties, subsidiemogelijkheden, energiekosten, netcongestie)
- Relatief ver weg van gevestigde industrie (zoals OEM’s, celproducenten)
- Beschikbaarheid van gekwalificeerd personeel
- Te weinig kennisuitwisseling – the knowledge sharing loop
- Wet- en regelgeving verschilt per applicatie, overzicht/structuur ontbreekt
- Testfaciliteiten op verschillende niveaus zijn er, maar beperkt op elkaar aangesloten/samenwerkend

Kansen voor Nederland

- Start-ups ontzorgen door ze te matchen met fondsen en industrie
- Versterken van relatie tussen Nederland en Oost-Azië (specifiek: Zuid-Kora) – kan leiden tot extra fondsen en meer kennisuitwisseling.
- Groei van giga-factories in Europa kan leiden tot een groeiende vraag naar testfaciliteiten in dit segment
- Een *niche* strategie ontwikkelen gelinkt aan:
    - de centrale thema’s van de batterijsector (heavy duty, grid support, next gen
    - Martime
    - Low-volume / high-mix extra veilige batterijen (aviation)
    - Defensie
- Een NL “werkgroep” samenstellen en faciliteren op het gebied van (1) veiligheid en (2) implementatie van batterij wet- en regelgeving (Battery Act, Battery Passport)
- Het bevorderen van samenwerking in NL om zo het hefboomeffect binnen EU te vergroten.
- Horizon incentives
- Nederland heeft een sterke high-tech maakindustrie met expertise in precisiemachinebouw (vergelijkbaar met het succes van ASML). Deze kennis wordt vertaald naar de productieapparatuur en automatisering voor de batterijsector.

Bedreigingen voor Nederland

- Alles zal gebeuren in Frankrijk en Duitsland, vanwege hun industrie.
- Andere landen die zich ook focusen op testen en veiligheid – gaan zij sneller dan ons?
- Ongelijkheid tussen behoefte en wat we kunnen leveren
- Onvoorspelbaarheid van nieuwe regelgeving
- Te veel lobby, maar te weinig actie.

6.6 Belangrijkste conclusies thema 4

Belangrijkste succesfactoren

- *Sterke faciliteiten en diepgaande expertise:* Nederland beschikt over een gevestigde infrastructuur van testlabs en kennisinstituten die internationaal erkend zijn. Deze geaccrediteerde laboratoria zijn goed verbonden met een solide kennisbasis, wat vertrouwen geeft aan industrie en toezichthouders. Deze bestaande “installed base” vormt een belangrijk concurrentievoordeel.
- *Effectieve triple helix-samenwerking:* De nauwe samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en kennisinstellingen versterkt de innovatiekracht. Voorbeelden zijn de ontwikkeling van PGS 37, waarbij bedrijven data aanleverden en de overheid het normenkader opstelde, en gezamenlijke brandoefeningen met brandweer, defensie en leveranciers. Deze structuur voorkomt versnippering en zorgt dat beschikbare kennis optimaal wordt benut.
- *Veiligheidsbewustzijn*: Veiligheid is historisch verankerd in de Nederlandse werkwijze. Dit blijkt uit strenge normen én uit de bereidheid van bedrijven om verder te gaan dan minimaal vereist. Innovatie vindt daardoor plaats binnen een duidelijke en veilige context, wat de reputatie van Nederlandse oplossingen versterkt.
- *Pilots als kennisbron*: Voorbeelden zoals de inzet van tweedehands EV-accu’s in de ArenA-batterij hebben uitgebreide inzichten opgeleverd in risico’s van toepassingen gericht op levensduurverlenging. De opgedane expertise kan via werkgroepen zoals NCCB en BCC-NL breed worden gedeeld.

Belangrijkste knelpunten

- *Ontbreken van abuse-testfaciliteit*: De meest urgente lacune is het al vaker genoemde gebrek aan een vergunde locatie voor grootschalige veiligheidstests. Hierdoor moet men voor cruciale proeven (brandproeven e.d.) uitwijken naar het buitenland. Dit leidt tot hogere kosten, logistiek gedoe en gemiste leerkansen in eigen land.
- *Gebrekkige data-uitwisseling en kennisborging*: Er is geen centrale hub waar batterijdata of -incidenten samenkomen. Daardoor leert het ecosysteem suboptimaal. Bedrijven houden data graag binnenshuis. Ook is er geen standaardformaat om data te delen, dus als men al wil, is het omslachtig. Deze fragmentatie zorgt ervoor dat het wiel vaak opnieuw wordt uitgevonden bij verschillende partijen. Dit kost tijd en geld en kan ertoe leiden dat fouten herhaald worden.
- *Dreigend tekort aan specialistisch personeel*: Het thema kampt met een smalle pijplijn aan experts. Er zijn maar weinig testingenieurs die diepgaande batterijkennis hebben, of veiligheidsadviseurs specifiek voor lithium-ion. Opleidingen lopen een paar jaar achter op de explosie van vraag. Dit betekent dat projecten soms vertraging oplopen door gebrek aan mankracht, of dat men dure buitenlandse experts moet inhuren. Zonder adressering van dit knelpunt kan het uitgroeien tot een van de grootste bottlenecks, omdat alle overige maatregelen mensen nodig hebben om ze uit te voeren.
- *Complexe en trage vergunningtrajecten*: Innovatieve projecten op dit gebied lopen aan tegen lange doorlooptijden voor vergunningen. Een sprekend voorbeeld is de Safety Campus Twente-case: de voorbereiding ervan gaat al jaren, mede door uitgebreide milieuprocedures. Bestaande labs hebben beperkte vergunningen. Deze barrières maken Nederland momenteel een minder flexibel testland dan bijvoorbeeld Duitsland, waar men voor strategische faciliteiten soms vrijstellingen regelt.

6.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda

De nieuwe agenda moet met duidelijke acties de plannen uitwerken. Moonshots en acties richten zich op een batterij-ecosysteem van hoge kwaliteit en veiligheid, snelle innovatie, directe kennisdeling en minimale incidenten. Dit vergroot het vertrouwen van gebruikers en versterkt de concurrentiepositie van Nederlandse bedrijven. Wij bevelen het volgende aan:

- *Ontwikkel een plan voor gespecialiseerd tests (concreet: imaging testing).* Het focussen op niche-specialisaties is voor Nederland aantrekkelijk omdat *low-volume, high-quality* markten aansluiten bij de nationale sterktes. Door te excelleren in specifieke testtechnologie kan Nederland een onderscheidende internationale positie opbouwen, strategisch onmisbaar worden in de wereldwijde batterijketen. Met name imaging testmethoden op basis van computertomografie – een domein waarin Nederland expertise heeft –maken een niet-destructieve, snelle en zeer nauwkeurige identificatie van defecten en faalmechanismen op verschillende batterijschalen mogelijk. De integratie van deze technieken in het batterijproductieproces legt directe verbanden tussen productieparameters en faalmechanismen. Dit leidt tot procesoptimalisatie en reductie van productie-afval. Daarnaast maakt beeldvormende testtechnologie, in combinatie met complementaire methoden, een efficiënte beoordeling en selectie van cellen en modules voor second-life-toepassingen mogelijk.

- *Ontwikkel een plan voor een veiligheidscentrum e/o voor extreme batterijtests (abuse tests).* Het veiligheidscentrum moet volledige systemen onder worst-caseomstandigheden kunnen testen en fungeert tevens als trainingslocatie voor hulpdiensten. Een versnelde vergunningprocedure of een AMvB kan dit mogelijk maken. Dit vereist samenwerking tussen overheid (vergunningen, mogelijke co-financiering) en bedrijven/defensie (locatiekeuze).

- *Regelgeving versnellen en versoepelen:* Introduceer experimenteerregelingen en tijdelijke ontheffingen voor tests op het nieuwe centrum. Werk daarnaast aan gebruiksvriendelijke implementatie van EU-normen, inclusief standaardformats voor het batterijpaspoort. Betrek Nederlandse experts intensief bij Europese normontwikkeling.

- *Investeringsprogramma testlabs:* Zet een gerichte investeringslijn op voor uitbreiding van testcapaciteit en realisatie van niche-opstellingen. Er dient dan enkele tientallen miljoenen co-financiering te worden gereserveerd voor cruciale apparatuur (bijv. 2MW-cycler, extreme temperatuur- en hoogtekamers).

- *Kennisnetwerken en transparantie bevorderen:* BCC-NL heeft een platform ontwikkeld waarop bedrijven, kennisinstellingen en overheden hun contacten kunnen delen. Het is van belang om dit platform actief te blijven benutten zodat inzichtelijk blijft welke partijen welke activiteiten ontplooien en welke behoeften er spelen. Dit platform faciliteert de uitwisseling en verzameling van kennis over prestaties, degradatie en storingen. Kennisdeling moet in dit kader in het teken staan van het verkrijgen van marktontwikkelingen uit de andere marktthema's van de actie-agenda en het onderling delen van (wetenschappelijke) inzichten en ervaringen. Kennisdeling moet expliciet niet in het teken staan van het delen van bedrijfsgevoelige informatie. Door regelmatig overleg te organiseren, kunnen het bedrijfsleven en de overheid investeringsprioriteiten bepalen. Daarnaast kan via een onafhankelijke partij, zoals TNO, een vertrouwelijk meldpunt worden ingericht waar incidenten anoniem gedeeld kunnen worden, zonder risico op handhaving, ter bevordering van gezamenlijke leerprocessen.

7 Thema 5: Circulariteit

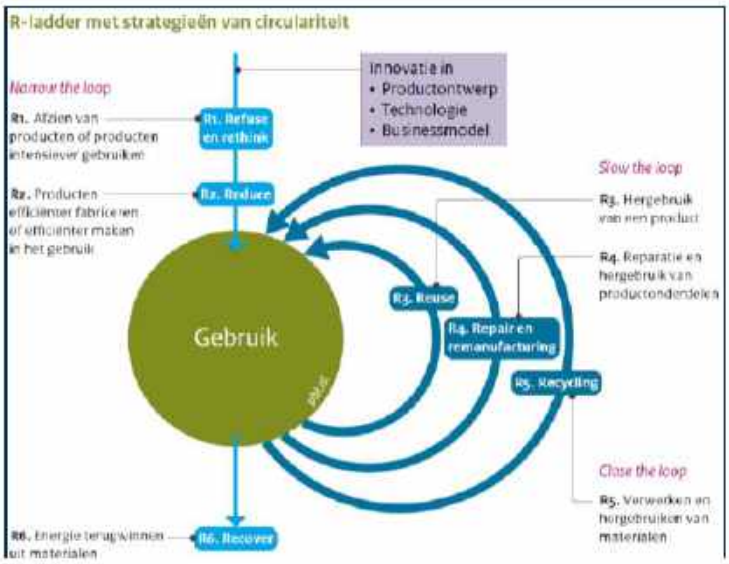
7.1 Inleiding

Scope en definitie van het thema Circulariteit

Dit thema betreft alle inspanningen om batterijen en hun materialen op duurzame wijze te recyclen of de levensduur te verlengen. Circulariteit is een dwarsdoorsnijdend thema binnen de batterijwaardeketen, met raakvlakken naar alle andere thema's. Een belangrijk onderscheid binnen het thema Circulariteit is dat tussen 'levensduurverlenging en 'recycling'. Deze R-ladder strategieën (zie figuur) maken een verschillende ontwikkeling door en kennen andere uitdagingen wat betreft de nationale agenda in en de positionering van Nederland.

Substitutie en duurzamer ontwerp (circulariteitsstrategie R1-R2)

Substitutie van kritieke grondstoffen en het duurzaam ontwerpen van batterijen vormen een belangrijk ontwikkelspoor voor het versterken van de strategische autonomie van Nederland. Door batterijtechnologieën te ontwikkelen die minder of geen schaarse of geopolitiek gevoelige materialen vereisen, wordt de afhankelijkheid van internationale leveranciers — met name buiten Europa — aanzienlijk verminderd. Deze strategie is met name relevant voor de marktthema's next-generation (zoals silicium-anodes) en netondersteuning zoals LDES.



Figuur 3 R-ladder met strategieën van circulariteit (bron Hanemaaijer, A. et al. (2023), Integrale Circulaire Economie Rapportage 2023, Den Haag: PBL)

Levensduurverlenging (R3-R4)

Het verlengen van de levensduur van batterij(system)en door hergebruik, herfabricage, herbestemming of reparatie. Daarmee worden afgedankte batterij(system)en voorbereid op een tweede leven in dezelfde toepassing of in alternatieve toepassingen zoals stationaire energieopslag, noodstroomvoorzieningen of lichte mobiliteit. Levensduurverlenging vermindert de vraag naar nieuwe grondstoffen.

De EUBR stimuleert levensduurverlenging expliciet maar legt geen kwantitatieve doelstellingen op zoals voor recycling. Onder levensduurverlenging vallen o.a. herbestemming (alleen met einde-afvalverklaring) en reparatie (geen einde-afvalverklaring nodig).

Recycling (R5)

Het terugwinnen van kritieke materialen zoals lithium, kobalt en nikkel uit batterijen die niet geschikt zijn voor levensduurverlenging. Nederland bouwt capaciteit op voor de eerste verwerkingsstappen, zoals het produceren van *black mass*, maar volledige recycling vindt vaak nog in het buitenland (voornamelijk buiten Europa in Oost-Azië) plaats. De EUBR verplicht vanaf 2030 een minimumpercentage gerecyclede materialen in nieuwe batterijen, wat de urgentie voor meer (Europese) recyclingprocessen vergroot.

Tabel 1 Recycling en levensduurverlenging per toepassing batterijsysteem

	Small mobility	Elektrische auto's	Heavy duty	Grid support
Toepassing	• Licht elektrisch vervoer	• Personenauto's op elektriciteit	• Grote voertuigen voor transport, logistiek en bouw.	• Netbalancering en energieopslag
Klasse kWh	• < 5 kWh	• 20 – 100 kWh	• 100 – 600 kWh	• 100 kWh >
Compositie batterij	• Li-ion (NMC, LFP), soms LiFePO4	• Li-ion (NMC, LFP)	• Li-ion (NMC, LFP), soms LTO	• LFP, Sodium-ion, Vanadium Redx, Flow Batteries
Kenmerken business t.a.v. levensduur-verlenging	• Herhaaldelijke reparatie namens consumenten	• Herhaaldelijke reparatie • Herbestemming in grid support	• Technisch onderhoud, juiste laadmethoden, component vervanging en BMS-optimalisatie	• Herbestemming van EV-batterijen
Kenmerken business t.a.v. recycling	• Inzameling via fietsdealers en Stichting OPEN	• Inzameling via ARN • Gespecialiseerde verwerking	• Onder de EUBR zijn producenten/importeurs verplicht ze in te nemen	• Nu nog beperkt, verwachte groei 2035

Context circulariteit van batterijsystemen

Hergebruik en terugwinnen van secundaire batterijmaterialen van strategisch belang

Nederland heeft het wettelijk vastgelegde doel om in 2050 klimaatneutraal te zijn. Het bereiken van dit doel vergt een transitie naar hernieuwbare-energietechnologieën waaronder batterij(systemen) voor mobiliteit en de energietransitie. Door de toename van de verkoop van elektrische auto's, licht elektrisch vervoer en het gebruik van batterijsystemen voor netondersteuning, neemt vanaf 2030-2035 de hoeveelheid End-of-Life (EoL)batterijen toe. Dat is relevant omdat voor de productie van deze grote hoeveelheden materialen, metalen en kritieke grondstoffen nodig. Het terugwinnen en toepassen van secundaire grondstoffen en het hergebruik van gebruikte batterijsystemen moeten de afhankelijkheid van kritieke grondstoffen verminderen.

Meer verplichtingen om batterijmaterialen te recyclen

Internationale regelgeving met betrekking tot EoL-wetgeving voor elektr(on)ische apparaten, auto's en batterijen speelt hierbij een rol. Voor batterijsystemen vormt de EUBR een belangrijke factor voor recycling en levensduurverlenging, doordat producenten verplicht worden alle op de markt gebrachte batterijen terug te nemen en te verwerken. Complementair is de Europese Critical Raw Materials Act (CRMA) van kracht, waarin staat dat 25% van de kritieke grondstoffen in 2030 afkomstig moeten zijn van recycling.

Batterijpaspoort als belangrijke randvoorwaarde

De komst van het Europese batterijpaspoort als onderdeel van de EUBR biedt kansen om grip om materialen en gebruik van batterijen te verbeteren in de keten. Het batterijpaspoort is een verplicht digitaal document voor industriële en EV-batterijen, bedoeld om transparantie, veiligheid en circulariteit te vergroten. Het biedt inzicht in herkomst, samenstelling, milieu-impact en prestaties. Naast het bouwen van een digitale infrastructuur hiervoor is het noodzakelijk dat toegang tot noodzakelijke data in de waardeketen ook mogelijk gemaakt wordt. Niet alleen voor de marktpartijen in de keten, maar ook voor autoriteiten (denk aan douane, handhaving, ILT, RWS-L) voor de uitoefening van hun taken.

Belangrijkste doelstelling en uitdaging voor dit thema

Batterijrecycling komt in Nederland momenteel nauwelijks van de grond omdat er vóór 2030 geen harde verplichtingen zijn voor het gebruik van gerecyclede materialen in nieuwe batterijen. Hierdoor ontbreekt het aan een businesscase voor investeerders. Tegelijk is het aanbod van afgedankte (EoL) batterijen tot ongeveer 2035 te laag om een rendabele recyclingfaciliteit te voeden. Het gevolg: bereidheid om te investeren, maar onvoldoende volume en te weinig marktprikkels om daadwerkelijk te starten.

Binnen dit thema kunnen drie hoofdprioriteiten worden onderscheiden:

- Verbeteren inzicht in feedstock EoL (vnl. bij industriële batterijen) voor meer transparantie en bewustwording
  Het is essentieel om een duidelijk beeld te krijgen van waar, wanneer en in welke samenstelling (bijvoorbeeld LFP of NMC) EoL-batterijen beschikbaar komen. Dit omvat inzicht in restwaarde, resterende capaciteit en herkomst uit verschillende sectoren. Hoewel bij EV-batterijen (via ARN) en SLI- en LMT-batterijen in consumentenelektronica (via Stichting OPEN) al goed zicht is op de staat van batterijen, ontbreekt dit overzicht bij industriële batterijen. Meer inzicht maakt betere voorspellingen, investeringsbeslissingen en marktontwikkeling mogelijk.

- Structurele financiële ondersteuning en versnelling van recyclingcapaciteit
  Om richting 2030 voorbereid te zijn, moet Nederland investeren in infrastructuur voor material recovery en *refinery*. Dit vraagt om structurele financiële ondersteuning, bijvoorbeeld vanuit het groeifonds. Ook moet Nederland voorbereid zijn op zowel EoL-volumes als eventueel productieafval van productie van NextGen batterijen. De beschikbaarheid van feedstock is op korte termijn beperkt, waardoor een lange adem nodig is. Door co-sitting en clustering kan richting 2040 een volwaardig ecosysteem ontstaan waarin recyclingbedrijven, overheid en industrie samenwerken aan een toekomstbestendige batterijketen.

- Stimuleren van levensduurverlenging
  Er is behoefte aan Europese protocollen, certificering en standaarden voor BMS en EMStoepassingen om businessmodellen rondom levensduurverlenging te ondersteunen. Ook is uitbreiding van testcapaciteit noodzakelijk, zodat gerepareerde/gereviseerde batterijen veiliger, betrouwbaarder en commercieel aantrekkelijker kunnen worden ingezet. Tenslotte kan de (semi-)overheid fungeren als 'launching customer' voor herfabricage en herbestemming van batterijsystemen.

Huidige moonshots (agenda 2022)
De huidige doelstellingen in de actieagenda zijn:

2025
Het organiseren van de keten (waaronder inzameling, registratie en ontladen) en piloten met EoL strategieën. Hieronder vallen eerste pilots voor recycling en waar mogelijk levensduurverlenging. De innovatie- en businessvragen die hiermee samenhangen zijn uitgewerkt in een roadmap.

2030
Nederland heeft een infrastructuur ontwikkeld waarmee onafhankelijkheid is ontstaan in de (internationale) keten, en toegang is gecreëerd tot gerecyclede grondstoffen.

7.2 Het ecosysteem en bedrijvigheid

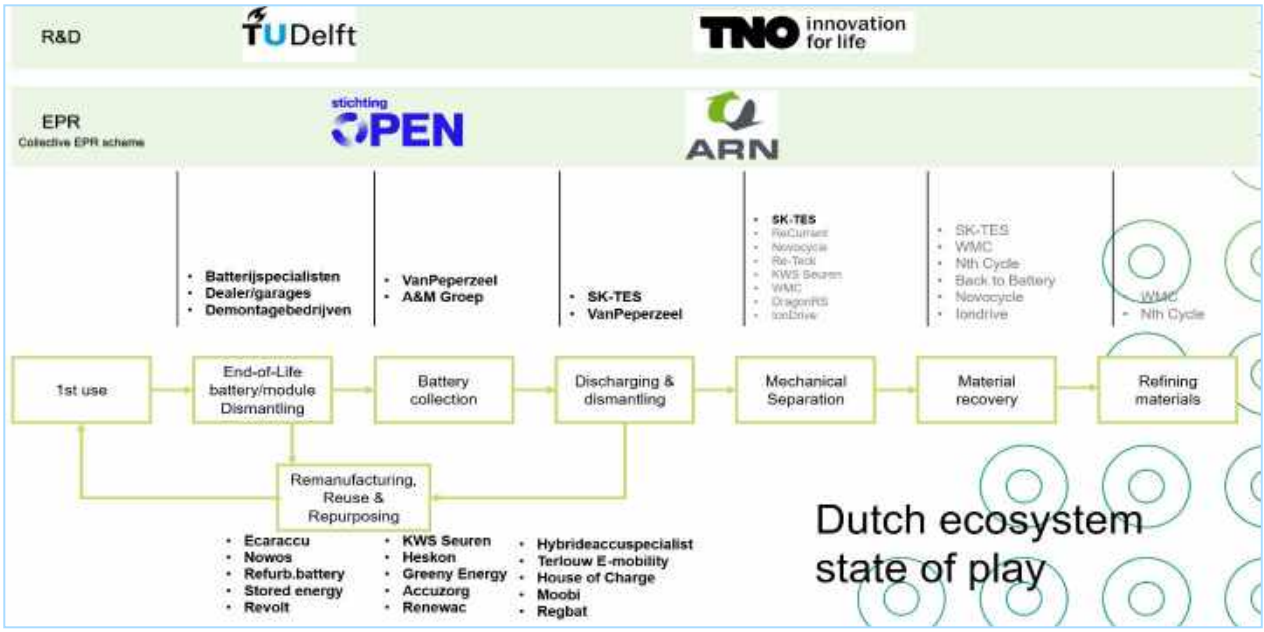
Het Nederlandse ecosysteem voor circulariteit, m.n. recycling, is deels "op orde". De figuren hierna geven schematische weer welke organisaties in Nederland circulaire en recyclingactiviteiten ontplooien. De figureren maken ook duidelijk dat het ecosysteem, qua aantal spelers en aantal medewerkers die zich primair/voornamelijk focussen op circulariteit binnen de keten, overzichtelijk is.

Nederland beschikt verder onvoldoende over de laatste schakels (*material recovery* en *refinery*). Nederland heeft sterke schakels aan de voorkant van de afvalketen (inzameling, opslag, ontmanteling) en innovatie aan de tweedehands-kant (levensduurverlenging). De "back-end" infrastructuur om materialen terug te winnen en te raffineren staat nog in de kinderschoenen. Positief is dat er samenwerking is opgestart om dit gat te dichten en dat Nederland zich voorbereidt op eigen recyclingcapaciteit. Echter, vooralsnog verlaten de kostbaarste metalen nog steeds richting buitenlandse verwerkers; vaak buiten Europa (Oost-Azië).

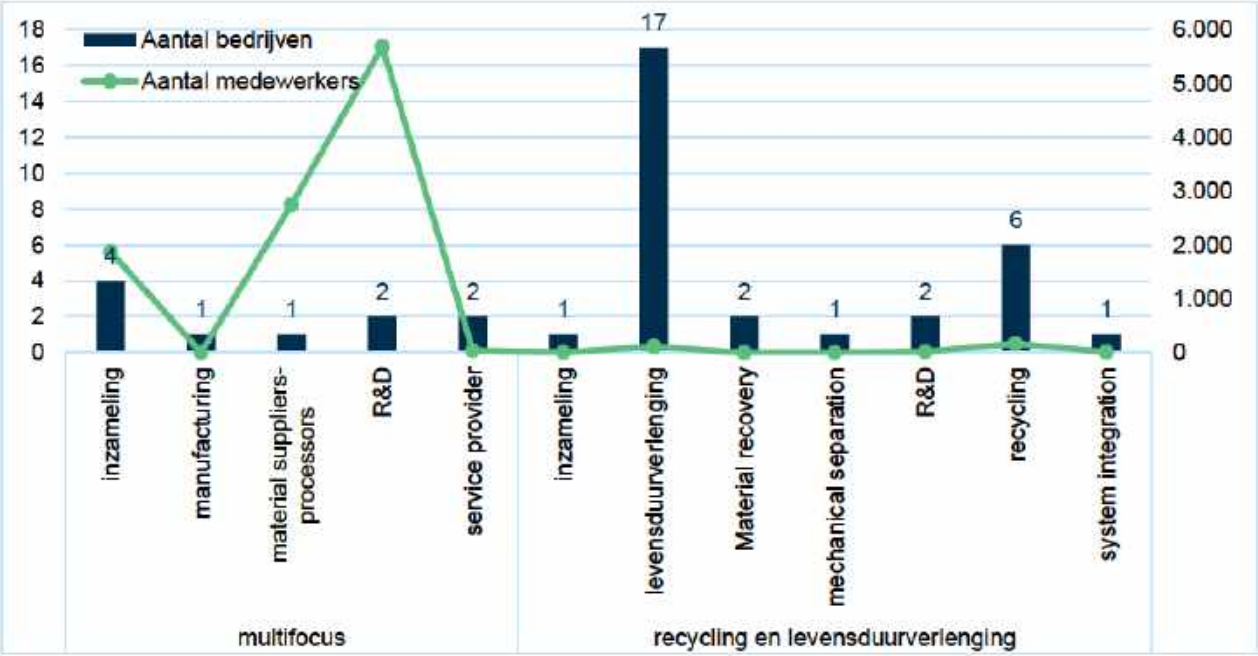
Het uitblijven van groei van Nederlandse bedrijven die zich richten op *material recovery* en *raffinage* komt doordat er in 2025 nog geen verplichte recyclingdoelen zijn en geen lokale/regionale batterijcelproductie aanwezig is. In Azië worden deze processen vaak gecombineerd, zodat herwonnen materiaal direct ingezet wordt in productie.

Nederland beschikt verder onvoldoende over de laatste schakels (*material recovery* en *refinery*). Nederland heeft sterke schakels aan de voorkant van de afvalketen (inzameling, opslag, ontmanteling) en innovatie aan de tweedehands-kant (levensduurverlenging). De “back-end” infrastructuur om materialen en black mass terug te winnen en te raffineren staat nog in de kinderschoenen. Positief is dat er samenwerking is opgestart om dit gat te dichten en dat Nederland zich voorbereidt op eigen recyclingcapaciteit. Echter, vooralsnog verlaten de kostbaarste metalen nog steeds richting buitenlandse verwerkers; vaak buiten Europa (Oost-Azië).

Het uitblijven van groei van Nederlandse bedrijven die zich richten op *material recovery* en *raffinage* komt doordat er in 2025 nog geen verplichte recyclingdoelen zijn en geen lokale/regionale batterijcelproductie aanwezig is. In Azië worden deze processen vaak gecombineerd, zodat herwonnen materiaal direct ingezet wordt in productie.



Figuur 4 Ecosysteem NL van organisaties actief in recycling en levensduurverlenging van batterij(system)en. Bron: J. Kes, ARN.



Figuur 5 Indicatie aantal bedrijven actief en aantal medewerkers werkzaam in thema circulariteit. Multifcous zijn bedrijven die zich primair bezighouden met andere activiteiten dan circulariteit in de batterijsector.

Inzameling & voorbehandeling (battery collection)
Voor inzameling en verwerking van batterijen bestaat uitgebreide producentenverantwoordelijkheid. Nederland heeft via Stibat (inmiddels opgegaan in Stichting OPEN) al decennialang een fijnmazig systeem voor het inzamelen van huishoudelijke batterijen. Voor grotere accu's zorgt ARN voor de inzameling en verwerking van afgedankte EV-batterijen.

Ontladen & demonteren (discharging and dismantling):
Een belangrijke tussenstap is het veiligstellen van defecte batterijen. Inmiddels beschikt Nederland over speciale faciliteiten om binnengekomen batterijpakketten te ontladen (energie eruit halen) en demonteren Firma's Van Peperzeel en SK-TES batterijen en maakt ze intern spanningsvrij voor verdere verwerking. De wijze van ontladen is overigens bepalend voor hoeveel materialen, zoals lithium, in de *black mass* overblijft.

Na ontladen worden batterijpakketten gedemonteerd tot op module- of celniveau door gespecialiseerde bedrijven. Er is anno 2025 in Nederland capaciteit om circa 10.000 ton EoL-batterijen per jaar te ontladen en te demonteren, verdeeld over meerdere spelers. Dit dekt een groot deel van de huidige en nabije toekomstige hoeveelheden – een sterke positie in de keten.

Recycling (Material recovery)
Dit is de zwakste schakel op dit moment. Er is in 2025 *nog geen* operationele faciliteit in Nederland voor het terugwinnen van batterijmaterialen. Momenteel houdt de Nederlandse keten dus op bij het *shredded* product ("black mass") dat overblijft na het vermalen van batterijen. Die zwarte massa, rijk aan metalen, wordt doorgaans geëxporteerd naar gespecialiseerde in Duitsland en België. Er zijn wél pilots en initiatieven in voorbereiding, bijvoorbeeld de elektrochemische extractie door WMC Group in Rotterdam.

Eind 2025 is het 4-jarige project CRM Lion gestart met Nth Cycle, Back to Battery, TNO, TU Delft, WMC en Eurofins. Het CRM Lion-project focust op het verbeteren van elektrochemische processen voor *black mass* productie en materiaalterugwinning. Het is duidelijk dat dit proejct niet kon plaatsvinden zonder een investering van 23 miljoen euro, waarvan meer dan de helft afkomstig is van het NGF.

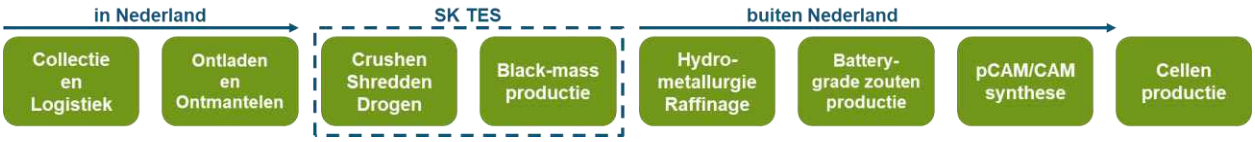
Levensduurverlenging (remanufacturing, reuse and repurposing)
Meerdere bedrijven in Nederland richten zich op levensduurverlenging van batterijen. Prominente voorbeelden zijn Refurb, NOWOS en Heskon.

Refurb Battery (sinds 2022) maakt hergebruik van lithium-ion cellen uit ingezamelde EV-accu's mogelijk. Batterijen krijgen een tweede of derde leven in circulaire energieopslagsystemen (CESS). Resultaten: >1 miljoen cellen hergebruikt; samenwerking met Accell, Stichting OPEN en Greenchoice. Met het doel om e-waste en CO_2-uitstoot te verminderen, inzet voor netcongestie-oplossingen.

Kennisinstellingen & coördinatie:
Ook publieke kennis- en coördinatieorganisaties spelen een rol. RIVM en NIPV zijn betrokken bij veiligheidsaspecten van batterijopslag en -recycling. Zij helpen bijvoorbeeld bij het opstellen van normen (PGS-37 voor veilige opslag van lithiumbatterijen) en adviseren gemeenten over locaties (waar kun je een recyclefabriek veilig vestigen). Daarnaast is er een platform Nationaal Consortium Circulaire Batterijen (NCCB) onder de Nationale Batterijalliantie dat kennisuitwisseling tussen bedrijven en kennisinstellingen bevordert.

Nederlandse positionering in Europa
Noemenswaardig is de recycling van EV-batterijen en productieafval bij SK-TES in Rotterdam. Gestart met 10.000 ton per jaar en is uit te breiden naar 20.000 ton per jaar. Resultaat: Inert crushing en vacuüm drying voor de terugwinning van lithium, kobalt en nikkel. Met het doel om de kringloop te sluiten door terugwinning van "black mass" voor nieuwe batterijen. SK TES is een mechanische recyclingsfaciliteit met een black-mass productie van 10,000 ton per jaar en met plannen om de capaciteit te verdubbelen.[11] Zij voeren geen hydrometallurgie, solvent extractie of cathode-materiaalproductie uit. Er worden gebruikte EV-batterijen, uit de handel genomen batterijen en scrap van batterijenproductie geaccepteerd voor crushing en vacuüm droging. Hierbij wordt black-mass geoogst (Li, Ni, Co, Mn). De geproduceerde black-mass wordt vanaf SK TES verscheept naar hydrometallurgische verwerkers buiten Nederland, vooral buiten Europa.

Onderstaande figuur geeft de positionering weer van SK TES binnen de keten van batterijenrecycling.



Voor het formuleren van nieuwe moonshots voor het Nederlandse batterijen ecosysteem is het van belang om de eventuele opschaling van recyclingcapaciteit goed in lijn te brengen met de realisatie van recyclingcapaciteit in de ons omringende landen. Belangrijk hierin is dat er voldoende zicht moet zijn op afnemers in Nederland of Europa van te herwinnen materialen, zoals producenten van pCAM (precursor cathode active material)

[11] New SK Tes Battery Recycling Facility Opens in Netherlands

7.2.1 Casestudies

Starter: Back to Battery[12]	Delftse onderneming heeft €350.000,- aan financiering ontvangen via UNIIQ's Vroegfasefinanciering. Hiermee kan het bedrijf een proefinstallatie bouwen voor hun methode om waardevolle grondstoffen uit gebruikte batterijen terug te winnen. Partners in dit project zijn onder andere InnovationQuarter, de TU Delft en BCC-NL. Back to Battery maakt gebruik van een geavanceerde hydrometallurgische techniek die draait om het terugwinnen van materiaal van batterijkwaliteit binnen een zero-waste proces. Hiervoor passen ze natte chemie toe —chemische reacties in vloeistoffen bij lage temperaturen—die zorgt voor een hoge zuiverheid. Volgens Back to Battery is het teruggewonnen materiaal gelijkwaardig aan nieuw geproduceerd materiaal. Belangrijke succesfactoren zijn onder meer: • Het intern hergebruiken van water en reagentia, • Het volledig vermijden van grote hoeveelheden nat afval zoals natriumsulfaat. Dit is opvallend omdat veel Li-ion processen juist veel van dit soort afval opleveren.
Groeier NOWOS[13]	Dit bedrijf houdt zich bezig met het repareren en onderhouden van lithium-ionbatterijen, en werkt aan een Europees netwerk van reparatiecentra om levensduurverlenging te versnellen en zo kosten en grondstoffen te besparen. Aanvankelijk richtte het bedrijf zich enkel op 'micro-mobility' producten zoals e-bikes, e-brommers en elektrische steps, maar tegenwoordig repareren ze ook batterijen voor onder andere vorkheftrucks, AGV's, energieopslagsystemen, elektrisch gereedschap, tuinelektronica, drones, robots en medische apparatuur. In april 2025 ontving NOWOS een investering van €6 miljoen via het Impact Venture Fund Shift4Good, met ondersteuning van de Nederlandse investeerders Fair Capital Impact Fund en het Goele Grutten Impact Fund. In 2024 repareerde NOWOS ongeveer 300 ton batterijen, verspreid over circa 100 verschillende modellen, wat neerkomt op zo'n 90.000 gerepareerde batterijen. Belangrijke succesfactoren voor NOWOS zijn onder meer: • Groeiende aandacht van consumenten voor levensduurverlenging van batterijen, • Toenemende materiaalkosten ten opzichte van arbeidsloon, • Contracten met vlootbeheerders zoals Swapfiets.
Stabiele factor Van Peperzeel	Van Peperzeel is een belangrijke schakel in Nederland voor het inzamelen, sorteren, opslaan en afvoeren van EoL-batterijen. Het bedrijf voert zelf geen *material recovery* en *refinery* uit, maar vormt de cruciale logistieke en sorteerlaag voordat EoL-batterijen naar gespecialiseerde recyclers worden gestuurd. Het bedrijf is essentieel voor de Nederlandse en Benelux-keten doordat het: • het grootste deel van de batterijstroom beheert, • alle nationale consumentbatterijen sorteert, • gespecialiseerde veiligheidsinfrastructuur biedt, • en Europese recyclers van correcte, gesorteerde stromen voorziet. Een belangrijke factor voor het bestaan van een bedrijf als Van Peperzeel is de wettelijke verplichting voor producenten om afgedankte batterijen, auto-onderdelen en elektrische apparaten in te zamelen en te laten sorteren. Beleid en wetgeving creëert hier een structurele behoefte aan professionele inzamelaars en sorteercentra.

[12] Zie: Back-to-Battery
[13] *NOWOS raises €6M in funding — Nowos*

7.3 Actuele ontwikkelingen rondom het thema

In deze sectie volgen we de actuele ontwikkelingen rondom het thema Circulariteit op de volgende onderwerpen:

1. Technologische ontwikkelingen
2. Marktontwikkelingen (vraagkant, aanbodkant)
3. Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen
4. Beleidsmatige ontwikkelingen
5. Positionering Nederland en/t.o.v. Europa
6. Duurzaamheid en circulariteit

Ad 1) Technologische ontwikkelingen

Het thema circulariteit kent twee hoofdlijnen qua technologie: recyclingtechnologie voor materiaalterugwinning en technologie voor levensduurverlenging. Daarnaast spelen ondersteunende innovaties een rol, zoals digitalisering (batterijpaspoorten) en ontwerpvoorstellen (design for recycling).

Recycling

- Het Nederlandse landschap bevindt zich in een inhaal- en innovatiefase. Op recyclinggebied had Nederland traditioneel weinig eigen capaciteit, maar via onderzoek en pilots probeert men nu een sprong te maken door in te zetten op de nieuwste processen.
- BatteryNL-consortium (TU Delft, TU Eindhoven & Universiteit Twente) doet onderzoek naar veilige, duurzame batterijen met langere levensduur. Interface-engineering en dunne-filmtechnologie om degradatie te minimaliseren, waardoor batterijen beter geschikt zijn voor hergebruik en recycling.
- NXTGEN Hightech-programma (LeydenJar, E-magy & SALD ontwikkelt silicium-anodes en Atomic Layer Deposition (ALD) technologie. Hogere energiedichtheid en langere cycli, waardoor batterijen na eerste gebruik nog waardevol zijn voor hergebruik. Dit versterkt Nederlandse positie in hoogwaardige batterijmaterialen en verlengt bruikbaarheid.
- NWO & BCC-NL voeren nieuwe onderzoeksprogramma's uit voor circulaire batterijen. Ontwikkeling van natrium-ion en bulkbatterijtechnologieën, gericht op hergebruik en lange levensduur. Dit vermindert afhankelijkheid van kritieke grondstoffen en stimuleert tweede-leven toepassingen.
- <u>De opgave voor batterijenrecycling in Nederland is om te kiezen voor een technologie</u> die:
    - ofwel daadwerkelijk battery-grade materiaal oplevert en niet nog extra verwerkingsstappen nodig heeft voordat het kan worden toegepast in de productie van nieuwe batterijen;
    - danwel bewust kiest om geen battery-grade materiaal te produceren en de laatste verwerkingsstappen laat uitvoeren elders in Europa.

  Hydrometallurgische verwerking van 'black-mass' omvat veel stappen (leaching, onzuiverheden verwijderen, solvent extractie, precipitation) die een significante hoeveelheid zuren en neutraliserende chemicaliën vragen. Als voorbeeld wordt, door de klankbordgroep, het Amerikaanse bedrijf Li-Cycle aangehaald, wier zogenaamde *Hub facilities* speciaal ontworpen waren om *battery-grade* metaalzouten (nikkel, kobalt, lithium) te produceren voor gebruik in nieuwe batterijen. De intentie was om volledige verwerking on-site te doen en niet om half-fabrikaten te verschepen voor verdere verwerking. Dit is uiteindelijk niet gelukt omdat de laatste verwerkingsfaciliteit (voor de laatste processtap) niet meer gefinancierd konden worden. Voor het Nederlandse batterijen ecosysteem zijn hieruit lessen te trekken dat de moonshots voor 2030 niet alleen moeten gaan over de schaal van de recyclingcapaciteit in Nederland ten opzichte van de beschikbare hoeveelheid materiaal die vrijkomt. De moonshots zouden ook moeten gaan over onze positionering en ons concurrentievermogen ten opzichte van de schaal van nieuwe verwerkingsfaciliteiten in de ons omringende landen.
- <u>Overwegingen m.b.t. recycling technologie positionering voor Nederland:</u> Meer recente studies benadrukken technieken als "*advanced hydrometallurgy*" of "*direct recycling*", waarbij bepaalde

extractiestappen worden overgeslagen om kosten te besparen en/of om minder energie en chemicaliën te gebruiken. Deze technieken zijn meer in lijn met de EU-vereisten voor hogere terugwinningsefficiëntie (tot 95% Co/Ni/Cu, 80% Li in 2032). Hieronder geven we een kort overzicht op welke technieken Nederland zich zou kunnen richten in de context van de aansluiting op Europese ontwikkelingen.[14]

1. Geavanceerde hydrometallurgie – met lagere milieu-impact Hydrometallurgie is al wijdverspreid in Europa, maar nieuwere varianten op deze techniek verminderen de noodzaak voor bepaalde chemische input en verhogen de puurheid van het recyclaat. Met name in Duitsland zijn er verschillende initiatieven om *advanced hydrometallurgy* op te schalen: een low-chemical variant (Cylib, Tozero) en een lithium-first variant (Aurubis).

   Het CRM Lion project sluit eveneens op deze technologie aan. Het CRM Lion is relevant omdat in december 2025 reeds een beschikking is afgegeven vanuit het NPG. De specifieke focus van CRM Lion is de (door)ontwikkeling van innovatieve, modulaire en complementaire processen om metalen uit de 'black mass' (het batterijpoeder) te winnen, en tegelijkertijd minder chemicaliën, minder afval en een lagere CO_2 uitstoot te realiseren. Het CRM Lion project moet leiden tot een economisch rendabele installatie voor black-massproductie.

2. Hybride proces: mechanisch en milde hydrometallurgie: deze techniek combineert ontmanteling met mechanische voorbehandeling en minimale chemische input in de verdere verwerkingsstappen. In Duitsland wordt (via de Circularity Hub van RWTH Aaken) door verschillende consortia (Northvolt, EcoBat, SungEel) gewerkt aan de opschaling hiervan. Deze techniek vermindert energieverbruik, afvalwaterproductie en versimpelt het vergunningsproces.
3. Directe recycling Directe recycling behoudt actieve cathode materialen met minimale chemische verwerking en is daarmee een techniek met een lagere milieu-impact. Het voorkomt het oplossen van metalen en in plaats daarvan richt het zich op het hergebruiken van cathodische poeders. Fraunhofer (in Dld.) werkt aan de opschaling van directe recycling in het RecyLIB consortium met daarin Belgische, Franse en Duitse partijen.[15]
4. Elektrificatie. Technieken met een focus op electrificatie verminderen fossiele emissies als gevolg van verwarming tijdens het shredderen, thermische behandeling en leaching. Deze installaties maken gebruik van hernieuwbare energie om de CO_2 voetafdruk te verlagen. . In Nederland wordt met TNO gewerkt aan het Green Transport Delta waarin ze deze techniek verder ontwikkelen.

Levensduurverlenging:

- Verlengde levensduur maakt tweede-leven toepassingen aantrekkelijker voor stationaire opslag.
- Op gebied van levensduurverlenging zijn we *early movers* met een paar grote spelers, maar de schaal is nog beperkt; succes hangt hier ook af van economische factoren buiten de technologie. Wat opvalt is de integrale benadering: naast pure techniek investeert men ook in data-gedreven oplossingen (paspoorten, tracking) en in veilige werkwijzen (branddetectie, normen), zodat de hele keten efficiënter en veiliger wordt. Het is aannemelijk dat Nederland minimaal voldoet aan de nieuwe EU-doelen (zoals tegen 2030 ten minste 70-80% van alle materiaal uit batterijen terugwinnen) én zich, voorlopig via R&D en pilots, onderscheidt met slimmere, schonere processen voor recycling.
- Ten slotte zij opgemerkt dat “circular design” een overkoepelend technisch streven is: batterijproducten zo ontwerpen dat ze later makkelijk te recyclen of herbruikbaar zijn. Hierover adviseren Nederlandse experts in Europese gremia. Bijvoorbeeld door het vermijden van bepaalde moeilijk te scheiden materialen (sterke lijmen of mix-metalen) in de constructie, of het modulair ontwerpen van packs. Dit is deels toekomstmuziek, maar wel belangrijk: de nieuwe EU-verordening zal fabrikanten verplichten rekening te houden met recyclebaarheid en gerecyclede content. Nederlandse partijen lopen hierin mee

[14] *Battery recycling in Europe continues to pick up speed: Recycling capacities of lithium-ion batteries in Europe - Fraunhofer ISI*
[15] *recyLIB | RECOVER, REINTEGRATE, REUSE - DIRECT RECYCLING OF LITHIUM-ION BATTERIES*

vooruit – bijvoorbeeld projecten waarin men al experimenteert met volledig kobalt- en nikkelvrije batterijontwerpen die later makkelijker circulair sluiten.

Ad 2) Marktontwikkelingen

Recycling

- *De businesscase van recycling lijkt vanaf 2030-2040 robuuster te worden* door wetgeving (producenten zullen moeten betalen voor recycling via EPR-systemen, waardoor recyclers inkomsten verzekerd zijn). Die van second-life blijft fragiel: het is nu rendabel in niches en kan geholpen worden door stimulansen (bijv. CO_2-credits, of een lagere milieubelasting voor hergebruik). De actieagenda raadt daarom aan scherp te evalueren waar second-life echt nuttig en duurzaam is, en daar de condities te scheppen om het te bevorderen, maar ook eerlijk te onderkennen waar het onrendabel dreigt te worden. Het zou bijvoorbeeld contraproductief zijn om koste wat kost in te zetten op second-life als de markt en technologie tegenzitten; in dat geval moet recycling voorrang krijgen.
- *Aan de voorzijde van de afvalketen is de infrastructuur voor inzameling en pre-processing grotendeels op orde*. Gespecialiseerde bedrijven hebben gecertificeerde opslaglocaties voor afgedankte lithiumbatterijen, waar zij tijdelijk veilig kunnen worden bewaard. Ook voor transport van defecte batterijen zijn er speciale containers en verpakkingen beschikbaar via partijen als Eurobox en Van Peperzeel.
- *Voor het ontladen en demonteren van batterijen zijn al installaties operationeel*. Deze capaciteit is nog niet grootschalig industrieel, maar wel groeiende en toereikend voor de huidige volumes. De verwachte volumegroei vraagt een forse opschaling van infrastructuur: In 2023 werd er nog ~800 ton/jaar EoL-batterijen (li-ion) afgedankt, richting 2030 is dit ~11.500 ton/jaar. Dat is een meer dan factor 10 toename. De inzamel- en demontageketen moet dat aankunnen, met geleidelijke uitbreiding bij bestaande bedrijven. Om veilig, betaalbaar en circulair te kunnen opschalen is innovatie gewenst op geautomatiseerde demontagetechnologie en snelle SoH/SoC-diagnose. Eventueel kan gedacht worden aan optimalisatie/standaardisatie van logistieke en opslaginfrastructuur en aan de voorkant moet blijvend gestuurd worden op modulaire, demonteerbare batterijontwerpen (hier helpt de EUBR bij).
- *Recycling-infrastructuur (material recovery) ontbreekt nog*. Er is wel enige shreddercapaciteit die EoL-batterijen tot black mass verwerkt, maar de chemische extractie gebeurt over de grens. Ad1 bespreekt de overwegingen over wat wél en wat niet voor Nederland passend is.
- *In 2026 wordt de eerste installatie van WMC Group verwacht.* Deze recyclinginstallatie (nog wel op kleine schaal) zal de eerste in zijn soort zijn in Nederland. Een specifiek technisch aandachtspunt is de terugwinning van lithium en grafiet. In veel bestaande recyclingprocessen worden kobalt en nikkel al met hoge efficiëntie (>95%) teruggewonnen, maar lithium wordt vaak (gedeeltelijk) niet herwonnen omdat het economisch minder loont of technisch lastiger is. Nederlandse R\&D focust juist op het verbeteren van lithiumextractie, mede omdat lithium een kritieke grondstof is waar zonder recycling tekorten dreigen. Succesvolle innovaties op dit vlak (bijv. een proces dat >90% van lithium recyclet) zouden een grote doorbraak betekenen.

Levensduurverlenging

- EV-batterijen worden vaker hergebruikt in stationaire toepassingen zoals buurtbatterijen en mobiele energiecontainers. Bedrijven leveren vaker systemen voor bouwplaatsen en evenementen, gebruikmakend van batterijen uit recalls en testauto's.[16] Een hergebruikte (EV-)batterij (met zeg 70% restcapaciteit) kan nog jaren mee als stationaire opslag. In kleinschalige projecten bewijst dit zich al. Levensduurverlenging zal naar verwachting een wat kleinere, maar meer opportunistische rol spelen: nuttig als tijdelijke overbrugging en in bepaalde nichemarkten waar het net past. Er is een sterk synergie-aspect: *heavy-duty* en netbeheerders (thema's 2 en 3) kunnen "launching customers" zijn voor initiatieven t.b.v. levensduurverlenging, terwijl de materialen uit recycling weer input zijn voor NextGen

[16] *"De vraag naar batterijsystemen zal alleen maar groeien" | RVO.nl*

batterijen (thema 1). Marktontwikkeling in circulariteit staat dus niet op zichzelf maar haakt in op de bredere batterijmarkt en beleidskaders.

- *Bedrijven, bewoners en netbeheerders zoeken oplossingen voor netcongestie*. Batterij-opslag, inclusief hergebruikte batterijen, wordt vaker benut als een oplossing om piekbelasting te verminderen en flexibiliteit te bieden.
- *Opschaling van batterij-opslagmarkt van <500 MWh in 2023 naar 1,5 GWh in 2025*, met een sterke rol voor achter-de-meter oplossingen (bedrijven en huishoudens). Grootschalige projecten en utiliteitsopslag nemen toe, maar ook refurbished batterijen worden geïntegreerd in deze systemen.
- *Leveranciers ontwikkelen verdienmodellen voor tweede-leven batterijen*, zoals energiehandel en peak-shaving. Slimme software voor dynamische tarieven maakt hergebruik aantrekkelijker voor consumenten en bedrijven. Daarbij gelden de volgende uitdagingen:
    - *Efficiëntie en standaardisatie*: Een grote uitdaging is dat second-life qua financiële haalbaarheid moeilijk is als nieuwe batterijen goedkoop worden. Technische innovaties richten zich daarom op kostenreductie per kWh hergebruikte batterij. Dit kan via automatisering, maar ook via standaardisatie: bijvoorbeeld als auto's in de toekomst modules hebben die gemakkelijk uitneembaar en herbruikbaar zijn, scheelt dat enorm in de refurbishing-kosten. Nederland pleit daarom op EU-niveau voor "circular design" principes die ook second-life faciliteren (bv. gestandaardiseerde modulengrootten, minder verlijming). Hoewel dat ontwerpvraagstuk primair bij de producenten ligt (thema NextGen en Heavy Duty), levert de circulariteitscommunity input om batterijen "second-life ready" te maken.
    - *Veiligheid*: Technisch gezien is de veiligheid van hergebruikte batterijen een aandachtspunt. Innovaties in sensortechnologie spelen hierop in: denk aan sensoren voor vroege gasdetectie bij *thermal runaway* in opslagfaciliteiten of slimme brandpreventiesystemen voor gebruikte accupakketten. Ook tracking via het digitale Batterijpaspoort gaat helpen: dit EU-batterijpaspoort zal voor elke batterij alle relevante data bevatten (chemie, productie, gebruikshistorie). Nederlandse IT-bedrijven (bijv. Circularise) werken mee aan systemen om die paspoortdata effectief te benutten. Met goede data kun je beter beoordelen welke batterijen veilig opnieuw ingezet kunnen worden en welke niet.
- *Markt voor tweede-leven batterijsystemen kampt met onzekerheden:*
    - Voordelen: Een hergebruikte EV-batterij (met ~70% restcapaciteit) kan nog jaren mee als stationaire opslag. In nicheprojecten bewijst dit zich al (bijv. ArenA). Second-life accu's zijn vaak goedkoper dan nieuwe per kWh, omdat ze anders afval zouden zijn. Dit kan aantrekkelijk zijn voor toepassingen waar ruimte geen probleem is en kosten wel, zoals netwerk stationaire opslag of tijdelijk buffers.
    - Nadelen: De prijs van nieuwe batterijen daalt nog steeds. Tegen de tijd dat een accu tweedehands beschikbaar is, is een gloednieuwe accu van vergelijkbare capaciteit goedkoper en beter (nieuwe cellen hebben continue verbeteringen). Hierdoor kan het economisch onaantrekkelijk worden om te hannesen met oude batterijen. Bovendien nemen tweedehands accu's meer ruimte per kWh in (want minder capaciteit over), wat voor sommige toepassingen een nadeel is.
    - De verwachting is daarom dat second-life vooral tijdelijk en selectief toegepast zal worden: batterijen die nog relatief jong/goed zijn krijgen hergebruik, rest gaat richting recycling. Naarmate 2030 nadert en recyclingquota en grondstofprijzen stijgen, zou second-life marktaandeel weer kunnen afnemen zoals de agenda stelt.
    - Dit betekent echter niet dat second-life verdwijnt: bepaalde sectoren kunnen er nadrukkelijk om vragen. Zo hebben automerken als Renault en Nissan second-life diensten opgezet, deels voor een groen imago en om extra waarde uit hun producten te halen. Voor sommige (grote) batterijen, zoals uit elektrische bussen, kan een tweede toepassing als stationaire opslag in een depot of gebouw nog 5-10 jaar levensduur toevoegen – een aantrekkelijke propositie als de logistiek goed georganiseerd is. In Nederland kijken netbeheerders en energiebedrijven ook

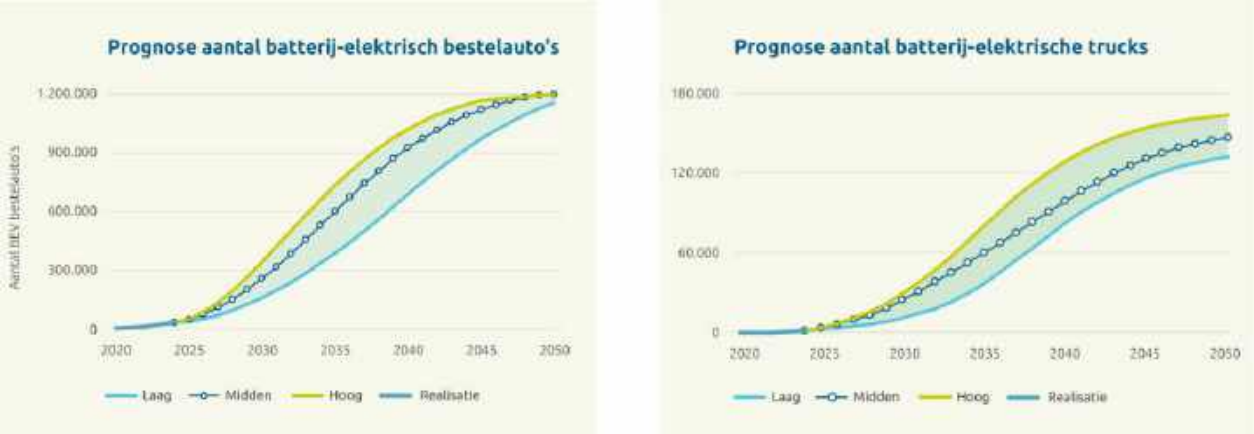
serieus naar second-life als een potentieel goedkoper alternatief voor nieuwe opslag om netcongestie te verminderen. Wel stellen zij veiligheidseisen: zonder duidelijke certificering zullen zij het niet grootschalig inzetten. Standaarden op dit gebied worden nog ontwikkeld.

- Nederlandse bedrijven breiden hun capaciteit uit om EV-batterijen te testen, sorteren en samen te stellen tot nieuwe systemen. Dit speelt in op Europese eisen voor circulariteit en het batterijpaspoort.
- De Nederlandse strategie zal recycling én levensduurverlenging moeten faciliteren – én zorgen dat we onze *fair share* van de waarde naar ons toe trekken. Zonder eigen recyclingfaciliteit verdwijnt in ieder geval de financiële opbrengst naar het buitenland, en zonder aandacht voor levensduurverlenging missen we kans op extra gebruikswaarde en CO_2-winst.

Ad 3) Maatschappelijke en (geo)politieke ontwikkelingen

- Verwachte hoeveelheid te verwerken batterijen in Nederland: Uit gecombineerde gegevens van Stibat (inmiddels Stichting OPEN), EPAC en ARN blijkt dat het in 2023 ingezamelde volume end-of-life Li-ion batterijen circa 800 ton bedroeg, nog voornamelijk draagbare- en fietsbatterijen. Deze hoeveelheid zal in 2030 naar verwachting oplopen tot 11.500 ton, met een substantieel groter aandeel EV-batterijen. Van parallelle import van EV's, industrieel gebruik van batterijen en van stationaire energieopslag batterijen is vrij weinig bekend en zou hieraan toegevoegd moeten worden om het feitelijke circulair en recycling potentieel te completeren.[17]

- De prognose voor het aantal batterij-elektrische bestelauto's en trucks in 2030 – 2050 is



Figuur: Prognose aantallen batterij-elektrische bestelauto's en trucks

- *Stroom EoL-stroom groeit snel en oplossingen voor (hoogwaardige) verwerking zijn noodzakelijk:*
  - In de huidige mix (2025) bestaat het gros van de EoL-batterijen uit kleinere accu's: consumentenelektronica (telefoons, laptops), e-bikes en eerste elektrische auto's. De echte grote golf van EV-batterijen komt later; veel EV's van na 2015 zullen pas rond 2030–2035 massaal vervangen worden. Toch zien we nu al een toename door de eerste hybride/EV's die na ~8-10 jaar een nieuwe batterij nodig hebben.
  - Belangrijk is dat tot 2030 de volumes nog geleidelijk groeien (maar wel al ordergrootte tienduizenden stuks EV-accu's cumulatief). Na 2030 wordt een exponentiële stijging verwacht als de EV-markt volledig mainstream is geworden en vroege modellen end-of-life raken.

[17] *R045-rapport-verkenning-batterijen-circulariteit.pdf p.27*

- Naast mobiliteit zijn er ook industriële batterijen (denk aan UPS-systemen, heftruckbatterijen) die vrij gaan komen. Die zijn qua volume kleiner in aantal, maar qua gewicht per stuk fors, dus ook relevant voor de tonnages.
- Samengevat: de "grondstofstroom" voor recycling zal de komende 5 jaar elk jaar nieuw recordhoogte bereiken. Dit is gunstig voor recyclingbedrijven (meer supply), maar het betekent ook dat tot 2030 de volumes wellicht net onder de efficiëntieschaal van een gigafabriek blijven. Dit nuanceert dat een Nederlandse fabriek mogelijk pas tegen eind jaren '20 op full capacity draait als de echt grote EV-hoeveelheden binnenkomen.

Ad 4) Beleidsmatige ontwikkelingen

- *Critical Raw Materials Act: behoud van materiaal voor Europa* In plaats van het behouden van materiaal voor Nederland, kunnen nieuwe moonshots voor recycling ook geformuleerd worden in termen van 'behoud voor Europa'. De beleidsdoestellingen[18] in de EU, wat betreft *critical raw materials* (CRM), streven naar Europese autonomie, niet naar nationale autonomie. Black-mass, geproduceerd in Nederland, zou bijvoorbeeld elders in Europa naar battery-grade opgewerkt kunnen worden en vervolgens weer elders in Europa toegepast kunnen worden in cellenproductie.
- *De EU Battery Regulation* schrijft voor dat nieuwe batterijen over een paar jaar een minimumpercentage gerecycled metaal moeten bevatten, oplopend naar 2030 en 2035 (bijv. in 2030 minstens 4% van het lithium en 12% van het kobalt van recyclaat, enz.). Dit creëert verplichte vraag naar gerecyclede materialen. Fabrikanten zullen actief op zoek gaan naar voldoende gerecyclede Li, Co, Ni om aan die quota te voldoen. Ergo, richting 2030 ontstaat er een vrijwel gegarandeerde markt voor hoogwaardige gerecyclede batterijgrondstoffen. Het is zelfs waarschijnlijk dat er een tekort aan recyclaat zal zijn EU-breed, gegeven het sterke groei van batterijproductie. Dit betekent dat als Nederland erin slaagt een recyclinginstallatie te bouwen, de afzet van de output geen probleem zal zijn – integendeel, het zal zeer gewild zijn. Dit haalt een deel van het marktrisico weg: investeringen in recycling kunnen rekenen op toenemende vraag en gunstige prijzen voor secundaire metalen door deze regelgeving.
- *Buiten de batterijsector is er ook algemene vraag naar metalen als kobalt, nikkel en koper* voor andere industrieën (staal, elektronica). Gerecyclede materialen kunnen soms daarheen, maar het streven is natuurlijk om ze terug te laten vloeien in nieuwe batterijen, zeker met het oog op die verplichte content.

Ad 5) Positionering Nederland en/t.o.v. Europa

- *Op recyclinggebied is de 'markt' zeer internationaal*. Grote spelers als Umicore (België), Northvolt (Zweden, met recyclingdivisie) en Redwood Materials (VS) investeren honderden miljoenen. Als Nederland een eigen faciliteit bouwt, zal deze moeten concurreren of zich specialiseren om een niche te vullen. Een mogelijk voordeel dat Nederlandse innovaties nastreven is bijvoorbeeld een proces dat beter lithium terugwint of een lagere milieu-impact heeft – daarmee kunnen we klanten trekken die behalve prijs ook duurzaamheid waarderen.
- *Voor second-life is de concurrentie vooral indirect*: de concurrent is de producent van een nieuwe batterij. Hier kunnen beleidsmaatregelen het verschil maken (bv. verplicht percentage hergebruik in bepaalde toepassingen, of extra punten in aanbestedingen voor hergebruik). Ook samenwerking met OEM's is van belang: als Nederlandse partijen samen optrekken met voertuigfabrikanten om hun afgedankte batterijen te verwerken, kan dat een stabiele toevoer en afzet geven. Daarbij is op EU-niveau autonomie in grondstoffen een politiek doel, dus second-life en recyclingprojecten krijgen wind in de rug vanuit het streven naar onafhankelijkheid van Aziatische batterijen.

[18] *Benchmarks for **domestic capacities** along the strategic raw material supply chain to be reached by 2030: **10%** of the EU's annual needs for extraction; **40%** for processing and **25%** for recycling. No more than **65%** of EU's annual needs of each strategic raw material at any relevant stage of processing should come from a single third country.*

7.4 Moonshots: progressie en relevantie

In deze paragraaf kijken we in hoeverre de huidige moonshots passen (relevantie) bij de huidige status van het Nederlandse ecosysteem en in hoeverre de huidige moonshots ook zijn bereikt c.q. op koers liggen voor 2030.

Moonshot 2022 (doelstelling)	Voortgang per 2025	Relevantie anno 2025
2025: Keten organiseren (inzameling, registratie, ontladen) en pilots met EoL-strategieën (recycling en hergebruik)	Gedeeltelijk bereikt: Inzameling, registratie en ontladen geregeld – systemen als Stichting OPEN/ARN functioneren goed en ontlaadstations zijn operationeel. Echter, een pilot voor daadwerkelijke recycling is nog niet operationeel in 2025. Wel zijn er concrete plannen; verwachting is een eerste installatie in 2026.	Zeer relevant: Het organiseren van de keten is de basis gebleken voor verdere stappen. Dankzij de geleverde inspanning staat NL klaar om de stroom EoL-batterijen aan te kunnen. Het uitblijven van een recyclingpilot tot nu toe onderstreept dat extra inzet nodig blijft om de laatste schakels te vullen.
2030: Volledig circulaire batterijketen in NL (sluitende inzameling, hoogwaardige recycling, brede hergebruikstoepassing)	N.v.t. (toekomst): Deze lange-termijn ambitie is nog niet bereikt; Nederland heeft eind 2025 nog geen "closed loop" recycling. Wel zijn alle bouwstenen in ontwikkeling (wetgeving, pilots, consortia). Er is ook geen grootschalige faciliteit in het vooruitzicht. Er is significante voortgang nodig komende jaren om 2030-doel te halen.	Onzeker: Gezien EU-verplichtingen (25% kritieke materialen uit recycling tegen 2030) is een sluitende keten eigenlijk een noodzaak. Maar het is onvoldoende duidelijk of Nederland hier zelf invulling aan moet geven, maar mogelijk beter kan samenwerken met (Benelux/Duitsland/EU) voor schaal.

Progressie

Vanaf 18 februari 2024 zijn de wettelijke eisen in de verordening officieel van toepassing in alle EU-lidstaten. Circulariteit staat in de verordening centraal. De Europese Commissie richt zich nu op de praktische uitwerking van de verordening, door diverse uitvoerings- en gedelegeerde handelingen in meer uitgewerkte regels om te zetten. Ook in het Nederlandse recht moeten bepalingen worden geïmplementeerd via een uitvoeringsbesluit. Het ontwerp van een uitvoeringsbesluit ter implementatie van de Batterijenverordening zal in het eerste kwartaal van 2025 aan de Kamer worden gestuurd.

Daarnaast is er blijvende inzet op het verbeteren van de producentenverantwoordelijkheid en het verminderen van batterijbranden bij afvalverwerkers. De Europese Batterijenverordening vormt een goed startpunt om tot circulaire batterijen te komen. Om te zorgen voor een goede invulling en uitvoering in de praktijk is er dit jaar gewerkt aan levensduurverlenging, het ontwikkelen van recyclingcapaciteit en innovatie om de hoeveelheid benodigde kritieke grondstoffen te verminderen. Zo worden Batterijen als productgroep uitgewerkt in de context van het Nationaal Programma Circulaire Economie en de Nationale Grondstoffenstrategie. Hiervoor is een expertteam geformeerd met vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven en wetenschap. Dit team ontwikkelt een routekaart op circulaire en weerbare batterijen, inclusief concrete stappen in samenwerking met de batterijensector. Dit wordt gedaan in samenhang met het dit jaar gestarte Nationaal Groeifonds (NGF)-programma Material Independence & Circular Batteries. Onder het NGF-programma wordt bijvoorbeeld materiaalraffinage en recyclingtechnologie ontwikkeld. Met de Voorjaarsnota 2024 zijn door de voormalig minister van Economische Zaken en Klimaat middelen toegekend om deze innovaties te ondersteunen.[19]

[19] https://open.overheid.nl/documenten/dpc-e08ce53bfe0036ba686530e309a96e1437731c1a/pdf

7.5 SWOT-analyse

Sterke punten – thema in Nederland
- Grote internationale havens
- Producentenverantwoordelijkheidsorganisaties (PRO's) die beheersystemen faciliteren voor draagbare batterijen, LMT-batterijen, EV-batterijen en SLI-batterijen
- Gediversifieerde en onafhankelijke R\&D-capaciteit
- Voorloper in logistiek voor end-of-life-inzameling
- Sterke materiaalkunde (o.a. TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente, TUM)
- Aanwezigheid van OEM's, scheepvaart- en transportsector

Zwakke punten – thema in Nederland
- Beperkte ruimte voor vergunde activiteiten
- Te veel betrokken organisaties (versnippering)
- Ontbreken van NTA/NEN-normen voor hergebruik
- Beperkte beschikbaarheid van feedstock (met name op lagere R-niveaus)
- Kennis bij bevoegde autoriteiten is aanwezig, maar er ontbreekt landelijke, gedeelde kennis
- Netcongestie en beperkte beschikbaarheid van elektrisch vermogen
- Geen PRO voor industriële batterijen

Kansen voor thema in Nederland
- Uitgroeien tot EU-hub voor grondstoffen (grondstoffenrotonde)
- Industriële transitie van lineair naar circulair
- Herinrichting van de waardeketen voor black mass
- Regulatoire experimenteerruimte voor EU-kritieke materialen
- First-mover-voordeel in nieuwe circulaire waardeketens

Bedreigingen voor thema in Nederland
- Het optreden van marktpartijen die afwijken van regelgeving en veiligheidsvereisten kan leiden tot reputatie- en veiligheidsrisico's voor de sector actief in levensduurverlenging. Dit ondermijnt de positie van bedrijven die conform vastgestelde, auditeerbare normen opereren en structureel investeren in kwaliteit en veiligheid. Ook omdat het nog ontbreekt aan standaarden en handhaving op regelgeving
- Buitenlandse import van nieuw materiaal drukken toepassingen t.b.v. levensduurverlenging weg (ondanks kwaliteitsgaranties voor hergebruikte producten van verschillende generaties)
- Industrie kan grote afvalvolumes nog niet volledig verwerken; volumes zijn nog in ontwikkeling
- Materialen zijn niet goed te volgen tijdens de gebruiksfase

7.6 Belangrijkste conclusies thema 5

Belangrijkste succesfactoren

Uit de evaluatie van thema circulariteit komen verschillende sterke punten en succesfactoren naar voren die het Nederlandse ecosysteem goed op weg helpen:
- Sterke inzamelstructuur: Nederland profiteert van bestaande inzamelsystemen voor producentenverantwoordelijkheid (Stichting OPEN voor draagbare batterijen, fietsbatterijen en kleine industriële batterijen <1kg en ARN voor EV-batterijen en scooterbatterijen). Deze head-start maakt effectieve inzameling van EoL-batterijen mogelijk. Voor grote industriele batterijen bestaat geen collectief systeem
- Voorop in pre-processing**:** NL heeft tussen de 5 en 15 kton ontlaad- en demontagecapaciteit (via Van Peperzeel en SK-TES). Zonder veilige ontmanteling kan recycling niet starten; NL beschikt over kennis en faciliteiten om op te schalen.

- Integraal ketendenken**:** Circulariteit wordt als ketenvraagstuk benaderd. BCC-NL verbindt industrie, kennisinstellingen en overheid. Dit ecosysteem voorkomt geïsoleerde ontwikkeling en bevordert een sluitende waardeketen.
- Europese beleids- en regelwind mee**:** EU-regels (EUBR, CRMA) maken circulaire modellen rendabeler en creëren een level playing field. Nederland heeft actief invloed uitgeoefend en profiteert van vastgelegde koers richting circulariteit.
- Innovatieve pilots en kennis**:** NL werkt aan frontier-technologieën (elektrochemische en directe cathode recycling) en levensduurverlenging. Dit innovatieklimaat vergroot de kans op eigen nichetechnologie en vermindert afhankelijkheid van buitenlandse oplossingen.

Belangrijkste knelpunten

Naast de sterke punten zijn er duidelijke knelpunten en zwaktes geïdentificeerd:

- Strategisch onafhankelijkheid voor Nederlandse keten blijft uit: Ondanks inzameling verlaat waardevolle *black mass* NL, waardoor strategische winst uitblijft. Eigen raffinage is noodzakelijk om afhankelijkheid te verminderen.NL mist een eigen *material recovery* faciliteit en blijft afhankelijk van het buitenland. Dit gaat ten koste van controle; een fabriek is cruciaal om, in eigen land, echt circulair te worden. Dat er geen recycling is heeft grotendeels te maken met de volgende punten.
- Onvoldoende schaal en feedstock: Omdat de huidige volumes voor recycling nog te laag zijn voor een rendabel businessmodel, is privaat kapitaal lastig aan te trekken. Om de periode tot de verwachte EV-hausse in 2035-2040 te overbruggen en een strategische positie voor Nederland te realiseren, is rijkssteun essentieel. Via instrumenten zoals het NGF, risicodragend kapitaal (converteerbare leningen) en indirecte steun kan de overheid de nodige strategische positie in de circulaire keten veiligstellen.
- Vergunningen en regelgeving: Procedures zijn traag en complex (milieu- en veiligheidsnormen zoals PGS37). Lange doorlooptijden kunnen investeringen afremmen of naar het buitenland verplaatsen.
- Onzekere businesscase toepassingen levensduurverlenging: Bedrijvigheid rondom levensduurverlenging is commercieel fragiel, waardoor investeringen uitblijven. Veel blijft op kleinschalig niveau en het is onduidelijk of toekomstige strengere regelgeving t.a.v. productveiligheid en marktconformiteit leidt tot een businessmodel die concurrerend is met nieuwe producten. De activiteiten m.b.t. levensduurverlenging van batterij(system)en uit consumentenelektronica, zoals e-bikes, zijn mogelijk wel kansrijker.

7.7 Bouwstenen voor herijking actieagenda

Om de doelen te realiseren, zijn de volgende concrete acties en maatregelen aanbevolen in de herijking actieagenda:

- Verbeteren inzicht (vnl. bij industriële batterijen) in feedstock voor meer transparantie en bewustwording:
  Het is essentieel om een duidelijk beeld te krijgen van waar, wanneer en in welke samenstelling (bijvoorbeeld LFP of NMC) EoL-batterijen beschikbaar komen. Dit omvat inzicht in restwaarde, resterende capaciteit en herkomst uit verschillende sectoren. Hoewel bij EV-batterijen (via ARN) en SLI- en LMT-batterijen in consumentenelektronica (via Stichting OPEN) al goed zicht is op de staat van batterijen, ontbreekt dit overzicht bij industriële batterijen. Meer inzicht maakt betere voorspellingen, investeringsbeslissingen en marktontwikkeling mogelijk. Meer inzicht maakt betere voorspellingen, investeringsbeslissingen en marktontwikkeling mogelijk.

- Structurele ondersteuning en versnelling van recyclingcapaciteit
  Om richting 2030 voorbereid te zijn, moet Nederland investeren in infrastructuur voor material recovery en refinery. Dit vraagt om structurele financiële ondersteuning, bijvoorbeeld vanuit het groeifonds. Ook moet Nederland voorbereid zijn op zowel EoL als eventueel productieafval van productie van NextGen batterijen. De beschikbaarheid van feedstock is op korte termijn beperkt, waardoor een lange adem

nodig is. Door co-siting en clustering kan richting 2040 een volwaardig ecosysteem ontstaan waarin recyclingbedrijven, overheid en industrie samenwerken aan een toekomstbestendige batterijketen. Structurele ondersteuning kan onder meer worden gefaciliteerd door:

- Verhoog investeringen in recyclingfabriek: Richt samen met private partijen een programma of fonds op voor een recyclinginstallatie in NL, aansluitend op de al aanwezige initiatieven in het NGF zoals het project CRM Lion. Dit kan via een tender of publiek-privaat consortium met steun van RVO/InvestNL. Zet in op state-of-the-art technologie (bijv. elektrochemische processen) om internationaal concurrerend te zijn. Gezien de zwakke businesscase in de eerste jaren kan de overheid garant staan, mede-investeren of een minimumtarief garanderen voor teruggewonnen metalen.

- Recyclingcapaciteit goed in lijn brengen met de realisatie van recyclingcapaciteit in de rest van Europa. De opgave voor batterijenrecycling in Nederland is om te kiezen voor een technologie die:
  - ofwel daadwerkelijk *battery-grade* materiaal oplevert en niet nog extra verwerkingsstappen nodig heeft voordat het kan worden toegepast in de productie van nieuwe batterijen,
  - danwel bewust kiest om geen *battery-grade* materiaal te produceren en de laatste verwerkingsstappen laat uitvoeren elders in Europa.

  In beide gevallen zal er sprake zijn van een financieringsuitdaging: het is aannemelijk dat een faciliteit het eerste decennium financieel niet zelfstandig kan opereren. Eerder in dit hoofdstuk zijn verschillende recyclingtechnieken genoemd die interessant zijn voor Nederland. In Nederland zijn er initiatieven, maar nog niet op commercieel niveau. We raden aan om deze technieken te toetsen en vast te stellen welke voor Nederland het meest geschikt is/zijn, rekening houdend met financiële haalbaarheid, technologische gereedheid (TRL), benodigde en beschikbare ruimte, en de belangstelling van bedrijven.

- Focus R&D op *material recovery* van kritieke materialen: Zorg dat aangesloten wordt op bestaande initiatieven uit het NGF en scherpe keuzes worden gemaakt voor de meest kansrijke initiatieven en niet ieder recyclinginitiatief honoreert. Innovaties op schone en duurzame technologieën zouden criteria moeten zijn bij toekennen vergunning en ruimte. Organiseer bijvoorbeeld een ‘Moonshot’-challenge voor universiteiten en start-ups, met subsidies of *venture capital* als beloning. Dit versterkt materiaalzelfvoorziening en geeft Nederland een technologische voorsprong.

- Realiseer een Battery Circular Hub: Ontwikkel een geïntegreerde campus voor batterijcirculariteit, in samenwerking met Veiligheidsregio’s en industrie. Cluster faciliteiten zoals recycling, demontage, testcentra en mogelijk productie van cathodemateriaal uit recyclaat.”. Betrek veiligheidsdiensten vroegtijdig voor soepele vergunningen. Zo’n hub versterkt internationale zichtbaarheid.

- Versnel vergunningen en regelruimte: Creëer een versneld vergunningspad voor batterijrecyclingprojecten, vergelijkbaar met regelingen voor wind- en zonneparken. Identificeer geschikte locaties en bied Rijksprojectstatus voor kortere doorlooptijden. Stel experimenteerregelingen in voor pilots, inclusief tijdelijke ontheffingen voor opslag van afvalstoffen voor R\&D. Proactieve regelgeving voorkomt dat projecten uitwijken naar het buitenland.

- Stimuleren van levensduurverlenging
  Er is behoefte aan (Europese) protocollen, certificering en standaarden voor BMS en EMS-toepassingen om levensduurverlenging te ondersteunen. Ook is uitbreiding van testcapaciteit noodzakelijk, zodat gerepareerde/gereviseerde batterijen veiliger, betrouwbaarder en commercieel aantrekkelijker kunnen worden ingezet.

Laat overheid en (semi)publieke instanties *launching customers* zijn voor tweedehands batterij(system)en, bijvoorbeeld bij netbeheerders of noodstroomvoorzieningen. Ontwikkel een keurmerk voor *refurbished* batterij(system)en om veiligheid te borgen en drempels te verlagen. Ondersteun initiatieven voor levensduurverlenging tijdelijk: zodra batterijen niet rendabel her te gebruiken zijn, krijgt recycling prioriteit.

- Stimuleren van substitutie van kritische materialen
  Om de autonomie van Nederland te vergroten, is het essentieel dat de overheid blijvend inzet op een geïntegreerde aanpak die materiaal- en ontwerpinnovatie verbindt met het thema circulariteit: Dit vraagt om gerichte R&D-investeringen in alternatieve batterijchemieën — zoals silicon-anodes, natrium-ion, geoptimaliseerd LFP en solid-state varianten — die minder of geen kritieke grondstoffen vereisen. Hiervoor kan geput worden uit de thema's NextGeneratie en batterijsystemen voor netondersteuning.

  Nederland dient hierin haar kennisbasis te benutten door onderzoeksfaciliteiten (TNO, Holst Centre, de TU's en start/scale-ups) te ondersteunen en pilots te stimuleren, zodat nieuwe materialen en ontwerpen sneller naar industriële toepassing kunnen opschalen en eenvoudiger invulling kan worden gegeven aan het thema circulariteit. De EUBR en eisen t.a.v. voor design-for-reuse/repair, CO_2-footprintnormen en materiaalpaspoorten helpen hierbij.

8 Organisatie en governance Nederlandse batterijenstrategie

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de organisatie en governance van de Nederlandse batterijenstrategie. Aan bod komen:

- Governance binnen de Rijksoverheid – paragraaf 10.1
- Het Battery Competence Cluster NL (BCC-NL) – paragraaf 10.2

8.1 Interdepartementale samenwerking Rijksoverheid

Vanuit de Rijksoverheid is interdepartementale samenwerking rondom de Nederlandse batterijenstrategie. Hiermee is in 2020 begonnen. Dit is in de tijd uitgegroeid tot elf ministeries die hierbij samenwerken en deelnemen een interdepartementale werkgroep. Daarmee is de batterijenstrategie uniek als onderwerp. Naast de ministeries bestaat de werkgroep ook uit andere organisaties, zoals de veiligheidsregio's (brandweer), RIVM, NVWA en provincies. Vier ministeries trekken de Nederlandse batterijstrategie:

- IenW – coördinator (bij elkaar brengen), veiligheid en circulariteit
- EZ (voorheen EZK en KGG) – versterken economische ontwikkeling ecosysteem en energiesysteem en netcongestie
- BHO (vallen onder BZ) - grondstoffenonafhankelijkheid

Beleid en verantwoording

De belangrijkste (beleids)documenten vormen de Actieagenda Batterijsystemen en de jaarlijkse kamerbrief[20] over de voortgang strategische aanpak batterijen. Om de doelstellingen van de strategische aanpak te bereiken zijn er vijf pijlers waarlangs diverse activiteiten worden ondernomen: (1) grondstoffen, (2) circulariteit, (3) veiligheid, (4) economische perspectieven en (5) het energiesysteem.

De urgentie van de Nederlandse batterijenstrategie is de afgelopen jaren groter geworden, omdat batterijen als sleuteltechnologie wordt beschouwd vanwege geopolitieke ontwikkelingen, verdienpotentieel van de sector en knelpunten in het Nederlandse energiesysteem. Het Draghi-rapport en het Wennink-rapport omtrent het veiligstellen van de economische positie en verdienvermogen van respectievelijk Europa en Nederland zorgen ook voor extra aandacht en urgentie voor de Nederlandse batterijenstrategie.

Wat gaat goed

- Er is een goede interdepartementale samenwerking met werkgroep die periodiek bij elkaar komt
- Er is een Rijksbrede visie: de Nederlandse batterijenstrategie
- Ondersteuning van het ecosysteem via BCC-NL (veel landen hebben dat niet) en NGF

Wat kan beter

- Automatisch afstemmen en samenwerking zoeken rondom initiatieven/projecten met batterijen is nog niet gemeengoed bij de ministeries. Het ecosysteem binnen de overheid kan nog beter functioneren. Een voorbeeld is de thuisbatterij: VRO gaat over de veiligheid daarvan en KGG kijkt naar rol in netcongestie. De aanpak blijft zo gefragmenteerd. IenW neemt dan het initiatief om een uniforme visie voor thuisbatterijen te vormen.
- Er zijn activiteiten rondom batterijen die binnen de Rijksoverheid plaatsvinden buiten het zicht van IenW om. Dan kan een integrale aanpak onvoldoende ondersteund worden.
- De aansluiting op Europese initiatieven vanuit de Nederlandse overheid kan beter. Dat geldt bijvoorbeeld voor het binnenhalen van Europese fondsen. Over het algemeen doet Nederland het goed op dat vlak, maar specifiek voor batterijen blijft dat achter.

[20] *Bron: IenW, 2025. Kamerbrief Voortgang strategische aanpak batterijen 2025.*

- De interne coördinatie en vertegenwoordiging van Nederland in Europa kan beter. Er loopt veel in Brussel op vlak van batterijen. Daar is momenteel nog niet voldoende zicht op.

Hoe verder richting 2030

- Verdere Europese aansluiting krijgen om nieuwe technieken toe te passen. Waardeketen batterijtechnologie in Europa dekkend krijgen.
- Netcongestie is kans en uitdaging. Dit is een aanjager in Nederland voor de ontwikkeling van opslagtechnologieën.
- Ontwikkeling veiligheidsbeleid. Iedere transitie kent nieuwe veiligheidsrisico's. Een overheid moet daar goed op inspelen (bewustwording/voorlichting, wet- en regelgeving).
- Inzetten op duurzame batterijen. Dit draagt niet alleen bij aan het behalen van de klimaatdoelstellingen, maar creëert ook kansen om als Europese batterijwaardeketen onderscheidend te zijn. Juist bij het opzetten van nieuwe activiteiten is er een kans om deze via het principe van SSbD in te richten, zodat vervelende verrassingen achteraf worden voorkomen.

8.2 Battery Competence Cluster NL

In de actieagenda uit 2022 is opgenomen een duurzame programmastructuur te op te zetten om de lange termijn ambities te realiseren: BCC-NL. Dit om niet enkel afhankelijk te zijn van projectafhankelijke financiering en in-kind bijdragen vanuit de samenwerkingspartners. Het BCC-NL is een publiek-private, non-profit ecosysteemorganisatie die is ingericht ter ondersteuning van én medeverantwoordelijk is voor de uitvoering van de Nederlandse batterijenstrategie zoals vastgelegd in de Actieagenda Batterijen. De organisatie draagt bij aan het structureren en versnellen van samenwerking tussen bedrijven, kennisinstellingen en overheden en fungeert daarbij als schakel tussen beleidsdoelstellingen en concrete uitvoering.

Oprichting BCC-NL

Het Battery Competence Center (BCC) is opgericht in 2021 in de Brainport regio als een regionaal initiatief met als doel de Nederlandse batterijsector te versterken. Als doel vanuit de actieagenda is dit opgeschaald naar het landelijke Battery Competence Cluster (BCC-NL). Dit platform bundelt kennis van bedrijven (zoals DAF en VDL), kennisinstellingen (zoals TNO) en de overheid om samen te werken aan batterijtechnologie voor de energietransitie. Het duurde nog tot december 2024 voordat de organisatie van BCC-NL officieel werd opgericht (stichtingsacte). Tot die tijd functioneerde BCC-NL als (informele) samenwerkingsorganisatie vanuit vier partners.

BCC-NL wordt grotendeels (>95%) gefinancierd vanuit het Nationaal Groeifonds (NGF). Daarnaast voert BCC-NL nog enkele andere projecten uit vanuit separate financiering (bijvoorbeeld voor provincies). Vanuit het groeifonds is geld gereserveerd voor in totaal 8 jaar. Het gaat om een bedrag van ca € 7,6 miljoen voor 4 jaar.

Missie en visie

De missie van BCC-NL is Nederland een sterke positie te geven in de mondiale batterijwaardeketen door publiek-private samenwerking te organiseren die leidt tot innovatie, kennisontwikkeling en industrialisatie (I-K-I) van strategische batterijtechnologie. Het doel hierachter is om de groei in Nederland binnen de waardeketen te versnellen. Nederland moet een hub worden voor de ontwikkeling, productie en toepassing van baanbrekende batterijtechnologieën met wereldwijde impact. BCC-NL werkt op dit moment aan een strategisch plan hiervoor voor de periode 2026-2030.

Binnen de Actieagenda Batterijen vervult BCC-NL een mede-eigenaarsrol in de uitvoering. Dit betekent dat de organisatie niet alleen faciliteert, maar ook verantwoordelijkheid draagt voor het aanbrengen van

focus, het stellen van prioriteiten en het organiseren van uitvoering binnen het mandaat dat door publieke en private partijen is meegegeven. Dit eigenaarschap draagt bij aan consistentie tussen beleidsdoelstellingen, uitvoering en ecosysteemontwikkeling.

Organisatiestructuur
De organisatiestructuur van BCC-NL bestaat uit de volgende onderdelen:

- Statutair bestuur: vertegenwoordigers van ARN, Brainport, Oost NL en RAI. Waarnemend EZK
- Raad van Advies: 2 personen kennisinstellingen (TNO en RUG), 2 personen industrie (VDL en DAF), voorzitter ESNL, 1 persoon MBO, 1 persoon HBO, 2 personen voor start en scale-ups (n.t.b.) en 2 personen internationaal/financieel (InvestNL en NIVJ)
- Programmamanagement (5 personen): 1 directeur, 1 programmamanager, 1 marketing & communicatie, 1 officemanager, 2 innovatie architecten en 2 vacatures (business intelligence en 1 extra innovatie architect)
- Programmaleiders: 4 op kernthema's en 2 horizontale programma's (human capital en internationaal)

Belangrijke partners
BCC - NL is een samenwerking tussen innovatieve bedrijven, kennisinstellingen van wereldklasse, nationale brancheverenigingen en de overheid. De organisatie is in handen van Brainport Development, RAI Automotive Industry NL en Oost NL. Dit is aangevuld met partijen die verschillende focusthema's van het BCC-NL trekken, zoals ARN en TNO.

Capaciteit en middelen
Het uitvoeringsteam met de programmaleiders is verantwoordelijk voor de realisatie van de verschillende programma's en projecten binnen BCC-NL. Het uitvoeringsteam bestaat uit personen die vaak 50-50 werken voor BCC-NL en een samenwerkingspartner.

De projecten worden grotendeels gefinancierd vanuit het NGF. Het NGF-programma Material Independence & Circular Batteries (met budget € 292 miljoen) richt zich op het versterken van de positie van de Nederlandse maakindustrie in de mondiale batterijketen, waarbij duurzaamheid en circulariteit centraal staan. Het programma bestaat uit drie programmalijnen:

1. Duurzame materiaalvoorziening (leveren van grondstoffen door raffinage en batterijrecycling)
2. Ontwikkelen en opschalen van duurzame batterijtechnologie (materialen, componenten en equipment)
3. Circulaire batterijsystemen voor vervoerstoepassingen en netstabiliteit

Het ministerie van Economische Zaken is verantwoordelijk voor het programma. BCC–NL is de penvoerder en coördineert de samenwerking in het consortium. Het consortium bestaat uit een brede groep van grootbedrijven, mkb'ers, start-ups, scale-ups, kennis- en onderwijsinstellingen georganiseerd in verschillende projecten.

Taken en roluitvoering
BCC-NL realiseert haar missie en visie via vier complementaire rollen

- We connect: strategische partners verbinden
- We direct: collectief richting te geven (o.a. via de actieagenda en whitepapers)
- We enable: dingen mogelijk maken (hoe breng je ideeën/projecten verder)
- We bring it abroad: internationale samenwerking versterken en aansluiten bij EU-programma's

Het zorgen voor versnelling van de ontwikkeling van het ecosysteem is hierbij zeer belangrijk.

Knel- en verbeterpunten BCC-NL

- Individuele spelers binnen het ecosysteem zijn met hun eigen dingen bezig. De uitdaging is om individuele bedrijven te laten floreren en tegelijkertijd als land de batterijsector te collectief positioneren. Daar ligt nog een opgave voor BCC (*We connect*). Nu zijn er nog veel losse initiatieven, projecten en acties.
- Capaciteit en middelen: het uitvoeringsteam (de programmaleiders) heeft onvoldoende capaciteit. In de ideale situatie hebben de zes programmaleiders een fulltime posities. Er is nu te veel om op te pakken, waardoor belangrijke dingen soms (te lang) blijven liggen.
- Meer flexibiliteit voor inzet middelen vanuit NGF: NGF-middelen zijn toegekend aan consortia via vierjarige projecten. Het toevoegen van nieuwe (veelbelovende) partijen aan een consortium of het vormen van nieuwe consortia gaat niet altijd makkelijk. Nederland moet juist snel, slim en wendbaar zijn om in te spelen op nieuwe ontwikkelingen.
- Vrije middelen: BCC-NL beschikt niet over vrij te besteden middelen voor bijv. kick start projecten om nieuwe initiatieven op weg te helpen en verder kunt brengen tot iets waar een beslissing over kan nemen (*We enable*). Dit is voornamelijk nodig om de stap naar de industrialisatie te ondersteunen en te versnellen.
- Beschikbaar maken human capital: de Human capital agenda ijlt na. Op dit moment betreft het human capital veel internationale mensen. Nederland moeten nu ook beginnen met het opleiden van mensen uit Nederland zelf. Dit is een brede maatschappelijke opgave in de cleantech industrie. Deels kan dit worden opgelost met een verschuiving in de economie: in de automotive sector kan bijvoorbeeld een shift worden gemaakt van het maken van motor (onderdelen) naar (onderdelen van) batterijen.
- Communicatie en verantwoording van lopende activiteiten van BCC-NL kan beter. IenW wordt bijvoorbeeld soms verrast.

Successen en kansen

- BCC-NL is unieke organisatie: een vergelijkbare organisatie is in de meeste andere Europese landen niet aanwezig.
- Met BCC-NL loopt Nederland voorop in het organiseren/verstreken van de batterijsector/ecosysteem.
- Het Open Battery Innovation Cenre (OBIC): deze industrialisatie hub waar partijen uit de hele keten samenwerken aan gedeelde faciliteiten en innovatie stond ook al in de NGF-plannen. In het kader van de versnelling is niet alleen de “what” maar ook de “when” belangrijk. Het OBIC opent op zijn vroegst in 2027. Partijen zouden die graag veel sneller willen en lopen zo vertraging op. De zogenaamde Window op opportunity is eindig voor technologische ontwikkelingen.
- Realisatie batterijcelfabriek: innovatie kan uiteindelijk alleen als je ook een stukje industrialisatie hebt. Daarom is het belangrijk dat 1 GWh batterijcelfabriek er ook echt komt (beoogde bouw tussen 2027 en 2031). Verschillende partijen naast het BCC-Nl als VDL als industriële partner, LeydenJar, LionVolt, E-magy en Tulip Tech als internationale technologie partner doen in deze joint venture mee, zonder concurrent te zijn van elkaar – maar complementair. ACC werkt in Frankrijk via een vergelijkbare constructie aan een gigafabriek voor accu’s voor auto’s.

Periodieke evaluatie en verantwoording

BCC-NL legt op de volgende wijze verantwoording af:

- NGF: via jaarlijkse rapportages aan RVO,
- EZK zit in het statutair bestuur als waarnemend partner,
- Tweewekelijks overleg met ministeries om activiteiten en initiatieven af te stemmen.