



Verkenning Batterijen Circulariteit

De realisatie van een circulaire batterijenketen in Nederland

Datum, 1 december 2023

Voorwoord

Deze verkenning naar de realisatie van een circulaire batterijenketen is uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Hiermee wordt beoogd inzicht te krijgen in de waardeketen van batterijen in Nederland, door in beeld te brengen: welke ontwikkelingen op internationaal vlak daarbij een rol spelen, hoe markt, technologie en wetgeving zich bewegen, wat de omvang van de taak is die op Nederland rust, hoe de keten is georganiseerd en daar invulling aan wil geven, maar ook welke belemmeringen er worden gezien die ambities in de weg staan en welke maatregelen en stimulansen er geïntroduceerd zouden moeten worden om de circulariteit van de Nederlandse batterijenketen te optimaliseren.

De focus ligt daarbij op Lithium batterijen (Li-ion) van de typen NMC (nikkel, mangaan, cadmium) en LFP (lithium, fosfaat, ijzer) omdat deze voor meer dan 90% het aandeel uitmaken bij toepassingen in elektrische voertuigen en machines, stationaire energieopslag en draagbare apparaten.

De verkenning moet antwoord geven op de volgende kernvraag: *Is er behoefte aan aanvullende maatregelen om de circulariteit van de Nederlandse batterijenketen te ondersteunen en, zo ja, welke zijn dat en wat wordt daarmee beoogd?*

De verkenning is gebaseerd op deskstudie waarbij een veelvoud aan nationale en internationale bronnen is geraadpleegd, en interviews waaraan de volgende organisaties hebben bijgedragen: Auto Recycling Nederland, BCC-NL, EBRA, EPAC, Huiskes, NOWOS, OPEN, Reneos, Spiers New Technologies, Stibat, TES, TNO, Umicore (België) en Van Peperzeel.

De verkenning is tot stand gekomen onder begeleiding vanuit het Ministerie van IenW, het Ministerie van EZK en het Battery Competence Cluster (BCC-NL).

Inhoud

Managementsamenvatting	3	Deel 4 - Stand van zaken in Nederland	
Deel 1 - Waardeketen en circulair potentieel batterijen		• Batterijen op de Nederlandse markt	27
• Mondiale ontwikkelingen	5	• De downstream waardeketen	28
• Europese ontwikkelingen	6	• Activiteiten langs de R-ladder	29
• De waardeketen van batterijen	7	• Recyclingvraag versus -capaciteit	31
• Circulariteit lang de R-ladder	8	• Het ecosysteem	33
• Het recycling proces	11	• Ambities van geïnterviewden	34
• Hoofdbehandelingen: het proces en de karakteristieken	12	Deel 5 - Status quo en optimalisatie van kansen	
• Hoofdbehandelingen: terugwinning van grondstoffen	13	• Status quo	35
• Behandelingsroutes: LCA vergelijking	14	• Optimalisatie van kansen – inzicht en ambitie	36
• Geplande Europese recyclingactiviteiten	15	• Optimalisatie van kansen – innovatie en uitvoering	37
Deel 2 - Wettelijke kaders en randvoorwaarden		• Optimalisatie van kansen – wettelijk kader en financiering	39
• EU Batterijenverordening	16	• Optimalisatie van kansen – samenwerking en ecosysteem	40
• ADR, BEVI en PGS 37-2	17	• Optimalisatie van kansen – langs de R-ladder	41
• Critical Raw Materials Act	18	Deel 6 - Aanbevelingen en vervolgstappen	
• Batterijenstrategie Nederland	20	• Algemeen	42
Deel 3 - PESTEL analyse	21	• Beleidsaanbevelingen op hoofdlijnen	43
• Algemene beschouwing	22	• Aansluiting op programma's en instrumenten	46
• Narrow the loop	23	• Aanbevelingen voor nader onderzoek	47
• Slow the loop	24	Bijlage 1 – Moonshot projecten	
• Close the loop	25		
• Substitute	26		

Deze verkenning naar de batterijketen in Nederland en de mogelijkheden om deze circulair te maken, is uitgevoerd middels een deskstudie en interviews met een beperkt aantal partijen uit de keten. De verkenning geeft dus per definitie geen compleet overzicht, m.n. de sector voor stationaire opslag is niet goed in beeld. Conclusies en aanbevelingen uit onze analyse zijn als volgt:

Conclusies:

- Nederland mist belangrijke schakels in de batterijketen: er is geen grote batterijenproducent (VDL en DAF assembleren wel), hoofdbehandelingen pyro- en hydrometallurgische en direct-recycling ontbreken nog (TES wil hydrometallurgie gaan toepassen, maar is er nog niet), downstream innovators en machinebouwers zijn gebaat bij productiebedrijven op korte afstand.
- De geprognoseerde nationale groei in put-on-market van batterijen (met name EV), de end-of-life inzameling en recyclingcapaciteit lopen niet met elkaar in de pas. De recyclingcapaciteit in Nederland - momenteel m.n. sortering van kleine batterijen - schiet tekort, zal volgens prognose de komende jaren te groot zijn en geeft een diffuus beeld van ontwikkelingen op de lange termijn. De ambitie onder recyclers lijkt echter groot.
- De sterke positie op het gebied van logistiek en opslag van gevaarlijke stoffen, innovatiekracht, ambities onder ketenpartners maar ook interesse van buitenlandse bedrijven zich hier te vestigen, lijken het investeren in en het uitbouwen van deze schakels in Nederland te rechtvaardigen.
- BCC-NL heeft een duidelijke rol als aanjager van de keten en met het recent ingediende Nationaal Groeifonds voorstel (NGF) ook de ambitie om het ecosysteem verder uit te breiden. Of dit voldoende is moet blijken; pijler 3 van dit voorstel ziet toe op circulariteit en recycling, wordt momenteel herzien en begin 2024 opnieuw ingediend. Indien niet toegekend, dan ontbreekt mogelijk regie op het circulair maken van de keten.
- De ontwikkeling van batterijtechniek en verschillende chemie die wordt toegepast gaat zo snel, dat recyclingtechnieken zich niet kunnen richten op één type batterij. Dat zou anders ten koste gaan van de recyclingefficiëntie.
- Activiteiten hoger op de R-ladder zoals Repair en Refurbishment zijn kansrijk en vinden ook al plaats. Zij kunnen in belangrijke mate bijdragen aan levensduurverlenging en richtlijnen voor batterijontwerp (en daarmee ook aan demonteerbaarheid). Right-to-repair ondersteunt dit.
- (Inter)nationale regelgeving biedt voldoende handvatten voor Nederlandse bedrijven, mits gehandhaafd (UPV en certificering, gebruik secundaire materialen) en uniform toegepast tussen lidstaten (gelijk speelveld en duidelijkheid over opslag en transport).
- Bedrijven actief in recycling hebben wel last van knellende regelgeving (opslag, transport, vergunningen) en koudwatervrees en gebrek aan kennis bij vergunningverlenende en handhavende instanties.

Op basis van onze conclusies en de reacties vanuit de interviews identificeerden we onderwerpen die de circulaire batterijketen versterken.

Aanbevelingen:

- Het ontwikkelen van de batterijketen vraagt om keuzes en het vaststellen van een nationale ambitie. Dit kan een minimum scenario zijn waarbij circulariteit en recycling wordt uitgelijnd met de binnenlandse vraag en aangesloten op buurlanden ten aanzien hoofdrecycling, of een progressief scenario waarbij de volledige keten wel in Nederland wordt gerealiseerd en NL netto leverancier van grondstoffen kan worden. Dit lijkt mogelijk.
- De behoefte aan regie kan worden ingevuld door BCC-NL. Daarnaast er is ook behoefte aan een dienst die een geïnteresseerd bedrijf kan faciliteren bij uitbreiding of nieuwvestiging, en anderzijds ook de vergunning-, toezicht- en handhavingsketen (VTH) kan oplijnen en bijscholen. Bij voorkeur wordt dit op nationaal niveau gecoördineerd.
- Batterijenproductie en -recycling betreft een internationaal spelveld. Een verzorgingsgebied voor recycling omvat een gebied met een straal van 200 km. Daarmee zouden de inzameling en recycling van in het noorden van Frankrijk en het westen van Duitsland betrokken moeten worden, met daarin hydrometallurgische bedrijven in Europoort en in Duitsland (Emden), een pyrometallurgisch bedrijf in België en bedrijven op het gebied van voorbereiding en transport & opslag op een centrale locatie in Nederland.
- Om de bedrijven en belangen binnen het genoemde verzorgingsgebied op elkaar af te stemmen, de capaciteit te reguleren en de secundaire materialen toegepast te krijgen in de primaire productie, kan BCC-NL dit vanuit haar coördinerende rol organiseren.
- Innovators en machinebouwers zijn gebaat bij een producent van batterijen of recycler daarvan die bereid zijn om innovaties toe te passen. Het aantrekken van een producent binnen het verzorgingsgebied heeft een sterke stimulerende wisselwerking met bestaande partijen. Door een locatie aan te wijzen en de vergunningverlening te faciliteren, kan een gunstige propositie ontstaan voor geïnteresseerden.
- Om de organisatie van de (inter-)nationale circulaire batterijketen vorm te geven lijken NGF- en Moonshot projecten passende instrumenten om samenwerking, kennisdeling en ketensynergiën te bewerkstelligen. Dit zou onder regie van BCC-NL kunnen worden uitgevoerd.

De organisatie van een circulaire batterijketen gaat niet vanzelf. Bedrijven en partijen zijn geïnteresseerd en willen een bijdrage leveren, maar de organisatie, financiering, het aantrekken van ontbrekende schakels, het onderhouden van het kennis- en relatienetwerk, etc. is voor een individueel bedrijf te groot. De overheid hoeft niet per se te investeren in de bedrijfsprocessen, maar wel in innovatie en de facilitering van de benodigde samenwerking.

Mondiale ontwikkelingen

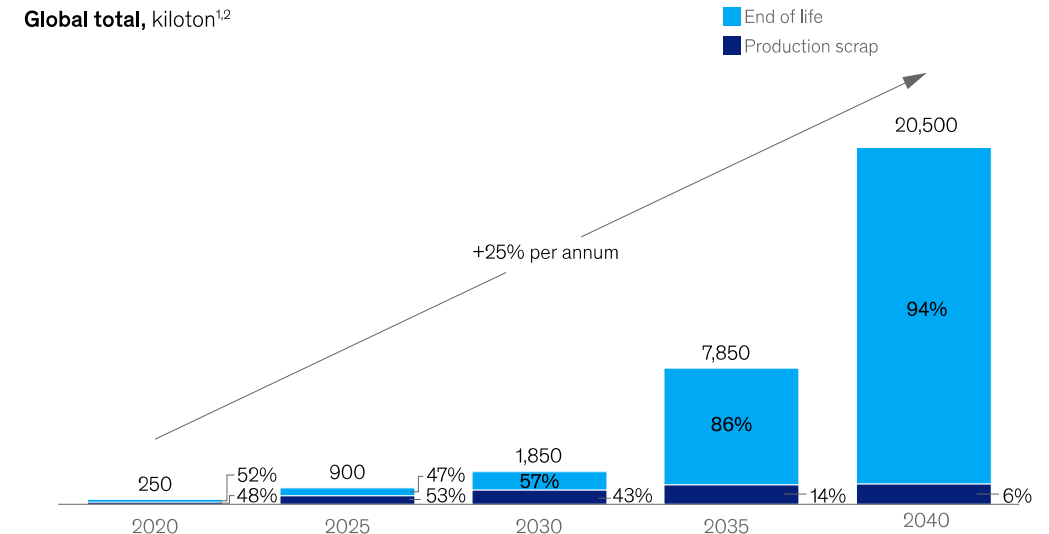
De vraag naar elektrische voertuigen en stationaire energieopslag neemt mondiaal snel toe, daarmee ook de behoefte aan batterijen en de kritieke grondstoffen (CRM's) die daarvoor nodig zijn. Volgens het Internationaal Energie Agentschap zal de behoefte aan lithium tussen 2020 en 2040 met een factor 42 groeien, en de vraag naar kobalt en nikkel 20 keer groter worden. De economische belangen zijn groot, terwijl de beschikbaarheid van CRM's onder druk staat en de prijzen een stijgend maar grillig karakter vertonen (prijsval in Q4-2023 vanwege economische tegenwind in China).

Levensduurverlenging van batterijen langs de R-ladder van circulariteit zou de vraag naar CRM's kunnen vertragen en tijd opleveren om innovatieve oplossingen te bedenken, en aan het einde van de levensduur zal recycling in toenemende mate moeten bijdragen aan de sterk groeiende vraag naar CRM's. Daarmee is ook batterijenrecycling in het kielzog van -productie een sterk groeiende industrie. Dit brengt uitdagingen met zich mee, maar ook kansen.

Vanwege de grote economische belangen sorteren wereldregio's en landen naast batterijenproductie en grondstoffenposities, ook voor op de recycling van batterijen om daarmee hun belangen veilig te stellen, waarbij:

- Zuid-Korea en China voorlopen op de EU m.b.t. batterijenrecycling wetgeving, schaalgrootte en technologieën (de VS loopt achter), en behalen momenteel recyclingpercentages van meer dan 90%. Ook t.a.v. LFP-batterijen die minder kostbare CRM's bevatten dan NMC-batterijen.
- zich hier een toenemend protectionisme zich aftekent in wereldregio's zoals zuidoost Azië, VS+CA en Europa om de batterijenketen 'local-for-local' te sluiten. Daarbij worden incidenteel ook exportbeperkingen opgelegd van zeer kritieke grondstoffen, zoals bijvoorbeeld grafiet door China.
- tot 2030 wereldwijd het productieschroot waarschijnlijk de belangrijkste bron voor batterijenrecycling zal zijn, pas daarna zal dit worden ingehaald door afgedankte EV-batterijen (zie afbeelding hiernaast).

Toename wereldwijd volume batterijenschroot als gevolg van productieafval en end-of-life EV-batterijen



Bron: McKinsey & Company, 2023

Europese ontwikkelingen

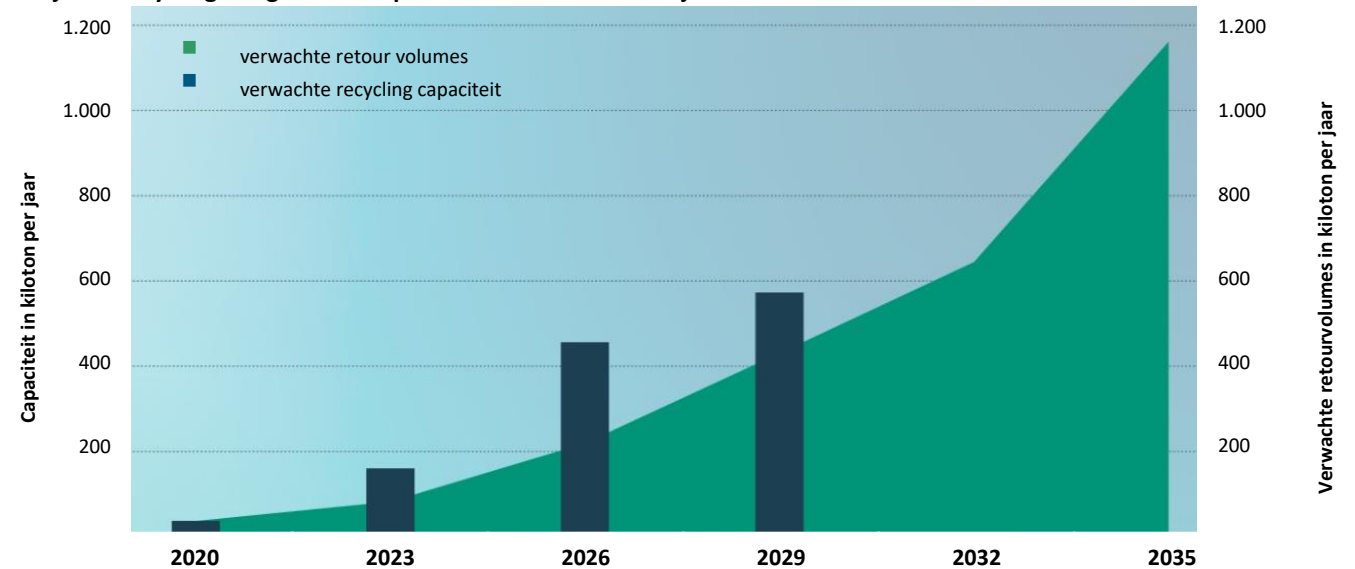
Ook binnen de Europese Unie ontstaan er technologieclusters waarbij de hele batterijenwaardeketen in Europese regio's en in individuele landen zijn vertegenwoordigd. Vaak nabij batterijenfabrieken zoals dat het geval is in Spanje, Frankrijk, Duitsland en de Scandinavische landen als regio. De huidige clustering rondom batterijenfabrieken heeft vooral te maken met productieafval en kan incidenteel oplopen tot 30% van het geproduceerde volume. In de toekomst zal de locatie van recycling vooral worden bepaald door beschikbaarheid van afgedankte batterijen, gekoppelde inzamellogistiek, EU transportroutes en waar recycling en verdere raffinage op de juiste schaal het beste kan worden uitgevoerd.

De vergunde EU-recyclingcapaciteit van Li-ion batterijen bedraagt in 2023 circa 160.000 ton, in de praktijk ligt dit tientallen procenten lager vanwege geleidelijke opstart in de eerste jaren van productie. Door de bouw van nieuwe recyclinginstallaties zal deze capaciteit in 2029 naar schatting oplopen tot circa 600.000 ton per jaar. Dit betreft geplande capaciteit, realisatie daarvan is niet zeker.

Bij vergelijking van geplande recyclingcapaciteit tegenover verwachte volumes batterijenschroot als gevolg van afgekeurde producties en end-of-life (EoL) batterijen, lijkt de geplande capaciteit de vraag daarnaar in de komende jaren nog te overtreffen. Daarna zal ook het volume EoL batterijen sterk oplopen (zie afbeelding hiernaast).

Een overzicht van geplande EU-recyclingprojecten op hoofdbehandeling is weergegeven op pagina 15.

Projectie recyclingvraag versus -capaciteit voor Li-ion batterijen in de EU

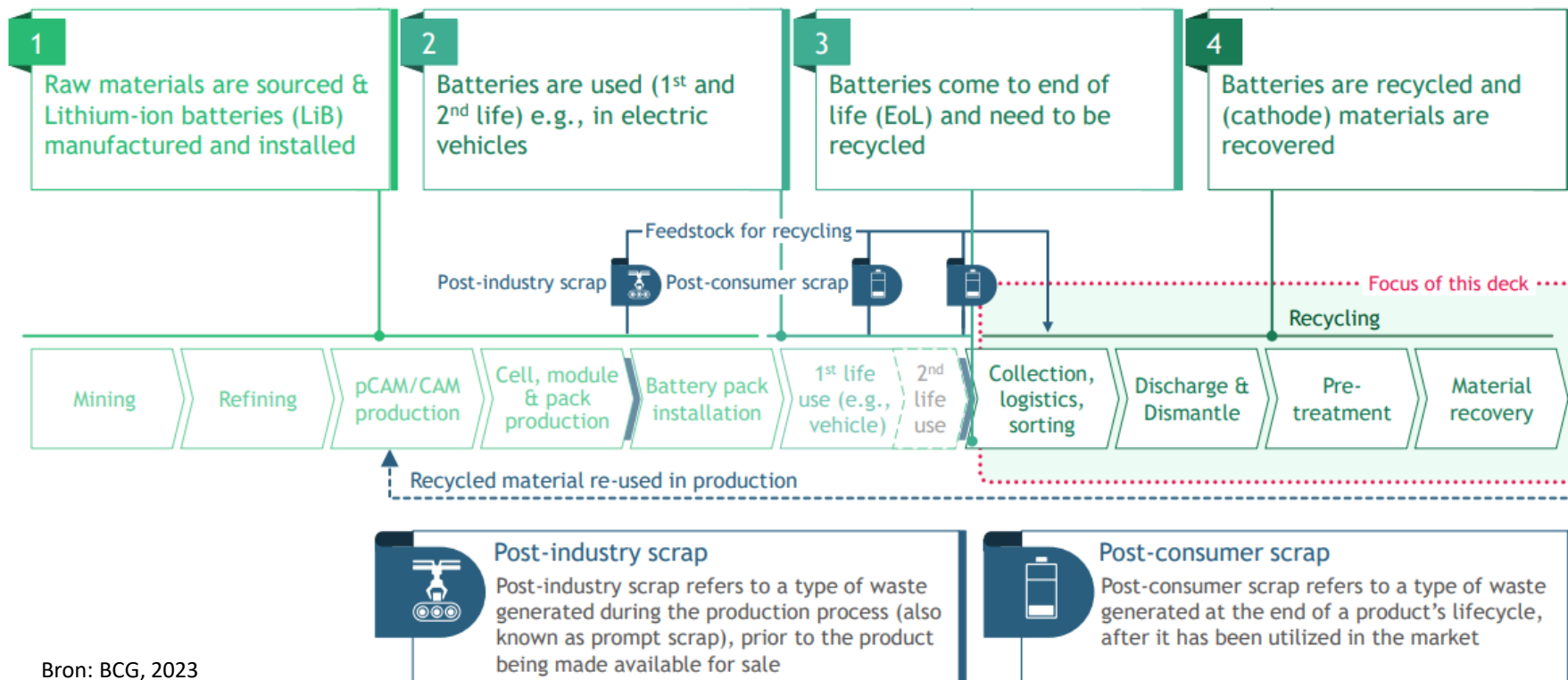


Bron: Fraunhofer, 2023

Quote Janet Kes: "Recycling van EV richt zich nu op productieafval en zitten dus dicht bij de OEM's. Op termijn komen EV-batterijen heel verspreid vrij, is er dus een gesloten inzamelsysteem noodzakelijk en maakt de vestigingsplaats van de recycler niet veel meer uit"

De waardeketen van batterijen

De afbeelding hieronder geeft de waardeketen van Li-ion batterijen weer. De verkenning is met name gericht op circulaire opties en end-of-life recycling. Echter, nieuwe batterijtypen en substitutie van CRM's is van invloed op de latere circulaire opties en recyclebaarheid daarvan. Dit wordt bepaald in de ontwerpfase en is daarom onlosmakelijk hieraan verbonden. Om deze reden wordt in navolgende delen van de verkenning ook hieraan duiding gegeven.



Bron: BCG, 2023

Circulariteit van batterijen langs de R-ladder

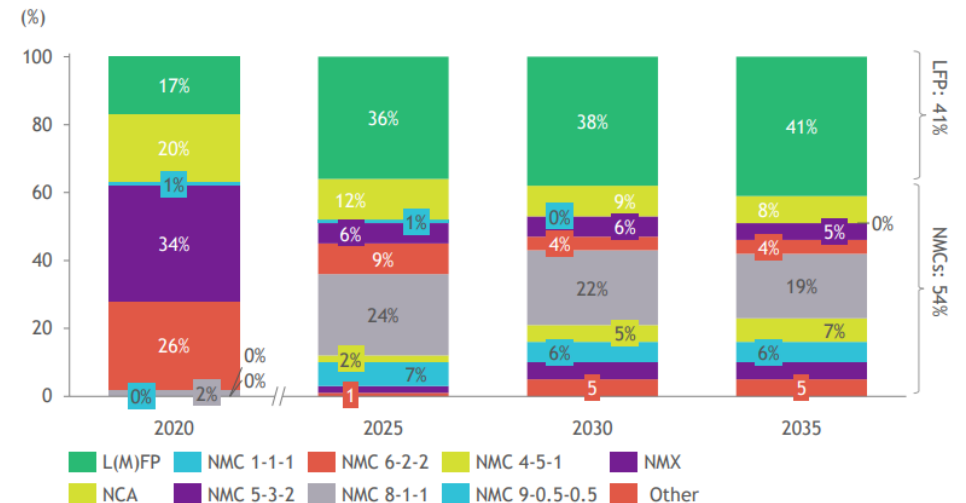
Refuse, Rethink & Reduce (ontwerpfase)

- In de ontwerpfase wordt weinig rekening gehouden met het R-ladder potentieel en recycling van batterijen, en het ‘Safe & Sustainable by Design’ principe (voorkomt dat oplossingen voor het één een probleem voor het ander vormt). Wijzigingen in batterijchemie en vermindering van CRM’s door substituuut grondstoffen is eerder een gevolg van het streven naar verbeterde performance en kostprijsbeheersing dan dat circulariteit de drijfveer vormt. In de afbeelding hieronder geeft een projectie van de verwachte evolutie in batterijchemie.
- Vervanging van nikkel, mangaan en kobalt (NMC) door lithium, ijzer en fosfaat (LFP) in de kathode (tevens langere levensduur en brandveiliger).
- Vervanging van grafiet in de anode door silicium (tevens hogere energiedichtheid en langere levensduur).
- Vermindering gebruik van mangaan en kobalt door nanocoating (tevens betere performance).
- Verbetering energiedichtheid en levensduur batterij (w.o. solid-state) waardoor er minder grondstoffen per kWh nodig zijn.
- Gedeeltelijke vervanging van CRM’s in NMC en LFP batterijen door introductie van Na-ion, Redox-flow en mogelijk ook Li-S batterijen; Na-ion voor lichte voertuigen en stationaire opslag, Redox-flow en Li-S voor grootschalige stationaire opslag.

Reuse

- Uitwisseling in de 1^e gebruiksfase komt bij EV-batterijen weinig voor, m.u.v. herstel productie/ontwerpfouten. Spiers New Technologies (SNT) richt zich hierop.
- Is wel gebruikelijk bij kleine oplaadbare batterijen (door de gebruiker zelf) en in zekere mate bij fietsbatterijen.

Verwachte evolutie Li-ion batterijchemie in marktaandeel (in % per kWh)



Bron: Cairn ERA battery forecast, 2023

Repair, Refurbish, Remanufacture & Repurpose

- Reparatie van kleine batterijen (enkele cel) is niet mogelijk.
- Reparatie en renovatie komt regelmatig voor bij fietsbatterijen, 80% van voor reparatie geschikte batterijen wordt ook feitelijk gerepareerd.
- Reparatie en renovatie komt regelmatig voor in m.n. de 1^e gebruiksfase van EV-batterijen, echter vrij weinig bij een 2^e gebruik als EV-batterij omdat de integrale kwaliteit van de batterij daarvoor niet goed genoeg meer is.
- Herbestemming van EV-batterijen na het 1^e gebruik voor bijv. stationaire opslag komt ook weinig voor omdat deze batterijen nauwelijks op de markt komen. Daarbij zijn LFP batterijen daarvoor beter geschikt dan NMC batterijen.
- Herfabricage van batterijen op enige schaal komt in Nederland niet voor, mede omdat de bewerker dan producent wordt en aan de UPV en certificering is onderworpen.
- Grootschalige batterijdiagnostiek, sortering naar gezondheidsklasse en geautomatiseerde herfabricage of demontage biedt kansen, maar vanwege beperkingen in wet- en regelgeving (transport en opslag) is dit nu niet mogelijk.
- Veiligheid is een issue. Het komt nog vaak voor dat tijdens werkzaamheden aan batterijen als bij het latere gebruik daarvan, de veiligheid in het geding komt. Dit moet worden uitgevoerd door een deskundig bedrijf.

Quote Jan Bartels: “Ontwerp van fietsbatterijen is verre van circulair, kan veel beter. Wij repareren 70-80% van de geïnspecteerde OEM fietsbatterijen!”

Recycle

- Naar verwachting zal in 2040 in de EU 6 megaton batterijen de end-of-life status bereiken, wereldwijd is dat 19,3 megaton.
- De EU heeft in 2023 de EU Batterijverordening herzien (zie ook pagina 14 en 15), waarbij voor Li-ion batterijen:
 - in 2030 een recyclingefficiëntie van 70% moet worden bereikt.
 - in 2031 een grondstofherwinningspercentage geldt van: 95% voor kobalt, koper en nikkel, en 80% voor lithium.
 - in 2036 gesloten kringlooppercentages gelden voor: kobalt (26%), lithium (12%) en nikkel (15%).
- De introductie van nieuwe batterijontwerpen en chemie, maakt het steeds lastiger het recyclingproces daarop in te richten. Door bij nieuw ontwerp bij voorbaat al rekening te houden met repair recycle zijn daar stappen te zetten.
- De herwinning uit recycling van battery-grade grondstoffen voor high-performance batterijen loopt achter, hiervan is in de EU nog geen sprake. Lagere kwaliteit grondstoffen voor batterijen waarbij high-performance minder een rol speelt komt wel op gang.
- De businesscase voor recycling van NMC-batterijen is relatief gunstig maar kan qua grondstoffenprijs nog niet concurreren met primaire grondstoffen. M.n. wetgeving zal voorlopig nog de driver zijn om secundaire materialen te gebruiken.
- De businesscase voor recycling van LFP-batterijen is ongunstig vanwege weinig waardevolle grondstoffen, en voor solid-state batterijen niet bestaand omdat hiervoor nog geen recyclingtechnieken bestaan. Producentenverantwoordelijkheid moet hiervoor een oplossing bieden.
- Veiligheid is een issue, er ontstaan veel batterijbranden tijdens inzameling, opslag, sortering en recycling van met name post-consumer batterijen (met name vapes).

Recover


- Brandbare restfractie zal in toenemende mate worden omgezet in energie (deels verbranding, deels pyrolyse), de niet brandbare minerale fractie waarin weinig tot geen metalen meer zitten (slak of as) gaat naar de cementindustrie.

Het recyclingproces


Het recyclingproces voor batterijen kent doorgaans drie stappen: decentrale voorbereiding, voorbehandeling en gecentraliseerde hoofdbehandeling. Van de hoofdbehandelingen komt het pyrometallurgische proces nog relatief veel voor, maar bij de bouw van nieuwe recyclinginstallaties neemt het hydrometallurgische proces in belang toe omdat daarmee meer grondstoffen en in hogere percentages herwonnen kunnen worden (ca. 95%).

1 Preparation


Decentralized activities across spokes
(lower capital requirements)

 **Discharging**
Discharging batteries to enable safe recycling process




 **Disassembly**
Disassembling battery pack, removing housing, frame, wiring, and cooling system




 **Thermal treatment**
Pyrolysis or atmospheric thermal processing of the battery pack to prepare for comminution



2 Pre-treatment

 **Comminution**
Crushing of cells by dry or wet shredding, impact mill or shockwaves




 **Separation**
Separating different materials by sieving, froth flotation, density, and magnetic-based processes




3 Main treatment


Centralized activities in hubs
(high capital requirements)

 **Pyrometallurgy**
Applying high-temperature processes to produce alloys (Cu, Co, Ni) and slag (Li)



 **Hydrometallurgy**
Applying chemical processes of leaching, removal of impurities and separation. Steps might be followed by purification to produce battery-grade materials



 **Direct recycling**
Producing directly reusable cathode active material






In de praktijk ligt dit iets genuanceerder omdat er vaak sprake is van gecombineerde behandelingen.

Pyrometallurgie gevolgd door een hydrometallurgische stap kan ook een hoog percentage herwonnen CRM's opleveren (zoals bij Umicore), maar grafiet, brandbare en vluchtige grondstoffen gaan dan wel verloren.

Bron: PEM i.s.m. RWTH Aachen, 2023

Hoofdbehandelingen: het proces en de karakteristieken

Een goede vergelijking van hoofdbehandelingen ten aanzien van herwinningsrendementen is lastig te maken omdat er binnen de behandelings-categorieën ook veel subtypen zijn met efficiëntieverschillen, en omdat processtappen vaak gecombineerd worden (voorbehandelingen, hydro, pyro, etc.). De efficiency zoals in het overzicht hieronder getoond heeft betrekking op het herwinningsrendement en niet op energie-efficiëntie. Dit laatste kan bij pyrometallurgie gunstiger zijn dan bij hydrometallurgie omdat soms (niet altijd) de energie wordt gebruikt aanwezig in de inputmaterialen.

Technology	Pyrometallurgy	Hydrometallurgy	Direct recycling
	<ul style="list-style-type: none"> Producing concentrated alloy containing Co, Ni, and Cu, by smelting the batteries in a heat-based process at ~1,500°C Li and Mn end up in slag, ready to be used in the construction industry or processed further to recover Li 	<ul style="list-style-type: none"> Hydrometallurgy is a chemical process involving leaching, removal of impurities, and separation Followed by solvent extraction and/or chemical precipitation to recover and increase the purity of Li, Ni, Mn, and Co 	<ul style="list-style-type: none"> Material is recovered to be used directly in battery production Any combination of thermal and chemical processes to specifically recover CAM¹ without breaking it down into individual elements This process is still mostly in the R&D phase
Output	 Metal ore/alloy	 Battery-grade materials	 Cathode active material
KPIs (as of today)	TRL ² CAPEX OPEX Efficiency 	TRL CAPEX OPEX Efficiency 	TRL CAPEX OPEX Efficiency

- **Pyrometallurgie** - kort proces waarbij ca. 60% van de CRM's herwonnen worden, tenzij gevolgd door hydrometallurgie waardoor >95% mogelijk is (Umicore). Grafiet gaat wel verloren.
- **Hydrometallurgie** - langer proces waarbij ca. 95% van de CRM's herwonnen kunnen worden, soms ook grafiet. Nadeel is het gebruik van chemicaliën, hierdoor blijven er zouten over als residu (>5%) die geen gebruikswaarde hebben.
- **Direct recycling** - in ontwikkeling maar is veelbelovend, vooral bij hergebruik van batterijafval dat vrijkomt bij batterijproductie.

EU recycling market study Strategy & PEM of RWTH Aachen University 1) CAM = Cathode active material; 2) TRL = Technology Readiness Level

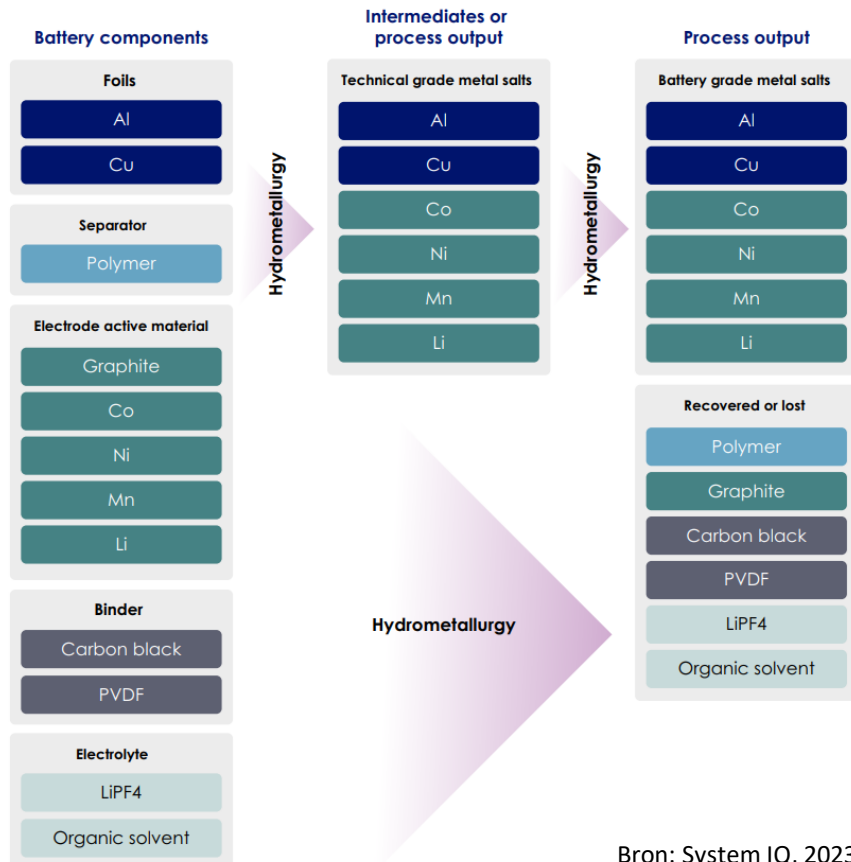
Quote Kurt Vandeputte: "Door bij pyrometallurgie het Lithium te concentreren in de vliegassen, kunnen we bij Umicore veel beter presteren qua recyclingpercentage."

Deel 1 – Waardeketen en het circulair potentieel van batterijen

Hoofdbehandelingen: terugwinning van grondstoffen

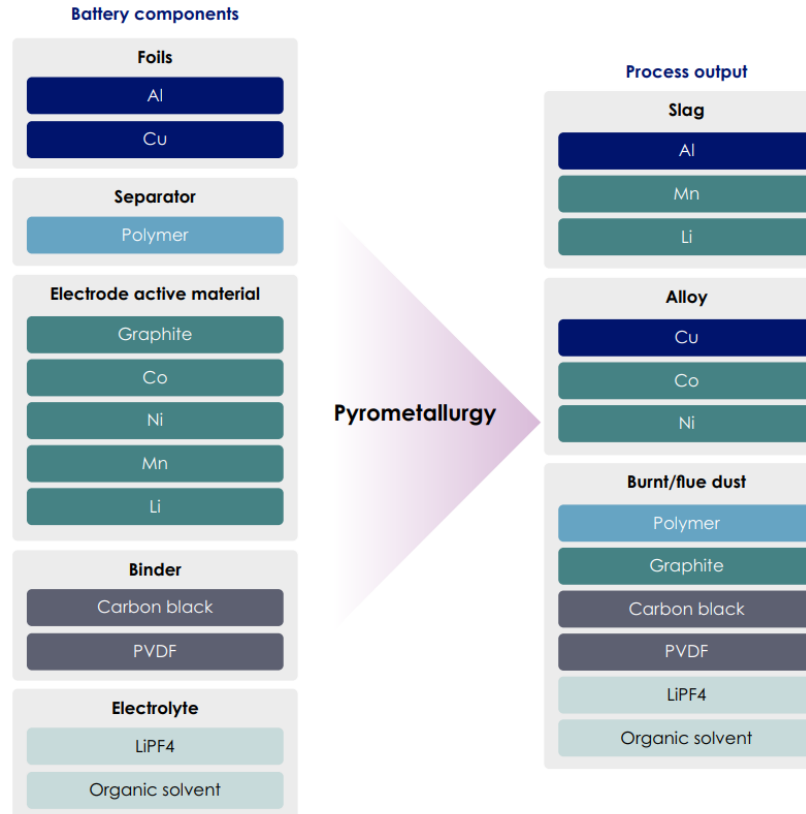
In de overzichten hieronder een algemene vergelijking van de grondstoffen die kunnen worden herwonnen door hoofdbehandelingsmethoden pyrometallurgie of hydrometallurgie toe te passen. Afhankelijk van additionele stappen in voorbehandeling of nabehandeling kan dit beeld wijzigen.

Hydrometallurgie - grondstofherwinning m.b.t. een NMC-batterij



Bron: System IQ, 2023

Pyrometallurgie - grondstofherwinning m.b.t. een NMC-batterij



Bron: System IQ, 2023

Behandelingsroutes: LCA-vergelijking

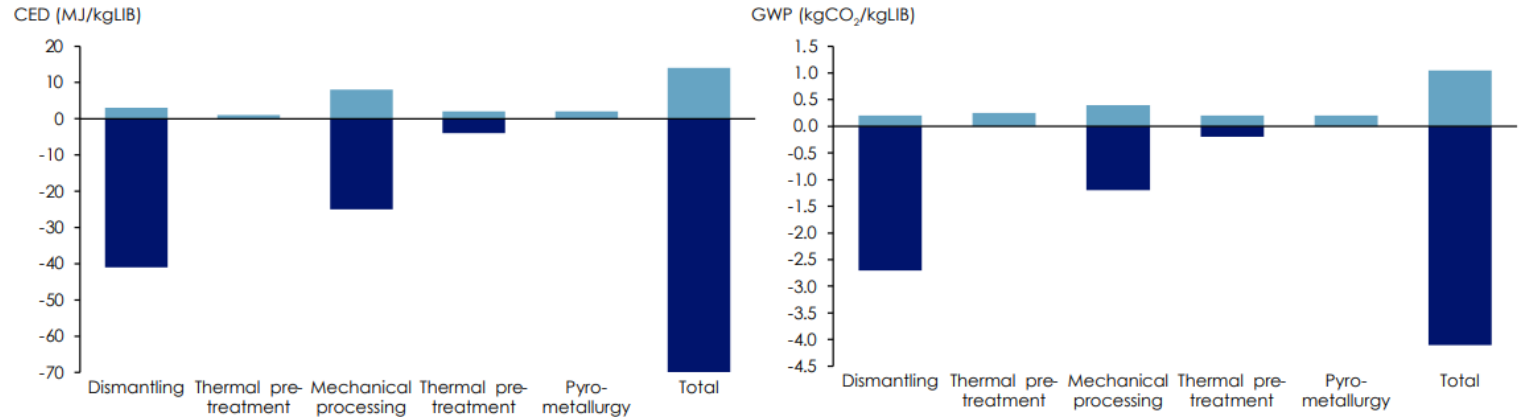
Bevindingen uit verschillende LCA-studies tonen aan dat de CO₂ emissies voor recyclingroutes waarbij pyrometallurgie en hydrometallurgie wordt toegepast, variëren van resp. 1,2 tot 2,2 kg CO₂ per kg Li-ion batterij (LIB).

Dezelfde studies tonen ook aan dat de emissies die worden vermeden door minder productie van primaire materialen a.g.v. het gebruik van gerecyclede materialen, variëren van resp. 4,2 tot 5,4 kg CO₂ per kg LIB wat het milieuvoordeel weerspiegelt van terugwinning door recycling.

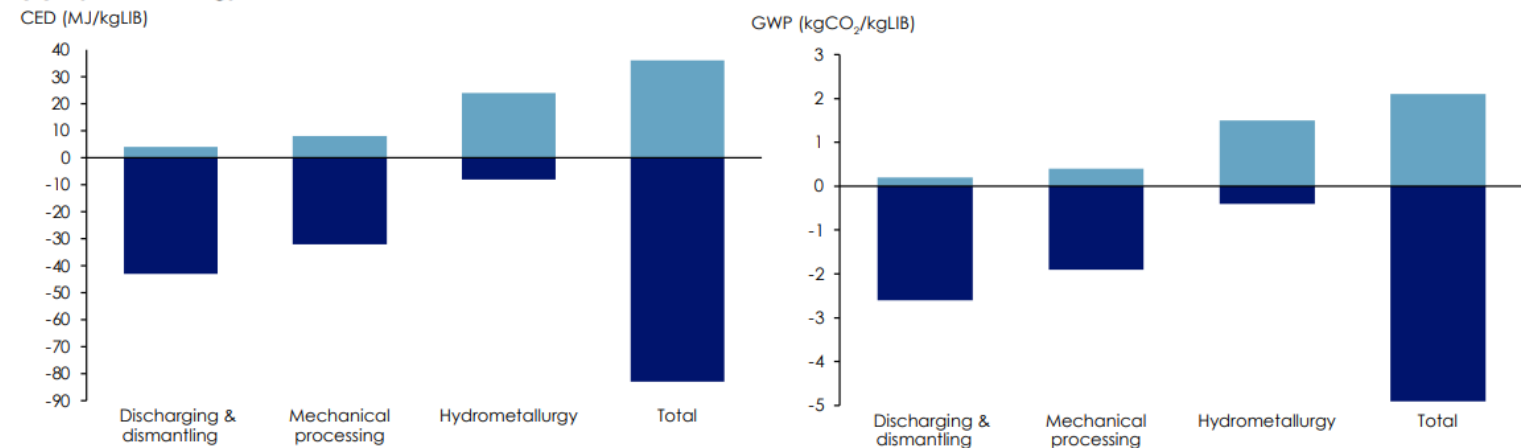
De hiernaast getoonde LCA-resultaten zijn geen directe vergelijking tussen pyrometallurgie en hydrometallurgie. Het geeft een goed beeld, maar is mede bedoeld om de potentiële voordelen van voorbehandelingen in de route te illustreren.

Het netto verschil van beide routes lijkt in het voordeel van hydrometallurgie uit te vallen, maar het verschil is met 0,2 kg CO₂ per kg LIB marginaal en sterk afhankelijk van de ontwikkeling van feitelijk toegepaste technologieën.

(a) Pyrometallurgical route



(b) Hydrometallurgy route

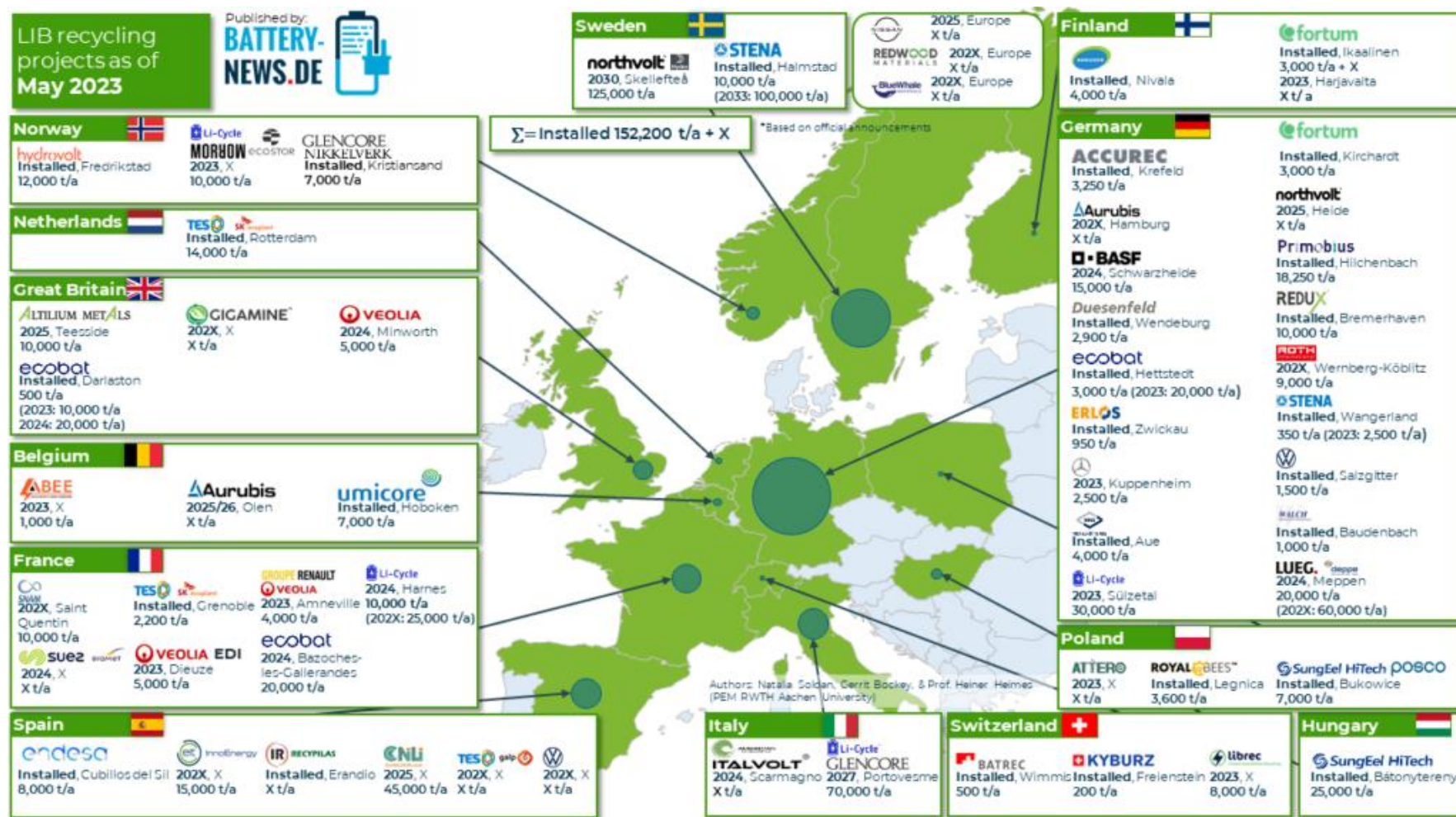


Bron: System IQ, 2023

■ Benefit ■ Impact

Deel 1 – Waardeketen en het circulair potentieel van batterijen

Overzicht van actieve en geplande Europese investeringen in recycling hoofdbehandelingen



Het overzicht hiernaast geeft een beeld van de geplande capaciteit met betrekking tot recycling hoofdbehandelingen. Hierbij gaat het om pyro- en hydrometallurgie en direct recycling (shredderen + black mass productie).

De vergunde EU recycling capaciteit bedraagt in 2023 circa 160 Kton (feitelijke capaciteit ligt lager), en zal op basis van geplande capaciteit toenemen naar bijna 600 Kton per jaar in 2029. Hierin kunnen dubbeltellingen zitten want shredderen en hydrometallurgie worden vaak gecombineerd op of nabij dezelfde locatie.

In Nederland zal direct-recycling in 2024 worden gerealiseerd, en hydrometallurgie naar verwachting in 2026.

EU Batterijenverordening (van kracht per 17 augustus 2023)

Hoofddoelen van de EU Batterijverordening zijn om in het kader van de Europese Green Deal en het circulaire economie plankader van de EU:

- Europees geharmoniseerde productnormen voor alle types van batterijen te bewerkstelligen.
- Een goed functionerende interne Europese markt voor secundaire grondstoffen voor batterijen op te zetten.
- De negatieve milieueffecten in de productie-, gebruiks- en einde-levensfase van alle batterijen sterk te verminderen.

Inhoudelijk heeft de Batterijverordening betrekking op:

- Definities van categorieën van batterijen.
- Hergebruiken van batterijen in al haar facetten.
- Inzameling en recycling.
- Uitgebreide producentenverantwoordelijkheid.
- Verminderen van de koolstofvoetafdruk van batterijen.
- Minimale prestatie en duurzaamheidseisen (w.o. de levensduur).
- Gebruiken van een percentage van het gerecycleerd materiaal.
- Verwijderbaarheid en vervangbaarheid van batterijen uit apparaten.
- Informatieverstrekking over milieu- en veiligheidsaspecten.
- Duurzame inkoop van batterijen door overheid.
- Zorgvuldigheid in de waardeketen, m.n. bij winning van grondstoffen.
- Veiligheidseisen en CE-markering.

De mate waarin de verordening van kracht is verschilt per batterijcategorie, dit zijn de volgende:

1. Draagbare batterijen	2. Industriële batterijen	3. Batterijen voor EV's	4. Batterijen voor lichte voertuigen	5. Startbatterijen voor voertuigen
Afgedicht, minder dan 5 kg en niet specifiek ontworpen voor industriële doeleinden.	Batterijen ontworpen voor industrieel gebruik, waaronder stationaire energieopslag.	Ontworpen voor de aandrijving van hybride en elektrische wegvoertuigen van meer dan 25 kg.	Ontworpen om elektrisch vermogen te leveren voor de tractie van wielvoertuigen met een totaal gewicht van <25 kg	Batterij die uitsluitend wordt gebruikt voor het starten, voor de verlichting of het ontsteken van een motorvoertuig.

EU Batterijenverordening (2)

Met progressieve doelstellingen op materiaal terugwinning, recyclingrendement en minimumgehalten gerecyclede inhoud:

- Materiaal terugwinning** - de mate waarin grondstoffen moeten worden teruggewonnen uit productieafval en EoL batterijen. Hierbij gaat het om het percentage van de in de batterij aanwezige grondstof, en heeft betrekking op een aantal specifieke grondstofsoorten.
- Recyclingefficiency** - de mate waarin alle grondstoffen in de EoL batterij teruggewonnen moeten voor gebruik in nieuwe toepassingen. Hierbij gaat het om een percentage van het gemiddelde gewicht van batterijen, en ziet toe op alle in de batterij aanwezig grondstoffen. Naast specifieke grondstofsoorten (in de kathode en anode), is dit ook van toepassing op andere aanwezige grondstoffen in de rest van de batterij (w.o. het elektrolyt, de separator en de collector).
- Hergebruik** - de mate waarin gerecyclede grondstoffen moeten worden toegepast bij de productie van nieuwe batterijen. Hierbij gaat het om het percentage grondstof benodigd voor het produceren van nieuwe batterijen, en heeft betrekking op een aantal specifieke grondstofsoorten.

Materiaal terugwinning		
Materiaal:	Per 31-12-2027	Per 31-12-2031
• Kobalt	90%	95%
• Koper	90%	95%
• Lood	90%	95%
• Lithium	50%	80%
• Nikkel	90%	95%

Recyclingefficiency		
Type batterij:	Per 31-12-2025	Per 31-12-2030
• Loodzuur	75%	80%
• Lithium	65%	70%
• Nikkelcadmium	80%	80%
• Overige batterijen	50%	50%

Minimumgehalte gerecyclede content		
Materiaal :	Per 18-08-2031	Per 18-08-2036
• Kobalt	16%	26%
• Lood	85%	85%
• Lithium	6%	12%
• Nikkel	6%	15%

Wettelijk kaders t.a.v. vervoer en opslag

ADR-verdrag

- In Nederlandse wetgeving geborgd onder ‘Wet Vervoer Gevaarlijke Stoffen’ en de ‘Regeling Vervoer over land van gevaarlijke stoffen.’
- Eisen voor het vervoer van gevaarlijke goederen, waaronder batterijen.
 - Geldt ook voor vervoer m.b.t. sortering, verwijdering of recycling.
- Is administratief ingewikkeld en wordt in de EU-lidstaten verschillend gehanteerd.

BEVI /PGS 37 (laatste nog niet van kracht, verwacht in 2024)

- Opgesplitst in twee delen (zie kader rechts).
- PGS 37-2 is de opvolger van het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen (BEVI) en is nog niet van kracht, maar mag alvast wel toegepast worden.
- Heeft betrekking op de opslag van gevaarlijke /lithium houdende stoffen vanaf 333 kg of 1.000 kg, afhankelijk van het type energiedrager.
- Omvat circa 75 maatregelen ten behoeve van veilige omgang met batterijen.
- Is administratief ingewikkeld en kan vanwege de voorzieningen die moeten worden getroffen als belemmerend worden ervaren.

PGS 37-1 Opslag van elektriciteit in Energie Opslag Systemen (EOS).	PGS 37-2 Tijdelijke opslag van lithiumhoudende energiedragers.
Van een Energie Opslag Systeem is sprake bij een vermogen van minstens 20 kilowattuur. Bij PGS 37-1 gaat het om eisen voor veilige omgang met energiesystemen die op een locatie in werking zijn. Buurtbatterijen zijn hiervan het meest bekende voorbeeld.	Lithiumhoudende energiedragers zijn onder andere batterijen en accu's voor apparatuur en voertuigen. Denk aan telefoons, laptops, e-bikes en hybride of vol-elektrisch auto's. Wanneer een EOS (zie PGS 37-1) wordt ingenomen vanwege end-of-life valt deze ook onder PGS 37-2.

Critical Raw Materials Act (voorlopig akkoord door EU-lidstaten op 13 november 2023)*

Hoofddoelen van de CRM Act zijn:

- Beschikbaarheid CRM's voor de EU veiligstellen, m.b.t. batterijen betreft dit: kobalt, koper, lithium, mangaan, nikkel, natuurlijk en synthetisch grafiet en aluminium
- Concrete doelstellingen voor stappen binnen de keten
- Verkorting vergunningprocedure voor strategische projecten

Inhoudelijk t.a.v. vergunningen houdt dit het volgende in:

- Er geldt een maximale doorlooptijd van 12 maanden bij productie en recycling, en 24 maanden bij mijnbouw. Bij het ontbreken van een beslissing binnen voornoemde termijnen, zal de vergunning voor productie en recycling geacht worden te zijn verleend (voor zover alle vereiste milieueffectrapportages zijn ingediend).
- Er zal één aanspreekpunt bij de overheid moeten worden aangesteld die de verschillende stappen in het vergunningstraject coördineert.
- Aanvragers kunnen een beroep doen op urgentie bij beroepsprocedures om deze sneller te laten verlopen.
- De Europese Commissie ziet toe op de doorlooptijd van alle strategische projecten.
- Ontwikkeling van strategische projecten komen in aanmerking voor extra EU financiering.

<p>Winnen van grondstoffen in de EU: ten minste 10% van het jaarlijkse verbruik van de EU moet in de EU worden gewonnen</p>	<p>Verwerken van grondstoffen in de EU: ten minste 40% van het jaarlijkse verbruik van de EU moet in de EU worden verwerkt</p>
<p>Recyclen van grondstoffen in de EU: ten minste 25% van het jaarlijkse verbruik van de EU moet bestaan uit in de EU gerecyclede grondstoffen</p>	<p>Externe bronnen: voor elke strategische grondstof geldt dat niet meer dan 65% van het jaarlijkse verbruik in de EU uit één derde land afkomstig mag zijn, in elk stadium van de verwerking</p>

* Het voorlopig akkoord moet nog door zowel het EU Parlement als de Raad worden goedgekeurd voordat het wet wordt.

Bron: Consilium.europa.eu

Batterijenstrategie in Nederland (opgestart in 2020)

Met de batterijenstrategie wil de Nederlandse overheid de toename van het gebruik van batterijen in de samenleving veilig, verantwoord en duurzaam te laten verlopen, maar ook kansen benutten die deze strategie biedt. Per Kamerbrief werden in 2022 de vorderingen gerapporteerd en genoemd dat de start van het Battery Competence Cluster Nederland (BCC-NL), alsmede de publicatie van de ‘Actieagenda Batterijsystemen’ in september 2022, belangrijke stappen zijn om het ecosysteem voor de Nederlandse batterijensector te ontwikkelen. Daarbij werd tevens opgemerkt dat Nederland zich goed kan onderscheiden op bepaalde onderdelen van de mondiale batterijenwaardeketen, maar ook dat aansluiting op andere onderdelen met andere landen van belang is.

De Nederlandse batterijenstrategie is gebaseerd op vijf pijlers met bijbehorende actielijnen (zie kader rechts) en wordt jaarlijks geactualiseerd. De eerstvolgende actualisatie wordt eind 2023 verwacht.

In 2023 zijn belangrijke stappen gezet, dit zijn onder andere:

- Voorwaardelijke toekenning van het Nederlands Groeifonds-programma 'Material Independence and Circular Batteries'.
- Expliciete toevoeging van 'batterijen' als productgroep onder het Nationaal Programma Circulaire Economie (verwacht in december).

Hierdoor zal zowel de focus als de sturing op het circulair worden van de Nederlandse batterijenketen verder toenemen.

De Nederlandse batterijenstrategie gebaseerd op vijf pijlers met bijbehorende actielijnen (december 2022).

Grondstoffen

- Bevorderen beschikbaarheid grondstoffen
- Bevorderen verantwoorde winning

Circulariteit

- Actief inzetten op EU-batterijverordening
- Uitvoeren producentenverantwoordelijkheid
- Verminderen batterijbranden bij afvalverwerkers

Veiligheid

- Ontwikkelen analysemethode risicoprofiel batterijen
- PGS'en verankeren in Omgevingswet
- Stimuleren safe-by-design
- Actualiseren Bouwbesluit voor parkeergarages
- Kenbaarheid veiligheid en regels

Economische perspectieven

- Bevorderen uitwisseling in batterij-sector
- Stimuleren innovatie
- Stimuleren NL participatie in EU-programma's
- Verkennen bilaterale samenwerking
- Inzetten op EU-regelgeving datadeling
- Vaststellen internationale standaarden laadpalen
- Opleiden personeel op batterijgebied

Het energiesysteem

- Stimuleren innovatie energiediensten
- Verkennen systeem hergebruik in netwerk
- Inzetten flexibiliteit in het energiesysteem
- Onderzoek wegnemen dubbele heffing energiebelasting batterijopslag

PESTEL

Met de PESTEL-analyse worden de macro-omgevingsfactoren vanuit politiek, economisch, maatschappelijk, technologisch, milieukundig en juridisch perspectief belicht die van invloed zijn op de ontwikkeling van de batterijenketen. De PESTEL is ingestoken vanuit de leidende vraag:

Waar moet rekening mee gehouden bij de ontwikkeling van een businesscase voor circulaire batterijen en recycling van end-of-life Li-ion batterijen?

De PESTEL is opgebouwd uit een algemene beschouwing en vier impactbenaderingen die van invloed zijn op de circulariteit van batterijen, dit zijn:

- **Narrow the loop** - minder grondstoffen door minder product.
- **Slow the loop** - langer en intensiever gebruik van producten.
- **Close the loop** - sluiten van de kringloop en voorkomen van grondstofverliezen.
- **Substitute** – vervangen van grondstoffen door hernieuwbare, minder belastende of secundaire grondstoffen.

Daarbij is per impactbenadering onderscheid gemaakt naar generieke aspecten en ontwikkelingen in relatie tot de specifieke Li-ion batterijtypen NMC (nikkel, mangaan, kobalt) en LFP (lithium, ijzer, fosfaat). Dit laatste omdat zowel de materiaal- als de performancekarakteristieken van deze batterijtypen onderling verschillen. In de EU en in Nederland wordt de NMC-batterij nu nog met name toegepast bij elektrische voertuigen en de LFP-batterij met name bij stationaire energieopslag. Echter, omdat ook performance van LFP-batterijen steeds verbeterd, neemt het belang daarvan toe bij elektrische voertuigen, mobiele werktuigen en bij heavy-duty toepassingen.

Door voortdurende verbetering van prestaties en de introductie van nieuwe batterijontwerpen en -chemie, is het toepassingsgebied van deze batterijen aan een zekere dynamiek onderhevig en ontstaat er concurrentie. Nieuwe batterijontwerpen en -chemie kunnen echter consequenties hebben voor de circulariteit en recyclebaarheid daarvan.

Deel 3 – PESTEL analyse, algemene beschouwing

	Politiek	Economisch	Maatschappelijk	Technologisch	Milieu	Juridisch
ALGEMEEN	Green Deal en Ecodesign Richtlijn, beiden deels ingebed in o.m. de batterijenverordening met eisen t.a.v. de circulariteit van de batterijen waardeketen.	Stijgende vraag naar accu's voor elektrisch vervoer en stationaire opslag. Daardoor ook sterk stijgende kostprijzen batterijgrondstoffen /CRM's wereldwijd.	Gebruikers worden steeds meer bewust van het belang van circulariteit en willen duurzame producten kopen. Bedrijven zien kans om hun ecologische voetafdruk te verkleinen.	NL is sterk in de ontwikkeling van technologieën voor de nieuwe generatie batterijen, en heeft de kennis om nieuwe productie processen en recyclingmethoden te ontwikkelen.	Recycling van lithium, kobalt en andere metalen die in Li-ion batterijen worden gebruikt, kan leiden tot minder schade aan milieu en ecosystemen.	EU Battery Regulation (per 17-08-23 van kracht) Critical Raw Materials Act, w.o. vergunning termijnen (wordt vermoedelijk medio 2024 wet)
	NL ambitie om in 2030 50% circulair te zijn (100% in 2050) en om in 2050 voor 100% over te schakelen naar hernieuwbare energiebronnen.	De batterijenketen is niet compleet. Er is geen mijnbouw, batterij productie, recycling en raffinage capaciteit in NL, ook geen grootschalige OEM's die daarin belangen nemen.	Er is de afgelopen jaren een sterke stijging in de verkoop van EV's en elektrische fietsen. Prijzen hiervan worden lager, met als gevolg dat meer gebruikers elektrische vervoermiddelen aanschaffen.	Grote variëteit aan batterijontwerpen en -chemie maakt standaardisatie en automatisering bij recycling lastig.	Vervanging van kritieke grondstoffen door beter beschikbare, minder schadelijke en makkelijker te recyclen grondstoffen, kan leiden tot minder schade aan het milieu en ecosystemen.	ADR – regels voor het transporteren gevaarlijke stoffen w.o. batterijen. BEVI (tot eind 2023) /PGS 37-2 (vanaf begin 2024) - regels voor opslag van gevaarlijke stoffen, w.o. batterijen
	Toenemend protectionisme in wereldregio's (Azië, VS/CA, EU) en daarbinnen sorteren landen voor (ES, FR, GE, Scandinavische landen) om batterijenketen nationaal te sluiten. Incidenteel ook exportbeperkingen van CRM's aangekondigd (bijv. grafiet door China).	Vestigingsklimaat recycling en productie bedrijven in NL niet optimaal door lange duur vergunningverlening (2-5 jr.) en hoge kosten voor arbeid, vestiging en energie. Qua logistiek en distributie ligt Nederland geografisch gunstig.	Politiek en maatschappelijk druk om minder afhankelijk te worden van mineralen uit conflictgebieden zoals Congo, dit betreft kobalt.	-	Vervanging van goedkopere grondstoffen aan de voorkant, kan echter ook leiden tot een potentiële recycling issues aan de achterkant en is daarom niet per se beter.	ESPR - Ecodesign for Sustainable Products Regulation, w.o. 'right to repair' en product moet demontabel zijn (EU besluit verwacht eind 2025)
NMC	-	NMC 60% marktaandeel, afnemend in % t.o.v. LFP maar toenemend in totaal volume. Grondstoffen duurder t.o.v. LFP, daardoor relatief gunstige businesscase voor recycling.	M.n. toegepast in applicaties die om vermogen vragen, zoals in EV's en krachtwerktuigen	Hogere energiedensiteit en piekvermogen, doch kortere levensduur (1.000 – 2.000 cycli) en brandgevaarlijker dan LFP. Volgende generatie met verbeterde eigenschappen is solid-state (o.m. LionVolt).	Gebruik van CRM's kent issues: kobalt komt uit conflictgebied DRC (Congo) en nikkel en mangaan zijn schaars.	-
LFP	-	LFP 30% marktaandeel, toenemend in % t.o.v. NMC en in totaal volume (steeds vaker toegepast in EV's en heavy-duty toepassingen). Grondstoffen goedkoper t.o.v. NMC, daardoor minder gunstige businesscase voor recycling.	M.n. toegepast in applicaties die om constante spanning vragen, zoals in consumenten elektronica en grootschalige energieopslag, en sinds recent in toenemende mate ook in EV.	Lagere energiedensiteit met constant vermogen, langere levensduur (2.000 – 3.000 cycli) en minder brandgevaarlijk dan NMC. Volgende generatie met verbeterde eigenschappen is solid-state.	Gebruik van CRM's kent issues: lithium wordt deels gewonnen uit Zuid-Amerika waar ecosystemen ontworpen raken, fosfaat is schaars en ook nodig voor voedselproductie. Lage renderende grondstoffen (t.o.v. NMC) kan recycling issues opleveren.	-

Deel 3 – PESTEL analyse ‘narrow the loop’

	Politiek	Economisch	Maatschappelijk	Technologisch	Milieu	Juridisch
ALGEMEEN	Past binnen de Nederlandse doelstellingen t.a.v. circulariteit en binnen het innovatiebeleid. Hiervoor kan subsidie worden verkregen, met als voorbeeld NGF project ‘Material Independence & Circular Batteries’	Sterke toename vraag naar batterij CRM’s met als gevolg sterke prijsstijgingen. In 2022 was 60% van de vraag naar lithium, 30% van de kobalt en 10% van de nikkel bestemd voor EV-batterijen. Vijf jaar eerder bedroeg dit resp. 15%, 10% en 2%.	Gebruikersgedrag eerder ingegeven door verbeterde performance en prijs, dan door bewuste keuze voor batterijen met minder kritieke of schadelijke grondstoffen.	Volgende generatie Li-ion batterijen (w.o. solid-state) met hogere energiedensiteit en langere levensduur, daardoor minder grondstoffen nodig.	Het gebruik van minder grondstoffen en minder schadelijke grondstoffen in Li-ion batterijen is gunstig voor het milieu, maar het maakt wel uit welke materialen daarvoor in de plaats komen.	Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR), w.o. ‘right to repair’ en product moet demontabel zijn (EU besluit eind 2025)
	-	Voor bepaalde stationaire energieopslag toepassingen zijn o.m. Na-ion en redox-flow batterijen in ontwikkeling, hierin worden weinig tot geen CRM’s toegepast, gaan lang mee en zijn relatief goedkoop.	Het ontwerp van nieuwe batterijtypen is vnl. gericht op verbeterde performance en verlaging van productiekosten, vermindering van CRM’s is daarvan soms het gevolg maar niet de drijfveer.	Volgende generatie stationaire energieopslagbatterijen (w.o. redox-flow) zijn gebaseerd op een totaal ander ontwerp en chemie, zonder CRM’s, met lagere energiedensiteit maar gaan langer mee.	Nieuwe materialen kunnen het lastiger maken de batterij te recyclen en hieruit battery-grade grondstoffen te herwinnen, waardoor deze alsnog uit primaire bronnen moet worden verkregen.	
NMC	-	Nieuwe batterijontwerpen en chemie zorgen voor verbeterde performance en levensduur, daardoor minder grondstof nodig per kWh en worden batterijen relatief steeds goedkoper.	-	Silicium om grafiet in de anode te vervangen, lithiummetaal anodes en nanocoatings voor hogere energiedensiteit en deels vervangen of verminderen van CRM’s. Hierdoor per kWh minder grondstoffen nodig.	-	-
LFP	-	IJzer en fosfor gebruikt i.p.v. CRM’s nikkel, mangaan en kobalt. Deze zijn beter beschikbaar en goedkoper. LFP batterijen hebben een langere levensduur dan NMC (meer oplaadcycli), daardoor minder grondstof nodig per kWh en worden batterijen relatief steeds goedkoper.	-	IJzer en fosfor worden gebruikt i.p.v. nikkel, mangaan en kobalt, waardoor er minder CRM’s worden gebruikt. Daarnaast verbetert ook de performance waardoor er per kWh minder grondstoffen nodig zijn.	-	-

Deel 3 – PESTEL analyse ‘slow the loop’

	Politiek	Economisch	Maatschappelijk	Technologisch	Milieu	Juridisch
ALGEMEEN	Past binnen de Nederlandse doelstellingen t.a.v. circulariteit en het innovatiebeleid. Hiervoor kan subsidie worden verkregen, met als voorbeeld NGF project ‘Material Independence & Circular Batteries’	Van fietsbatterijen is 70-80% te repareren (NOWOS) en bij EV-batterijen is een deel geschikt voor herbestemming (SNT en NOWOS). Dit biedt veel potentieel maar gebeurt nog relatief weinig.	Gebruikers kijken vaker of iets te repareren valt, dan pas afdanken. Ook is er toenemende interesse voor herbestemming van batterijen voor stationaire energie opslag.	AI voor state of health van batterijen om snel en op grote schaal te bepalen welke batterijen nog geschikt voor het 1 ^e of een 2 ^e gebruik.	Beperkte losmaakbaarheid van batterijen uit producten leidt tot onnodig vervroegd in de afvalfase brengen van batterijen en onttrekt deze aan het recyclingpotentieel.	EU Battery Regulation ADR BEVI /PGS 37-2
	-	-	Bij het ontwerp van batterijen wordt geen rekening gehouden met herbestemming, en worden er keuzes gemaakt die reparatie en hergebruik onmogelijk maken en de veiligheid in gevaar brengen.	Nieuwe generatie batterijen (w.o. solid-state) gaan langer mee, zijn minder ontvlambaar en hebben daardoor beter potentieel voor reparatie en herbestemming.	-	Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR), w.o. ‘right to repair’ en product moet demontabel zijn (EU besluit eind 2025)
NMC	-	Na het eerste gebruik heeft de NMC batterij minder potentieel voor repurposing als stationaire batterij, want heeft daar niet de juiste eigenschappen voor. Dit gebeurt wel regelmatig, maar recycling is feitelijk een betere optie om daarmee aan de grote vraag naar grondstoffen te kunnen blijven voldoen.	-	Diagnose en reparatie van eerste gebruik batterijen (SNT en NOWOS). Herbestemming van EV-batterijen ten behoeve van stationaire opslag (Refurb). Geautomatiseerde diagnose hergebruikspotentieel batterijen (Circu Li-on)	-	ADR – maakt het lastig gebruikte batterijen naar NL te transporteren en visa versa BEVI /PGS 37-2 – maakt het lastig om beschadigde batterijen grootschalig te repareren of te hermaken
LFP	-	LFP batterij kan vaker opladen en gaat langer mee dan NMC batterij, heeft daardoor betere eigenschappen en potentieel voor repurposing als stationaire batterij.	-	Diagnose en reparatie van eerste gebruik batterijen (Spiers). Herbestemming van EV-batterijen ten behoeve van stationaire opslag (Refurb). Geautomatiseerde diagnose hergebruikspotentieel batterijen (Circu Li-on)	-	ADR – maakt het lastig gebruikte batterijen naar NL te transporteren en visa versa BEVI /PGS 37-2 – maakt het lastig om beschadigde batterijen grootschalig te repareren of te hermaken

Deel 3 – PESTEL analyse ‘close the loop’

	Politiek	Economisch	Maatschappelijk	Technologisch	Milieu	Juridisch
ALGEMEEN	Verschillende landen investeren fors batterijproductie en recycling, vanuit economisch belang en om daarmee doelstellingen t.a.v. circulariteit te halen. Frankrijk, Spanje, Duitsland, Scandinavië en Canada vormen technologie clusters en houden grondstoffen binnen de eigen kringloop.	Gerecyclede grondstoffen zijn veel duurder dan primaire grondstoffen. Dit i.c.m. concurrentie op productiekosten zorgt voor een belemmering van gebruik van recycalaat. Mogelijk is er subsidie of andere maatregel nodig voor recycling van bepaalde batterijtypen te bevorderen (w.o. LFP).	Gebruikers worden wel steeds meer bewust van de noodzaak van een circulaire economie, maar vooral kleine batterijen worden niet ingeleverd of geïntegreerd in een product bij het afval gegooid met alle veiligheidsrisico's van dien (branden bij afvalinzamelaars).	Grote variëteit aan batterijontwerpen en -chemie maakt gestandaardiseerde recycling lastig, en voor solid-state batterijen is er nog geen recycleproces.	Afhankelijk van het recycling proces zit er een groot verschil tussen de recycling percentages en zuiverheden van herwonnen grondstoffen, ook t.a.v. de schadelijkheid en herwinbaarheid van de chemicaliën die daarbij worden gebruikt. Qua milieu impact kan dit veel uitmaken.	EU Battery Regulation - olopende percentages herwinning grondstoffen ADR BEVI /PGS 37-2
	Past binnen de Nederlandse doelstellingen t.a.v. circulariteit en het innovatiebeleid. Hiervoor kan subsidie worden verkregen, met als voorbeeld NGF project 'Material Independence & Circular Batteries'.	Batterijproductie en recycling ligt vaak dicht bij elkaar vanwege o.m. rejects bij de productie van nieuwe batterijen. Dit is geen wetmatigheid en zal in de toekomst vnl. worden bepaald door batterij inzamellogistiek en EU transportroutes.	Bij het ontwerp van batterijen wordt geen rekening gehouden met recycling, en worden er keuzes gemaakt (bijv. geïntegreerd in chassis bij EV's) die recycling onmogelijk maken en de veiligheid in gevaar brengen. Ook bedrijven als ARN kunnen daar last van krijgen.	Invoering van een batterijpaspoort (bijv. door Circularise) kan bijdragen de traceerbaarheid van batterijen en de communicatie in de waardeketen te verbeteren, en leiden tot betere en snellere sortering- en selectiemethoden bij recycling.	-	Critical Raw Materials Act - olopende percentages herwinning CRM's, verkorting vergunningprocedures voor recyclingactiviteiten van CRM's en aanstellen van een nationale coördinator
NMC	-	Hydrometallurgie is in opmars t.o.v. pyrometallurgie. Hiermee kunnen momenteel recycling percentages van ruim 70% en 95% behaald worden.	-	Innovaties, doch experimenteel: 1) re-design van het hydrometallurgisch proces. 2) ultrasone scheiding i.c.m. hydrometallurgisch proces. Beiden met een hoger dan het gangbare recycling percentage en met potentieel tot herwinning van grafiet die bij de meeste andere technologieën verloren gaat.	Bij het 'gangbare' hydrometallurgische proces worden veel schadelijke chemicaliën gebruikt die na gebruik met de juiste voorzorgsmaatregelen moeten worden behandeld of afgevoerd. Bij het re-design hydrometallurgisch proces worden minder schadelijke chemicaliën gebruikt, bij ultrasonische scheiding in mindere mate.	-
LFP	-	In beginsel idem als bij NMC, echter businesscase voor recycling is minder gunstig.	-	In beginsel idem als bij NMC.	In beginsel idem als bij NMC.	-

Deel 3 – PESTEL analyse ‘substitute’

	Politiek	Economisch	Maatschappelijk	Technologisch	Milieu	Juridisch
ALGEMEEN	China is wereldwijd de dominante leverancier van batterij-gerelateerde grondstoffen. Door gebruikmaking van meer gangbare grondstoffen als substituten, kan deze afhankelijkheid afnemen.	Voor stationaire energieopslag en voertuigen met klein bereik komt concurrentie van de Na-ion batterij (CATL en Northvolt), voor grootschalige stationaire opslag van de redox-flow batterij (Elestor) en de Li-S batterij. Deze zullen naar verwachting goedkoper zijn dan Li-ion batterijen (NA-ion 30% goedkoper).	Slechts een kleine groep gebruikers maakt t.a.v. substituten een bewuste keuze. Het is doorgaans de CAPEX en OPEX die de doorslag geeft. Verlaging van kosten door substitutie van CRM's speelt daarbij zeker een rol.	Innovaties m.b.t. solid-state batterijen zijn o.a. gericht op vervangen van de grafiet anode door silicium structuren bij zowel NMC als LFP batterijen. Daarbij zijn deze batterijen gebaseerd op 'droge' chemie waardoor deze minder vatbaar zijn voor verval /meer oplaadcycli meegaan en bovendien veel minder brandgevaarlijk.	In Na-ion, Redox-flow en Li-S batterijen zijn weinig tot geen CRM's verwerkt en is in beginsel gunstig, maar het maakt wel uit welke materialen daarvoor in de plaats komen en in welke mate deze recyclebaar zijn.	EU Battery Regulation - substitutie van primaire grondstoffen door secundaire grondstoffen
	Past binnen de Nederlandse doelstellingen t.a.v. circulariteit en het innovatiebeleid. Hiervoor kan subsidie worden verkregen, met als voorbeeld NGF project 'Material Independence & Circular Batteries'	Vervanging van dure CRM's door gangbaarder, goedkopere grondstoffen maakt de batterij per kWh goedkoper.	-	Na-ion batterijen zijn in opkomst en kunnen NMC en LFP batterijen voor bepaalde toepassingen vervangen. Ditzelfde geldt voor Redox-flow en Li-S batterijen (5x hogere energiedensiteit dan Li-ion), beiden nog in experimentele fase waarbij Redox-flow verder gevorderd is dan de Li-S batterij.	-	-
NMC	-	De NMC-batterij ondervindt momenteel al concurrentie van de LFP batterij, dit zal toenemen naarmate de performance verbeterd. Mogelijk komt daar op termijn de Li-S batterij bij.	-	Lithiummetaal anodes en nanocoatings die CRM's deels vervangen of het gebruik daarvan verminderen.	-	-
LFP	-	De LFP-batterij zal op termijn m.n. m.b.t. stationaire opslag en deels bij EV toepassingen concurrentie gaan ondervinden van de Na-ion, de Redox-flow en mogelijk Li-S batterij.	-	Vervanging van CRM's nikkel, mangaan en kobalt in de anode door lithium, ijzer en fosfaat.	LFP-batterijen bevatten fosfaat, dit wordt ook gebruikt voor voedsel productie. Dit kan oplopen tot 1% van de wereldvoorraad aan fosfaat. Geen onmiddellijk probleem, maar kan in de toekomst tegenstrijdige belangen opleveren.	-

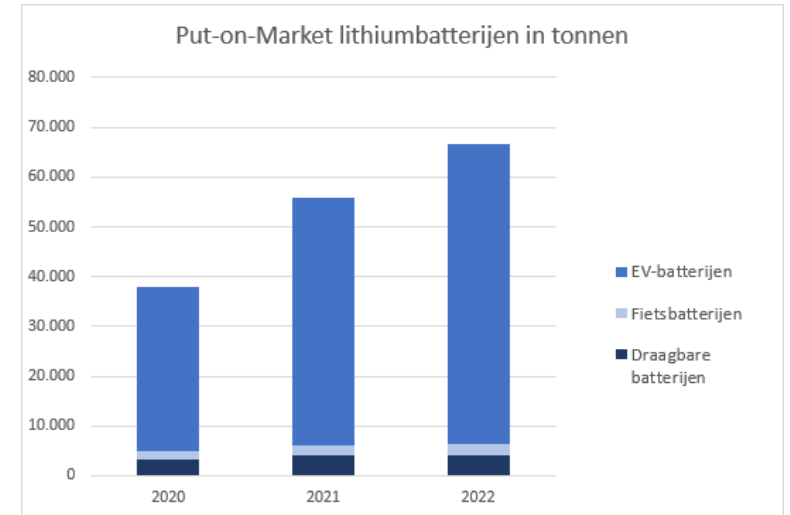
Batterijen op de Nederlandse markt

Er is een Nederland een sterk stijgende trend in Put-on-market (POM) van Li-ion fiets- en draagbare batterijen, EV-batterijen en batterijen voor stationaire energieopslag. Dit zal op termijn leiden tot een significante groei van het potentieel herbruikbare (circulair) en te recyclen batterijen. In 2022 bedroeg de totale POM ruim 65.000 ton, waarbij de batterijen voor stationaire energieopslag nog niet zijn meegerekend omdat deze kengetallen moeilijk te verkrijgen zijn.

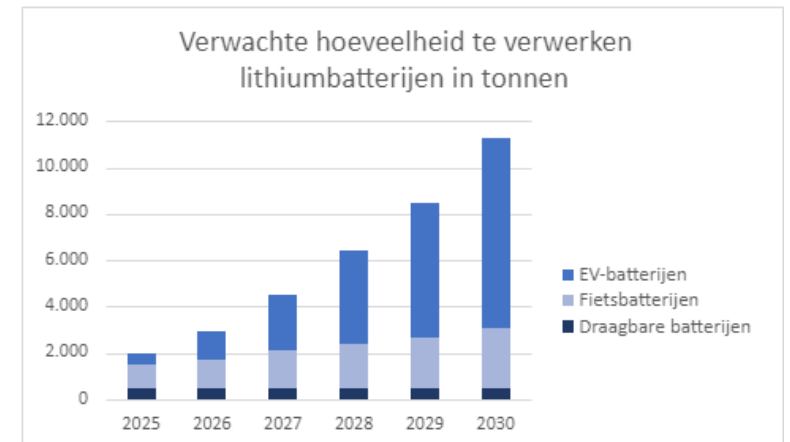
Li-ion batterijen kennen afhankelijk van het gebruik en batterijtype verschillende levensduren, dit bedraagt gemiddeld: draagbaar 2-4 jaar, fiets 4-6 jaar, EV 8-12 jaar en stationair 12-18 jaar. Dit houdt in dat deze batterijen pas meerdere jaren na aankoop beschikbaar komen voor circulaire opties, waarna deze enkele jaren daarna beschikbaar komen voor recycling.

Uit gecombineerde gegevens van Stibat, EPAC en ARN blijkt dat het in 2023 ingezamelde volume end-of-life Li-ion batterijen circa 800 ton bedraagt, nu 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 en van stationaire energieopslag batterijen is vrij weinig bekend en zou hieraan toegevoegd moeten worden om het feitelijke circulair en recycling potentieel te completeren.

Het volume batterijen geschikt voor circulaire opties is nu nog gering maar zal snel oplopen. Het werkelijke echter volume is lastig te bepalen omdat kleine batterijen niet kunnen worden hergebruikt (thans nog de hoofdmoot) en herbruikbare EV-batterijen nog maar mondjesmaat op de markt verschijnen, en deze ook deels door automotive OEM's zelf weer worden ingenomen. Fietsbatterijen worden wel volop gerepareerd en ingezet voor hetzelfde of een ander doel.



Bron: Stibat, EPAC en RVO, bewerkt door KplusV, 2023

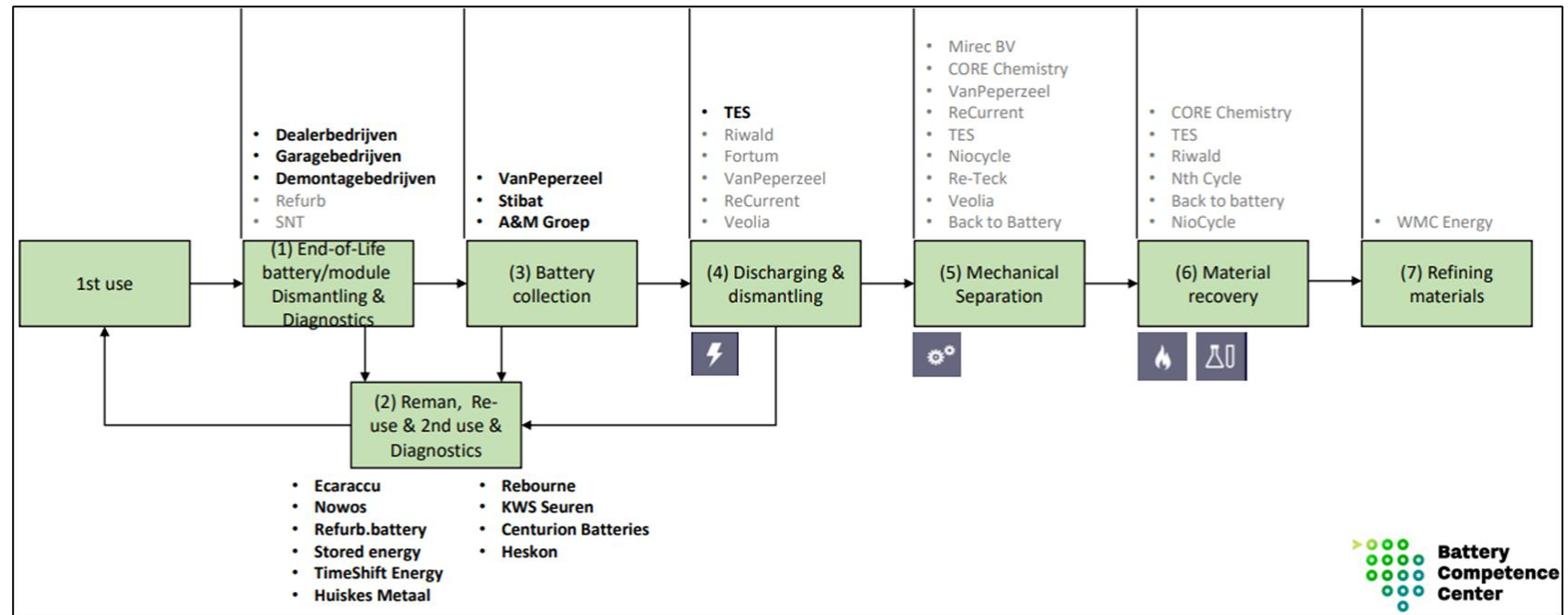


Bron: Stibat, EPAC en ARN, bewerkt door KplusV, 2023

De downstream waardeketen

De batterijenketen in Nederland is niet compleet. Er is geen mijnbouw, batterijenproductie, hydrometallurgie of raffinage van batterijgrondstoffen, en ook is het aantal grootschalige batterijen of automotive OEM’s dat hierin activiteiten ontplooit beperkt. Langs de R-ladder van circulariteit worden meerdere activiteiten ontplooid en ook zijn er meerdere organisaties actief in batterijenrecycling. Toch is dit nog gering en te incompleet om de keten in Nederland te kunnen sluiten, en nog onvoldoende om de toekomstige stroom end-of-life batterijen aan te kunnen.

Hieronder een overzicht van organisaties die momenteel op verschillende delen van de keten circulaire en recyclingactiviteiten ontplooiën.



Qua recycling gaat het momenteel met name om voorbereiding en voorbehandeling, en zijn er initiatieven voor direct-recycling (shredde, black-mass productie). Veel daarvan bevinden zich nog in de experimentele fase.

Hoofdbehandeling en verdere raffinage van batterijgrondstoffen is er (nog) niet. TES zal in 2024 eerst starten met shredderen en productie van black-mass, en zal daar naar verwachting in 2026 hydrometallurgie aan toevoegen.

Activiteiten langs de R-ladder van circulariteit

Langs de R-ladder (afbeelding rechtsonder) worden er in Nederland meerdere strategieën ontplooid om batterijen zo lang mogelijk in de gebruiksfase te houden. Voor kleine batterijen is dit nauwelijks mogelijk, maar voor systeembatterijen zoals voor fietsen en EV's kan dat wel. Ongeveer 80% van de uitgeselecteerde fietsbatterijen kunnen na het eerste gebruik worden gerepareerd, dit volume neemt toe. Voor EV-batterijen kan dat in principe ook, maar het volume beschikbare batterijen neemt sinds enkele jaren af. Deels omdat OEM's deze batterijen ook zelf weer innemen, of dat zo zal blijven is niet duidelijk. Het circulaire potentieel van stationaire batterijen is nog onduidelijk, maar individuele batterijmodules kunnen worden vervangen waardoor het systeem verder intact en werkend blijft.

Refuse, Rethink & Reduce

- **E-magy** - poreus silicium vervangt grafiet, hogere energiedichtheid en verlengt levensduur.
- **Powall** - nanocoating verminderd gebruik CRM's en verlengt levensduur.
- **LeydenJar** - pure silicium anode vervangt grafiet en verlengt levensduur.
- **LionVolt** - solid-state batterij met hogere energiedichtheid, korte laadtijd en langere levensduur.

Reuse

- **NOWOS** - herstellen van Li-ion batterijen voor verlengde levensduur.
- **BOVAG** - herstellen van fiets-/scooterbatterijen voor verlengde levensduur.
- **Spiers New Technologies** - diagnose en reparatie van eerste gebruik batterijen.



Bron: RVO

Repair, Refurbish, Remanufacture en Repurpose

- **Ecarpower** - renovatie en herbestemming van EV batterijen t.b.v. stationaire energieopslag.
- **NOWOS** - reparatie en herbestemming van Li-ion en EV-batterijen t.b.v. stationaire energieopslag.
- **Refurb** - renovatie en herbestemming van EV-batterijen t.b.v. stationaire energieopslag.
- **TimeShift Energy** - reparatie en herbestemming van EV-batterijen t.b.v. stationaire energieopslag.
- **Circu Li-on** - snelle geautomatiseerde diagnose en reparatie /refurbishment van systeembatterijen.

Recycle

Zie volledig overzicht op pagina 28, noemenswaardig is de volgende ontwikkeling in Duitsland:

- **Cylib (DE)** - op basis van een nieuw thermisch en hydrometallurgisch proces kan ook grafiet worden teruggewonnen. Dit is relevant vanwege de huidig exportbeperkingen door China.

Recover

Brandbare restfractie zal in toenemende mate worden omgezet in energie, de niet brandbare minerale fractie ontdaan van de meeste metalen (slak of as) gaat naar de cementindustrie.

Keten-ondersteunen

- **Circularise** - ontwikkeling van een batterijpaspoort op basis van blockchain, voor registratie en snelle identificatie van batterijtypen en communicatie tussen ketenpartners. De invoering van een batterijpaspoort is een verplichting vanuit de batterijenverordening, maar kan ook behulpzaam zijn bij snelle sortering en recycling van batterijen en inzichten verschaffen m.b.t. investeringen.

EV BATTERY
Circularise Battery Passport
 Battery ID: Oxe2...DB05

200 kg
 Batch Traceability

ACCESS VIA **SMART QUESTIONING**

Required information

- Battery type
- Battery model
- Durability
- Performance

Additional information

- Product Name
- Manufacturing Site
- Recycled content
- End of life collection information
- Battery health
- GHG Emissions
- Declaration of conformity
- Hazardous substances
- Certifications
- Supply chain due dilligence policy

Chain of custody

- 09/07/2022, 10:00
Battery serviced
- 06/10/2021, 08:10
[Car] sold to consumer
- 20/09/2021, 15:26
Battery build into [car]
- 08/09/2021, 14:55
Battery sold to [automotive OEM]

Digital Product Passports by **CIRCULARISE**

Bron: Circularise

Recyclingvraag versus -capaciteit

De hoeveelheid ingezamelde end-of-life Li-ion batterijen bedraagt in 2023 circa 800 ton en zal naar verwachting oplopen naar 11.500 ton in 2030. Vanwege het huidige gebrek aan recyclingcapaciteit op hoofdbehandeling in Nederland, brengen Stibat en EPAC hun batterijen momenteel ter recycling naar Umicore in België, en ARN naar recyclers in Duitsland, Frankrijk en Finland. Voorbehandelingen worden wel in Nederland uitgevoerd.

De enige aanbieder in Nederland die op relatief korte termijn recyclingcapaciteit kan leveren is TES. Dit betreft shredderen + productie van black-mass en zal met een begincapaciteit van 10 Kton per medio 2024 operationeel zijn, in 2026 zal daar hydrometallurgie worden toegevoegd om ook battery-grade grondstoffen te produceren. De recyclingcapaciteit zal tegen die tijd naar verwachting oplopen naar 25 Kton per jaar.

Daarnaast lopen er voor zover bekend 11 initiatieven die uiteenlopen van recyclingvoorbehandeling, -hoofdbehandeling en de raffinage van batterijgrondstoffen. Deze initiatieven bevinden zich bovendien in verschillende stadia van planvorming, waarvan sommigen zich al aan het voorbereiden zijn op de vergunningaanvraag.

Uit interviews kwam naar voren dat de meeste recyclingactiviteiten doorgaans opstarten op demoschaal met een capaciteit vanaf 1 Kton, maar ook dat pas vanaf een gemiddelde capaciteit van 10 Kton het economisch interessant wordt de activiteit bedrijfsmatig uit te blijven voeren. Uitgaande van de doelstelling van minimaal 10 Kton capaciteit per initiatief en rekening houdend met het feit dat sommige activiteiten deel uitmaken van dezelfde behandelingsroute (decentrale voorbehandeling gevolgd door centrale hoofdbehandeling en raffinage), zou daarmee de theoretisch additionele recyclingcapaciteit uitkomen op 50-80 Kton batterijen per jaar, en ligt daarmee veel hoger dan Nederlandse vraag naar recycling capaciteit.

Tijdens een later dit jaar (2023) door BCC-NL georganiseerd overleg met de initiatiefnemers van de verschillende recyclingactiviteiten, zal moeten blijken hoe concreet deze plannen zijn, om welke activiteiten het precies gaat en in welke uitvoeringscapaciteit. Daarbij zal ook in kaart worden gebracht of deze ambities zijn gericht op louter de Nederlandse markt of met name de internationale markt, en of samenwerking kan leiden tot synergiën.

Aangezien deze bijeenkomst nog niet heeft plaatsgevonden, zijn de uitkomsten daarvan niet meegenomen in deze verkenning.

Recyclingvraag versus -capaciteit (2)

Indien een deel van de op vorige pagina genoemde initiatieven binnen afzienbare tijd kunnen worden gerealiseerd, dan is dat qua voorbehandeling en direct-recycling ruim voldoende om op nationaal niveau aan de toenemende recyclingvraag te kunnen voldoen. Capaciteit op hoofdbehandeling en verdere raffinage is mogelijk en gebeurt ook (TES), maar de achterstand op andere landen is groot en roept de vraag op of deze capaciteit op nationaal niveau of binnen een bredere landenregio moet worden georganiseerd.

Consensus uit afgenomen interviews: *“Het sluiten van de kringloop door hoogwaardige recycling en raffinage kan vanwege de ‘economy of scale’ het beste binnen een bredere Europese context worden afgestemd”*

Met daarbij de opmerking dat voorbereiding, voorbehandeling, shredderen en black-mass productie als minimum standaard niveau voor recycling wel in Nederland georganiseerd zou moeten worden, mede vanuit het Nabijheid & Zelfvoorzieningen beginsel waarbij alle EU lidstaten een adequaat geïntegreerd netwerk tot stand moeten brengen ten aanzien van afvalverwijdering en recycling.

Om in 2030 de batterijenketen in Nederland te kunnen sluiten, zal minimaal de volgende recyclingcapaciteit moeten worden gerealiseerd*:

11.500 ton voorbehandelingscapaciteit (m.n. ontladen en ontmantelen)

9.500 ton shreddercapaciteit + opwerking tot black mass (netto gewicht na ontmanteling bedraagt ca. 80%)

4.750 ton hydrometallurgische capaciteit (netto gewicht black-mass na shredderen bedraagt 40-50%)

2.000 ton raffinagecapaciteit (aandeel CRM's in black-mass is 35-40% en ca. 50% wanneer ook het grafiet wordt teruggewonnen)

Echter, gelet op het aantal en omvang van recycling-initiatieven in verschillende stadia planvorming, lijkt de recyclingcapaciteit de vraag daarnaar al snel te gaan overstijgen. Een verklaring daarvoor zou kunnen zijn dat de keten voorsorteert op import van EoL batterijen uit andere Europese landen, maar helemaal zeker is dat niet. Indien juist, dan is het denkbaar daarvoor strategisch gelegen doorvoerlocaties aan te wijzen om grootschalige recycling te faciliteren en om aansluitende processtappen daar te clusteren (wellicht in havengebieden). Een dergelijk scenario zou een gunstige uitwerking kunnen hebben bij het aantrekken van raffinage- en batterijproductiebedrijven.

* De volumes EoL batterijen uit parallelle EV-import en uit stationaire energieopslagbatterijen zijn hier nog niet bij inbegrepen. De laatste categorie gaat lang mee en zal pas na 2030 pas enige vorm van substantie gaan vertegenwoordigen.

Het ecosysteem

BCC-NL

Het batterijenecosysteem in Nederland wordt mede gevormd door het publiek-private samenwerkingsprogramma Battery Competence Cluster Nederland (BCC-NL). Dit is een programma waarbij bedrijven, kennisinstellingen en organisaties krachten bundelen om kennis en competenties op te bouwen op het gebied van batterijtechnologie. De focus ligt momenteel nog op de ontwikkeling van innovatieve midstream batterijtechnologieën, maar door penvoerderschap van NGF-project 'Material Independence & Circular Batteries' zal deze worden verbreed naar downstream innovaties rond circulariteit en recycling.

BCC-NL betreft momenteel echter geen rechtsvorm en heeft geen missie of mandaat om de belangen van overheid of ketenpartners te behartigen. Onduidelijk is of BCC-NL op termijn zal evolueren tot een feitelijke ecosysteem-entiteit. Ambities op dit punt zijn niet kenbaar gemaakt.

Energy Storage NL

Energy Storage NL is een brancheorganisatie voor de Nederlandse energieopslagsector en onderdeel van FME. Hieraan zijn ruim 100 leden verbonden (bedrijven, netbeheerders, kennisinstellingen en financiers) die gezamenlijk inzetten op het ontwikkelen van haalbare business cases voor duurzame grootschalige energieopslag. Hiermee wordt bijgedragen aan de transitie naar een schone, betrouwbare en betaalbare energievoorziening. Energieopslag in deze context heeft zowel betrekking op warmte als elektriciteit, en is niet beperkt tot energieopslag met gebruik van Li-ion batterijen.

BCC-NL vanuit de batterijenketen en Energy Storage NL vanuit toepassingsgebieden, werken samen op het snijpunt van batterijtechnologie waaronder in NGF-project 'Material Independence & Circular Batteries'. Dit NGF-project, onder penvoering van BCC-NL, wordt t.a.v. circulariteit en recycling (pijler 3) momenteel herzien en begin 2024 opnieuw ter goedkeuring ingediend (meer inhoudelijke details op pagina 46).

Ambities van geïnterviewden

Tijdens de interviews zijn de ambities van betrokken organisaties in beeld gebracht, hieronder een overzicht van de belangrijkste daarvan:

Organisatie	Activiteit	Ambitie	Toelichting
Van Peperzeel	Sortering batterijen	Onbekend	-
TES	Shredderen batterijen + productie black-mass Hydrometallurgische behandeling	Operationeel in 2024 (10 Kton) Capaciteit toevoegen in 2026 (25 Kton)	- Intern innovatieproces gaande
Spiers New Technologies	Reparatie 1 ^e gebruik EV batterijen Remanufacturing EV batterijen	Capaciteit uitbreiden Activiteit toevoegen, op grote schaal	- Verwacht issues i.v.m. ADR en PGS 37-2
Auto Recycling Nederland	Aantal EV inzamel- /opslaglocaties Doorstroom naar recyclers	Capaciteit uitbreiden Keuzemogelijkheden uitbreiden	Verwacht issues i.v.m. PGS 37-2 -
Umicore	Recycling d.m.v. pyro- i.c.m. hydrometallurgisch proces, en productie batterij halffabricaten	Uitbreiden joint-ventures met batterijen- en automotive OEM's in de EU en daarbuiten	ADR is een bottleneck, m.n. in Duitsland
NOWOS	Reparatie en herbestemming Li-ion batterijen	Marktexpansie in Europa, te beginnen bij DE en IT	-
Stibat, OPEN en WeCycle	Batterijeninzameling Doorstroom naar recyclers	Percentage inzameling verhogen, regierol verstevigen Keuzemogelijkheden uitbreiden	Lastig te halen, Li-ion gaan lang mee -
BCC-NL	Ecosysteem	Uitbreiden focus naar circulaire en recycling activiteiten, en uitbreiden /verstevigen contact met buitenlandse ecosystemen	-
TNO	Onderzoek naar batterij ontwerp en chemie	Meer focus op nieuwe generatie batterijontwerpen en -chemie, en recycling daarvan	-
Overig	Voorbehandelingen, shredderen batterijen en productie black-mass	Deels introductie van nieuwe activiteit en deels uitbreiding van bestaande capaciteit	Zie overzicht op pagina 29

Status quo

Met name de EU Batterijenverordening en de Critical Raw Materials Act zijn kaderstellend t.a.v. de respectievelijk circulariteit en recycling van batterijen en zekerstelling van beschikbaarheid van kritieke grondstoffen die daarvoor nodig zijn. Aangesloten zijn op een volwaardige waardeketen is dan van belang om aan deze randvoorwaarden te kunnen voldoen.

Het ontbreekt Nederland echter nog aan essentiële schakels in de keten, zoals: de productie van batterijen, recycling hoofdbehandelingen (m.n. hydrometallurgie) en verdere raffinage van CRM's. De cirkel is niet rond, het is vooralsnog een Europees speelveld.

Ook loopt Nederland achter op andere landen bij de ontwikkeling van recyclingtechnologieën en -capaciteit, en kan er aan de huidige capaciteitsvraag nog niet worden voldaan. Het is maar de vraag of Nederland deze achterstand kan inlopen, dit terwijl er al veel in recyclingcapaciteit elders wordt geïnvesteerd en deze bovendien al dicht op de realisatie daarvan zit.

Evengoed rechtvaardigen toekomstige batterijvolumes nationale inzet en is er verregaande bereidheid onder bedrijven om logistiek, ontmanteling, ontladen, mechanisch scheiden en het transport van batterijen en materialen binnen Europa ter hand te nemen. Ook is er bereidheid tot investeren in direct-recycling (shredderen en black-mass produceren), ook in hoofdbehandelingen (hydrometallurgie) en is er interesse voor raffinage van lithium.

Waar tegenaan gelopen wordt zijn problemen bij het vinden van de juiste vestigingslocatie, het verkrijgen van vergunningen, de vele instanties waarmee gedeald moeten worden en de lange procesduur tot aan vergunningverlening (2 – 5 jaar). Door gebrek aan kennis bij vergunning verlenende instanties en omgevingsdiensten wordt het vestigen van een recyclingbedrijf bemoeilijkt; nieuwkomers ervaren een woud aan regels en bestaande bedrijven kunnen geen kant op.

Quote Johan van Peperzeel: “Acuut probleem voor opslag en vergunningverlening, herbruikbare of repareerbare batterijen zijn geen afval!”

Quote Nivar Fuchs: “Het vestigingsklimaat in NL is uitdagend vanwege de complexiteit van regelgeving en een woud aan instanties die je moet raadplegen voordat je een vergunning kunt krijgen”

Optimalisatie van kansen

Bij de analyse van kansen en belemmeringen en de verdere optimalisatie daarvan, worden een aantal aspecten nader tegen het licht gehouden. Dit zijn: inzicht, ambitie, innovatie, uitvoeringscapaciteit, wettelijk kader, financiering, internationale samenwerking en ecosysteem. Daarna gevolgd door een korte beschouwing langs de R-ladder van circulariteit.

Optimalisatie van kansen – inzicht en ambitie

Onderwerp	Observatie	Optimalisatie
Inzicht	Hierbij gaat het om inzichten in het volume en type batterijen (NMC, LFP, anders) in omloop, nu en in de toekomst. Het op de markt plaatsen van batterijen moet in beginsel worden gemeld aan Rijkswaterstaat, de Inspectie Leefomgeving en Transport ziet daarop toe. Toch worden deze melding niet altijd gedaan. Ook ARN, Stibat en ERAC houden gegevens bij, maar m.b.t. stationaire batterijen en parallelle import van EV's zijn deze gegevens vrij lastig te achterhalen. Goed inzicht in batterijstromen is noodzakelijk om ambitie, strategie en op termijn de capaciteit daarop te kunnen inrichten.	Meldingssysteem verbeteren voor de registratie van put-on-market batterij volumes, type, toepassing, en statuswijziging van batterijen (bij statuswijziging is er feitelijk sprake van een nieuwe producent). Vanuit de EU Batterijverordening en de Afvalstoffenwetgeving zijn er verplichtingen, maar mogelijk ook deze nog onvoldoende uitgebreid om hiervan een goed beeld te krijgen.
Ambitie	Tot op heden heeft marktwerking er nog niet toe geleid dat er in Nederland voldoende recyclingcapaciteit is gerealiseerd, al helemaal niet wanneer het gaat om hoofdbehandelingen. Gelet op de omvang van de Nederlandse markt en het internationale karakter van de keten, ligt het voor de hand om minimaal de stappen voorbereiding en voorbehandeling in Nederland te organiseren omdat daarmee het volume van de reststromen wordt verkleind en de veiligheid wordt vergroot. Voor hoofdbehandelingen is het een kwestie van 'economy of scale'. De ambities onder het bedrijfsleven in de keten is echter groot en lijkt te wijzen op voorsortering op een internationale markt waarbij sprake is van import van EoL batterijen. Helemaal zeker is dit echter niet en zal nader onderzocht moeten worden. Indien juist, dan zou Nederland een netto (batterij)grondstoffen producerend land kunnen worden en aantrekkelijk zijn voor nog ontbrekende ketenpartners, ook de ligging van Nederland met grote doorvoerhavens is gunstig.	Vaststellen van een minimum niveau van recyclingactiviteiten in Nederland, en hierop actief beleid voeren. Indien de ambities onder het bedrijfsleven concreet blijken, dan zou dit gefaciliteerd kunnen worden door strategisch gelegen locaties aan te wijzen waar een recyclingcluster met internationale aansluiting kan landen. In dat geval behoort ook het realiseren van een volledige waardeketen in Nederland tot de mogelijkheden.

Optimalisatie van kansen – innovatie en uitvoeringscapaciteit

Onderwerp	Observatie	Optimalisatie
Innovatie	<p>Meerdere innovaties, ook test- en regelruimte is nodig om de circulariteit van batterijen te verbeteren:</p> <p>In de ontwerpfase gaat het om batterijen met een nieuw ontwerp & chemie waardoor er minder grondstoffen nodig zijn, CRM's worden gesubstitueerd en met als vetrekpunt dat circulariteit en recycling kan worden verbeterd. Hierin zijn veel startups en onderzoekinstellingen actief.</p> <p>In de (her)gebruiksfase gaat dit om nieuwe concepten die de levensduur van batterijen verlengen. Hierin zijn met m.n. veel startups actief. Wel moet er voor worden gewaakt dat dit potentieel niet leidt tot nodeloze ophoping van het potentieel aan grondstoffen die evengoed ook hard nodig zijn voor de vervaardiging van nieuwe en betere batterijen.</p> <p>In de recyclingfase gaat het om: voorbehandelingsmethoden verbeteren (w.o. ontladen, demonteren en shredden) en om de recycling-efficiency te verhogen (pyrometallurgie en lithiumraffinage). Ook t.a.v. te recyclen batterijen met een nieuwe chemie en minder met rendabele businesscases omdat grondstoffen weinig waarde vertegenwoordigen (bijv. bij LFP). Hierin zijn veel startups, bedrijven en onderzoekinstellingen actief.</p>	<p>Ontwikkelen van een strategie en gepast instrumentarium om innovatie te ondersteunen, daarbij ook test- en regelruimte faciliteren. Via NGF wordt hierop al ingezet en vanuit andere innovatieregelingen ook, maar behoeft samenhang.</p> <p>Daarnaast is het voor testen en demo's van belang dat daar binnen het vergunningenstelsel regelruimte wordt geschapen. In de BEVI, PGS 37-2 en het Activiteitenbesluit is er het e.e.a. geregeld en wordt verwelkomd omdat hiermee meer dan voorheen een 'level playing field' wordt gecreëerd, maar wordt ook als belemmerend ervaren gelet op de kosten intensieve voorzorgsmaatregelen waaraan moet worden voldaan.</p>
Capaciteit uitvoering	<p>Vaststellen welke capaciteit er minimaal nodig is om aan de groeiende vraag naar circulaire opties en recycling te kunnen voldoen, ook voor wat betreft opslag en logistiek en waar deze activiteiten moeten plaatsvinden. Ook verschuivingen in batterijtypen die in omloop gebracht zijn en worden, de levensduur daarvan en marktdynamiek rond secundaire grondstoffen spelen allemaal een rol.</p> <p>Belangrijkste driver voor gebruik van secundaire grondstoffen is wetgeving, maar de businesscase voor CRM-alternatieven (bijv. LFP) is nog onrendabel en zal bovendien niet van grond komen zolang er nog veel productieafval is. Daarbij gaat de trend juist richting batterijen met CRM-substituten, terwijl wetgeving aan deze grondstoffen slechts minimale eisen stelt (gemiddeld 70% recovery; CRM's wordt 95% en substituten dan slechts 45% of nog lager?).</p>	<p>Inzicht is nodig om de benchmark vast te stellen, en verdere projecties om grip te krijgen op wat er precies aan capaciteit georganiseerd moet worden. Vervolgens hierop een beleidsstrategie.</p> <p>Daarbij dient rekening gehouden te worden dat bij wijzigen in batterijchemie, ook de circulaire businesscase kan wijzigen (m.n. bij recycling) en vraagt om een financieel mechanisme om de onrendabele top te compenseren.</p>

Optimalisatie van kansen – uitvoeringscapaciteit (2)

Onderwerp	Observatie	Optimalisatie
Capaciteit uitvoering	<p>Logistiek en inzameling: Nederland beschikt over goede logistiek met goed opgeleide chauffeurs voor het transport van repareerbare en e.o.l. batterijen. Positionering van Nederland als transportland voor noordwest Europa kan bijdragen om te sturen op de materiaalstromen. Inzameling in Nederland kan dan worden uitgebreid naar omliggende landen om fluctuaties in aanvoer van repareerbare en e.o.l. batterijen op te vangen. Dit vereist wel veel meer opslagcapaciteit dan nu vergund is.</p> <p>Daarbij dient transport van geshredderd materiaal met vrijwel geen risico's vergemakkelijkt te worden. Ook de diffuse inzameling van consumentenbatterijen moet worden verbeterd (zie Plan van Aanpak Stibat/OPEN).</p> <p>Tot slot zal de inzameling van EV-zal op termijn sterk toenemen en verschuiven van OEM productieafval naar veel diffusere bronnen. Dit vraagt om een AVV.</p>	<p>Het uitbouwen van Nederland als transport hub voor batterijen vereist facilitering van de inzamelaars en transporteurs, fysieke ruimte is nodig maar ook een AVV als regelinstrument.</p>
	<p>Machinebouw: Eén van de sterke sectoren van Nederland is de machinebouw. Zowel op het gebied van ontladen, demontage en verkleinen (shredderen) kan machinebouw nieuwe aanpakken ontwikkelen, maar ook voor de fabricage van batterijen en modules kan de Nederlandse industrie een plaats verwerven.</p> <p>Het ontwikkelen van dergelijke machines vraagt om investeringen in kennis en productieprocessen. Een batterijproducent is daarvoor een aangewezen voorwaarde.</p>	<p>Er liggen kansen voor gespecialiseerde bedrijven op het gebied van machinebouw mits zij ook afnemers kunnen vinden. Zowel bedrijven op het gebied van recycling als productie van batterijen kunnen baat hebben bij gerichte ontwikkeling van deze sector. Het ontwikkelen van een ecosysteem, maar ook actieve werving om recycling en productiebedrijven aan Nederland te binden kan hierbij helpen.</p>

Optimalisatie van kansen - wettelijk kader en financiering

Onderwerp	Observatie	Optimalisatie
Wettelijk kader	<p>Nieuwe wetgeving vereist kennis daarvan en ook capaciteit om dat te kunnen doorvoeren en handhaven. De EU Batterijverordening, de aankomende PGS 37-2 en de Critical raw Materials Act zijn allemaal nieuw en vragen nogal wat van vergunningverleners en handhavers. Voor bedrijven is dit lastig omdat zij zich niet geholpen voelen, maar ook t.a.v. vergunningverlening en handhaving zijn er aantal zaken waaraan zij zich te houden hebben. De Batterijverordening en PGS 37-2 vereisen toezicht en handhaving van tal van zaken terwijl de kennis en capaciteit daarvoor er niet is, de Critical Raw Materials Act vereist dat op termijn vergunningverlening van activiteiten m.b.t. kritieke materialen binnen 12 maanden (van aanvraag tot verlening) gerealiseerd moet worden (nu duurt dat 2 – 5 jaar).</p> <p>Aangezien zowel de batterijen i.v.m. energietransitie als de schaarse aan grondstoffen die daarvoor nodig zijn van groot economisch belang zijn voor de EU en NL, is het aan te bevelen het batterijvraagstuk nationaal te coördineren. Onder nadere als vraagbaak bij vergunningaanvragen en handhaving (zowel voor bedrijven als vergunningverleners). In geval van CRM's wordt dit vanuit de Critical raw Materials Act bovendien een verplichting die aan lidstaten zal worden opgelegd.</p>	<p>Verhogen kennisniveau en uitbreiding capaciteit van vergunningverlening en handhaving.</p> <p>Nationale coördinatie om bedrijven efficiënt door de complexiteit van regels te navigeren, en die als vraagbaak dient voor vergunningverleners en handhavers.</p>
Financiering	<p>Hierbij kan worden gedacht aan gedeeltelijke subsidiering van relevante innovaties, het geschikt maken van bedrijventerreinen voor vestiging van circulaire en recyclebedrijven, en financiering van startups, scaleups en ook Mkb'ers die nog in de risicovolle fase zitten en een duwtje in de rug nodig hebben. Mogelijk ook om een (tijdelijke) compensatie of prijsmechanisme instellen voor het wegnemen van de onrendabele top bij recycling van batterijen met weinig kostbare grondstoffen. Voor wat betreft dit laatste is de huidige verwijderingsbijdrage momenteel niet kostendekkend.</p>	<p>Ontwikkelen van een strategie en gepast instrumentarium om genoemde ontwikkelingen mogelijk te maken, mogelijk in samenwerking met decentrale ontwikkelingsmaatschappijen en publiek-private investeerders.</p>

Optimalisatie van kansen – internationale samenwerking en ecosysteem

Onderwerp	Observatie	Optimalisatie
Internationale samenwerking	<p>Onafhankelijk van de ambitie om de keten wel of niet in Nederland te sluiten, zal er op het gebied van: transport & materialenhandling, het nivelleren van batterijen & grondstoffenstromen en voor de aansluiting op raffinagebedrijven & batterijfabrikanten, het altijd nodig zijn om aansluiting te zoeken met omliggende landen om de keten (kosten)effectief en efficiënt te kunnen sluiten en om de slagkracht in de keten te vergroten. Veel Europese landen en regio's gingen ons al voor, zoals: Spanje, Frankrijk, Duitsland en de Scandinavische landen als regio. Concurrentie met regio's op specifieke schakels in een internationale circulaire keten heeft geen zin, samenwerking wel.</p> <p>Hiertoe is het nodig afspraken te maken over welke aansluitingen er gemaakt moeten worden, welke transportroutes daarvoor benut moeten worden en hoe geregeld (ADR regeling) en op welke knooppunten het logisch is ontwikkelingen t.a.v. op- en overslag en recycling te laten plaatsvinden.</p> <p>En indien het de ambitie is de keten in Nederland te sluiten: werven van hydrometallurgische en raffinagebedrijven om black mass op te kunnen werken naar hoge zuiverheid battery-grade grondstoffen. Meerdere (inter)nationale bedrijven hebben hun interesse hierin al kenbaar gemaakt, geldt overigens ook t.a.v. batterijproductie.</p>	<p>Inzetten op nationale coördinatie of regie om de dialoog aan te gaan met omliggende landen (RVO wellicht?), aansluitingen te identificeren, activiteiten te concretiseren en om hindernissen m.b.t. vervoer over landsgrenzen weg te nemen (zonder risico's toe te voegen).</p> <p>Afhankelijk van ambitie: daarbij ook inzetten om bedrijven te werven die de keten in Nederland kunnen sluiten.</p>
Ecosysteem	<p>De infrastructuur voor innovatie en het verbinden van ketenpartners is nog erg versnipperd. Dit zou gestroomlijnd moeten worden, waarbij ook oplossingen moeten worden gevonden voor het behoud intellectueel eigendom en het delen van kennis. Dit is bij uitstek een van de doelstellingen van BCC-NL. Het inzetten op een volwaardig ecosysteem om een circulaire batterijenketen te kunnen realiseren kan echter niet louter op nationale schaal. In die zin zou BCC-NL zich ook kunnen richten op ontwikkelingen en ketenpartners in buurlanden.</p> <p>Innovaties kunnen vanuit NGF en andere middelen gefinancierd worden, maar ook het oprichten en onderhouden van een volwaardig ecosysteem vraagt om investeringen. Deze zullen uit een combinatie van publieke en private middelen opgebracht moeten worden.</p>	<p>Zet in op een breder netwerk dan alleen nationaal om de circulaire batterijenketen te realiseren. Een Moonshot project zou kunnen helpen om ketenpartners te identificeren, te verbinden en de randvoorwaarden voor samenwerking vast te stellen.</p> <p>Het meegeven van een missie met beperkt mandaat aan een te vormen ecosysteem, zou kunnen bijdragen de verbondenheid in de keten te vergroten en Nederlands als vestigingsland aantrekkelijker te maken.</p>

Optimalisatie van kansen - langs de R-ladder

R-ladder optie	Observatie	Optimalisatie
Reuse, Repurpose en Remanufacture	<p>Batterijen die niet langer geschikt zijn voor het eerste doel, kunnen eventueel een herbestemming krijgen in een andere toepassing, zeker wanneer, zeker wanneer de eisen t.a.v. performance bij een ander gebruik lager liggen.</p> <p>EV-batterijen van het type NMC zijn minder geschikt voor stationaire toepassingen, hergebruik en herbestemming is dan mogelijk niet de beste optie. Daarbij zij deze grondstoffen hard nodig voor de productie van nieuwe batterijtypen met hoger performance en levensduur.</p> <p>Herfabricage van batterijsystemen is mogelijk, m.n. om het oplossen van systeemfouten tijdens het eerste gebruik. Dit vereist wel dat de producent het product certificeert en hierop garantie geeft. Veel bedrijven zijn hier huiverig voor en richten zich liever op een andere R-ladder oplossing waarbij de OEM eigenaar blijft.</p> <p>Herbestemming en herfabricage vraagt om toezicht vanwege eisen die aan producenten worden gesteld.</p>	<p>Aanbeveling is om innovators en bedrijven die zich richten op herbestemming te ondersteunen en te faciliteren waar mogelijk en toepasselijk, dit geldt ook voor herfabricage van batterijsystemen. Hoewel dit laatste doorgaans onder de verantwoordelijkheid van de OEM valt, zou dat door Nederlandse bedrijven kunnen worden uitgevoerd.</p>
Repair en Refurbishment	<p>Verskil: bij reparatie gaat het eigendom van de batterij niet over naar de reparateur, maar bij renovatie is dat wel het geval en wordt de renovator tevens producent met alle wettelijke verplichtingen die daarbij horen. Toezicht op batterijrenovatie is volgens de Europese Batterijenverordening dan verplicht.</p> <p>Fiets-, scooter- en EV-batterijen zijn allen goed te repareren, mits demonteerbaar en zeker bij kleine productiefouten. Kleine batterijen (cellen) kunnen niet worden gerepareerd.</p> <p>De afvalstoffenwetgeving staat repair en refurbishment van fietsbatterijen op basis van de huidige AVV in de weg. De juiste toepassing van de definitie van afval is hier op zijn plaats. Repareerbare batterijen zijn geen afval en moeten zowel bij inspectie, transport als opslag niet als zodanig behandeld worden.</p> <p>Er zijn in Nederland meerdere bedrijven die zich richten op reparatie en renovatie. Zij zijn in een circulaire batterijketen essentieel en dienen gefaciliteerd te worden.</p>	<p>Beperkte ondersteuning. Reparatie- en renovatiebedrijven halen hun omzet uit het ‘als nieuw’ leveren van batterijen. De marges daarop zijn voldoende groot om een daarop een haalbare businesscase te formuleren.</p> <p>In de AVV zouden eventuele barrières voor repair en refurbishment moeten worden vermeden, dit ter voorkoming dat deze batterijen te vroeg in de afvalfase belanden.</p>

Algemeen

De doelstelling om de Nederlandse batterijenketen te sluiten, vereist een uitgebreide aanpak om de binnenlandse industrie en innovatie aan te jagen en deze in staat te stellen activiteiten te ontplooiën die de circulariteit van batterijen fundamenteel en toekomstbestendig kunnen versterken. Deze verkenning biedt navolgend een reeks aanbevelingen aan de Nederlandse overheid om bedrijven die actief zijn of willen zijn in de Nederlandse batterijenketen te ondersteunen. Het actieniveau geeft aan of de Nederlandse overheid zou moeten handelen via beleidsinstrumenten op nationaal of Europees niveau, of andere maatregelen zou moeten nemen om de efficiëntie van een specifieke actie te maximaliseren.

Zoals al eerder aangehaald ligt de kern van het handelingsperspectief in het ontwikkelen en ondersteunen van een batterijen-ecosysteem dat zich ten doel stelt de circulariteit in de keten te bevorderen. Daartoe dient een entiteit de organisatie daarvan op zich te nemen, nationaal en internationaal. Idealiter betreft dit een samenwerking tussen BCC-NL en de Rijksoverheid (via de batterijenstrategie), BCC-NL heeft deze ambitie, rekent dit tot haar taak en de toevoeging van batterijen onder het NPCE vormt daarbij een leidraad.

De ambitie van de geïnterviewde bedrijven in de downstream batterijenketen reikt voldoende ver om deze zaken zelf op te pakken en uit te bouwen. Zij zijn niet in staat en hebben niet het benodigde overzicht om voornoemde activiteiten te realiseren. Zij tonen wel de bereidheid om hieraan mee te werken, maar nemen nog niet (voldoende) actief deel in het door BCC-NL gevormde ecosysteem.

De activiteiten die onder nationale coördinatie zouden moeten worden geplaatst, beslaan idealiter organisatorische doelen als:

- Het betrekken van Nederlandse en buitenlandse partijen om de downstream batterijenketen te sluiten.
- Het faciliteren van bedrijven die zich op dit vlak in Nederland willen vestigen.
- Het ontsluiten van een verzorgingsgebied groter dan Nederland om fluctuaties in de beschikbaarheid van EoL-batterijen te voorkomen.
- Het ondersteunen van innovatie op batterij- en machineontwerp en het inrichten van test- en pilotproductiefaciliteiten.
- Het beleidsmatig aansturen op het sluiten van de keten en het wegnemen van mogelijke barrières.

Onder meer deze punten worden op de volgende pagina's verder uitgewerkt.

Beleidsaanbevelingen op hoofdlijnen

Kans of uitdaging	Aanbeveling	Actieniveau	Toelichting
Nationale ambitie	Stel vast wat het minimum niveau voor circulariteit en recycling van batterijen in Nederland zou moeten zijn, integreer dit in toepasselijke beleids- en uitvoeringsplannen.	Nationaal	Moeten alle recyclingstappen in Nederland plaatsvinden, of is voorbereiding en voorbehandeling voldoende? Hoofdbehandeling kan bijvoorbeeld ook in omliggende landen plaatsvinden waar al voldoende capaciteit is.
	Stel vast wat het optimale niveau voor circulariteit en recycling van batterijen in Nederland zou kunnen zijn. Doe dit door de dialoog aan te gaan met bedrijven om vast te stellen op welk deel van de keten welke ambities er leven, met welke potentiële impacts, en wat er verder voor nodig is om de daadkracht binnen de keten te faciliteren.	Nationaal	Uit het onderzoek blijkt dat er veel initiatieven worden ontplooid en dat het ambitieniveau hoog is, m.n. op het gebied van recycling. Nederland zou de keten kunnen sluiten. Om adequaat op deze ontwikkelingen in te kunnen zetten, is het aan te bevelen dit onder nationale coördinatie uit te voeren.
Organiseren van de EU-keten	Aangaan van de dialoog met omliggende landen om een circulaire batterijketen te realiseren. Samenwerking op het gebied van transport(routes), op- en overslag en afstemming van circulaire R-ladder opties en recyclingcapaciteiten is daarbij van belang. Dit betreft een missie die het beste onder nationale coördinatie kan worden uitgevoerd.	Internationaal (noordwest Europa)	Nederland heeft een goede reputatie om Europese samenwerkingen te bewerkstelligen. Daarbij is Nederland sterk in logistiek. Positionering als transportland voor noordwest Europa kan bijdragen om te sturen op de materiaalstromen.
Organiseren van de NL-keten	De huidige midstream focus van ecosysteem BCC-NL verbreden naar downstream circulariteit, recycling en raffinage, de stakeholders verbinden en synergie faciliteren. Overweeg om BCC-NL een missie en een mandaat mee te geven, en wellicht ook middelen t.b.v. inzet op actieniveau.	Nationaal	Verbreiding focus naar downstream circulariteit is in wording via het NGF project, maar lang niet alle ketenpartners zijn verbonden. Een Moonshot project zou kunnen bijdragen dit te organiseren (zie pagina 46 en bijlage 1). Een mandaat en missie kan bijdragen keten- samenwerking op (inter-)nationaal niveau te bevorderen.

Beleidsaanbevelingen op hoofdlijnen (2)

Kans of uitdaging	Aanbeveling	Actieniveau	Toelichting
Vestigingslocatie	Wijs strategisch gelegen locaties aan die geschikt zijn voor vestiging van een recyclingcluster met aansluitende processtappen, gericht op de internationale markt.	Nationaal	Gelet op de ambities t.a.v. recyclingactiviteiten, lijkt de keten voor te sorteren op een internationale markt. Een technologie cluster zou aantrekkelijk kunnen zijn voor het aantrekken van hydrometallurgische-, raffinage- en mogelijk ook batterijproductie bedrijven.
Volledige waardeketen	Afhankelijk van de nationale ambitie: actieve werving van hydrometallurgische-, raffinage- en mogelijk ook batterijproductiebedrijven om de keten te sluiten. Dit betreft een missie die het beste onder nationale coördinatie kan worden uitgevoerd.	Internationaal	Het sluiten van de keten op nationaal niveau kan de recycling efficiency verhogen door nauwere samenwerking, verlaagt de grondstoffenafhankelijk, verkort transportafstanden en draagt bij aan de nationale economie. Internationale samenwerking en aansluiting op de bredere keten blijft echter altijd noodzakelijk (grondstoffen, batterijonderdelen, etc.).
Vergunningen	Verminder de complexiteit en ongelijkheid in behandeling bij vergunningverlening, onder meer door het kennisniveau m.b.t. vergunningverlening en handhaving verhogen en door dit onder nationale coördinatie te plaatsen.	Nationaal	Door complexe wetgeving en wisselend kennisniveau, is de doorlooptijd van vergunningaanvragen vaak onnodig lang en dit schrikt bedrijven af. De Critical Raw Materials Act schrijft voor dat vergunningverlening aan CRM gerelateerde recycling activiteiten (op termijn) binnen 12 maanden moet zijn afgerond en onder landelijke coördinatie moeten worden geplaatst.
Inzicht	Optimaliseren van het nationaal meldpunt voor de registratie van put-on-market batterijen naar volume, chemie, toepassing en producent-statuswijzigingen, dit om betrouwbare projecties te kunnen formuleren en daar proactief naar te kunnen handelen.	Nationaal	Vanuit o.m. de EU Batterijverordening zijn er al verplichtingen ‘labelling’, maar mogelijk onvoldoende uitgebreid. Een block-chain gebaseerd batterijpaspoort kan daarbij behulpzaam zijn (zie pagina 28 als voorbeeld).

Beleidsaanbevelingen op hoofdlijnen (3)

Kans of uitdaging	Aanbeveling	Actieniveau	Toelichting
Innovatie	Stimuleer innovatie op verschillende deelgebieden, waaronder: circulair batterijontwerp en -chemie, machinebouw batterijproductie, R-ladder opties, en t.a.v. recycling: demontage, ontladen, shredderen en grondstoffen raffinage.	Nationaal	Circulariteit van batterijen is het meest effectief wanneer bij het ontwerp daarvan rekening wordt gehouden. De Europese Batterijverordening stelt progressieve eisen aan recycle-efficiency en recyclepercentages grondstoffen. Om dit te bereiken moeten veel technologieën verder ontwikkeld worden.
Financiering	Faciliteer startups, scaleups en Mkb'ers die relevante innovaties ontwikkelen en naar de markt willen brengen, en die nog in de risicovolle fase zitten.	Nationaal	Mogelijk in samenwerking met decentrale ontwikkelingsmaatschappijen en publiek-private investeerders.
	Overweeg een prijsmechanisme of verhoging van de verwijderingsbijdrage voor het wegnemen van de onrendabele top bij recycling van batterijen met weinig kostbare grondstoffen. Hiervoor is de huidige verwijderingsbijdrage mogelijk niet kostendekkend.	Nationaal	De EU Batterijenverordening stelt eisen aan recycling-efficiency en het percentage te herwinnen grondstoffen, ook als deze een lage marktwaarde vertegenwoordigen. Idealiter valt deze verplichting onder de producentenverantwoordelijkheid en er zijn aanwijzingen dat het die kant opgaat, maar dit is niet zeker en momenteel in ieder geval nog niet afdwingbaar.

Aansluiting op programma's en instrumenten

Moonshot projecten (op verzoek van de opdrachtgever verder uitgewerkt in bijlage 1)

1. Organiseer de downstream circulaire en recycling batterijketen, met als doel samenwerking en efficiency in de keten te bevorderen. Om leemtes te vullen moeten hierbij ook relevante partners in omliggende landen worden betrokken. Dit zou onder regie van BCC-NL kunnen worden uitgevoerd.
2. Organiseer de ecosysteem aansluiting met research organisaties in noordwest Europa. Vanwege cost-of-scale is inzetten op louter nationale faciliteiten contraproductief, samenwerking met buurlanden is nodig om effectief en (kosten)efficiënt innovaties te versnellen en kennis te delen.

Nationaal Groeifonds project, her-indiening pijler 1 eind januari 2024

Bij de her-indiening van NGF-project 'Material Independence & Circular Batteries' op pijler 1 wordt voorgesteld in te zetten op:

- Pilot lithiumhydroxide fabriek - opwerking tot battery-grade materiaal, nodig vanwege verplicht % recyclecontent vanuit de EU Batterijverordening.
- Assemblage en testen van technologie voor opwerking van black-mass - verbeterstappen om te komen tot een hoogwaardiger product.
- Winning zuivere CRM's uit complexe black-mass - zuiverder terugwinning kritieke grondstoffen w.o. in de mix van LFP en NMC batterijen.
- Shredde en pre-treatment – technologiefocus op batterijtype en -chemie, daar is nu nog onvoldoende grip op.

Vanuit Nederlands perspectief is het zinvol en ook noodzakelijk dat voornoemde wordt ontwikkeld vanwege:

- Nabijheid & Zelfvoorzieningen beginsel – een EU lidstaat moet zelf eigen afval kunnen verwerken.
- CO2 footprint verlaging – door verminderen van transportbewegingen.
- Voldoen aan de Europese Batterijenverordening – progressieve eisen t.a.v. te behalen recycling efficiency en herwinningspercentages.
- Voldoen aan de Critical Raw Materials Act - grip houden op waardevolle grondstoffen voor energiesector en sleuteltechnologieën.

Aanbevelingen voor nader onderzoek

Deze verkenning is uitgevoerd middels een deskstudie en interviews met een beperkt aantal partijen uit de keten. De verkenning geeft dus per definitie geen compleet inzicht in alle aspecten die relevant zijn of gaan worden. Om deze reden wordt aanbevolen nader onderzoek uit te voeren naar de volgende zaken:

- Inventarisatie van concrete competenties en ambities onder het brede speelveld van recyclers, met als doel hierop een nationale ambitie en strategie te formuleren t.a.v. de mate van sluiting van de batterijenketen in Nederland en/of aansluiting op de EU regio.
- Analyse van de ontwikkelingen in groei van end-of-life EV en stationaire batterijen, en de benodigde en beschikbare recyclingcapaciteit t.a.v.: voorbereiding, voorbehandeling, hoofdbehandeling (zie pagina 11).
- Vaststellen van draagvlak voor- en indien aanwezig, in kaart brengen van de missie, de strategische doelen en de randvoorwaarden voor het ontwikkelen van een volwaardig ecosysteem.
- Volgend uit ambitie en strategie:
 - ontwikkelen van de businesscase voor financiering van de keten op deelgebieden.
 - vaststellen van meest geschikte landingsplaats(en) voor vestiging van circulaire- en m.n. recyclingactiviteiten.
- Inventarisatie van leemtes in kennis en kunde om tot milieuvriendelijk hoogwaardige en volledige recycling te komen.
- In kaart brengen van de LCA van de verschillende hoofdbehandelingstechnieken, pyro- en hydrometallurgie en alle combinaties daarvan en de directe recycling om de technisch haalbare recyclingpercentages te bepalen.

Belangrijke vraagstukken schreeuwen om werkende oplossingen.

> **Wij ontwikkelen ze.**

KplusV

T +31 (0)26 355 13 55

Arnhem • Amsterdam • Rotterdam

Onderzoekers:

Beant Dijkstra

Jeroen Bartels

info@kplusv.nl

www.kplusv.nl

[LinkedIn](#)



Moonshot project regionale (grensoverschrijdende) samenwerking in de downstream batterijketen

Nederland is goed gepositioneerd om een samenwerking op gang te brengen die niet alleen Nederlandse betreft, maar ook spelers uit noordwest Europa. Uiteindelijk overstijgt de batterijketen nationale grenzen. Veeleer moet, zeker op termijn, gekeken worden naar een verzorgingsgebied. De organisatie hiervan heeft elementen van beleid, regelgeving, investeringen, financiering, logistiek, verwerkingscapaciteit, etc. Om slagvaardig te kunnen opereren is daarom een nauwe samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven noodzakelijk. BCC-NL is hiervoor goed gepositioneerd, maar heeft inbreng van overheden, bedrijven uit de recycling, afstemming met behoud van ieders eigenheid en verantwoordelijkheden en projectondersteuning nodig. Op dit thema zou samenwerking met noord Frankrijk, België, Luxemburg en het westen van Duitsland aan te bevelen zijn, met ook buitenlandse bedrijven die hierin willen participeren.

Een voorbeeld: stel dat het een hydro- of pyrometallurgisch proces de vereiste recyclingpercentages en kwaliteit kan leveren die qua regelgeving vereist is. Dan is één bedrijf op dit gebied waarschijnlijk voldoende. Het heeft dan weinig zin om hierin verder te investeren, tenzij om concurrentie te bewerkstelligen. Met decentrale voorbewerking blijven de transportbewegingen ook beperkt.

Als organisatie zou BCC-NL, onder de voorwaarde dat die behoefte er is, ondersteuning kunnen inschakelen om de activiteiten uit te kunnen voeren:

- Betrekken van buitenlandse bedrijven en overheden bij het opzetten van de downstream faciliteiten in het verzorgingsgebied
- Faciliteren van bedrijven op het gebied van locatiekeuze, vergunningen, financiering, om zich in het verzorgingsgebied te vestigen, mits zij passen in de vormgeving van de circulaire batterijketen
- Mobiliseren van innovatie om recycling-efficiency te verbeteren (ook voor inzameling, voorbereiding, voorbehandeling en toepassing secundaire materialen)
- Lessen uit recycling terugvoeren op producenten (batterijontwerp, demonteerbaarheid, keuze chemie, veiligheid, etc.) en eventueel Europese regelgeving

Het ontwikkelen van deze grensoverschrijdende samenwerking is op zichzelf een innovatie. Voor zover bekend vindt nergens een zodanige samenwerking tussen overheid, bedrijfsleven en researchcentra plaats (behalve in China).

Moonshot project afstemming researchorganisaties in het verzorgingsgebied

Er vindt wereldwijd veel onderzoek en innovatie plaats op het gebied van batterijen, niet alleen op samenstelling, componenten, productiemethoden, voorkomen van uitval, maar ook op terugwinning van CRM's. Naarmate de beschikbaarheid van deze materialen afneemt, al of niet vanwege geopolitieke belangen, wordt de terugwinning of vervanging interessanter. Door verplicht gebruik van schaarse secundaire materialen en het toezicht daarop, kan de kloof tussen kosten van primaire en secundaire grondstoffen worden gedicht. UPV voorziet in de financiering van de verplichte terugname en recycling.

Innovatie kan gericht zijn op het oplossen van specifieke vragen (toegepast) of meer generiek (wetenschappelijk). Maar ook de laatste heeft als uiteindelijk doel dat vindingen een toepassing krijgen in de batterijketen. Zonder regie of afstemming zou innovatie kunnen leiden tot verspilling van menskracht, denkkraft en ideeën. Hiermee is het absoluut niet de bedoeling in te grijpen in het onderzoeksprogramma van universiteiten of researchinstellingen maar veeleer bekend te zijn met ontwikkelingen, binnen de mogelijkheden van intellectueel eigendom. Bekendheid van vindingen via publicaties en congressen vindt plaats lang nadat de vinding is gedaan, terwijl de markt naarstig op zoek is naar toepasbare nieuwe inzichten.

Naast de organisatie van de downstream batterijketen is een dergelijke afstemming c.q. uitwisseling van levensbelang om een circulaire batterijketen in Europa te realiseren. Ook hier kan Nederland het voortouw nemen, indien niet in innovaties als zodanig dan toch in het samenwerken. Het vestigen van een batterijproducent in het verzorgingsgebied is dan een welkome aanvulling, omdat dit de mogelijkheden biedt om vindingen van labschaal naar scaleup en uiteindelijk productie te brengen.

Belangrijke activiteiten op dit gebied zijn:

- Het realiseren van een platform voor kennisuitwisseling waarin researchinstellingen deelnemen
- Het regelen van het eigendom van intellectueel kapitaal om te voorkomen dat researchers niet mee willen werken
- Het organiseren van face-to-face bijeenkomsten (congressen, maar ook hackatons of boiler rooms) om het onderling vertrouwen te bestendigen
- Het realiseren van beurzen en promotieonderzoek voor studenten om in te stromen in bestaande research en bedrijven

De ontwikkelingen gaan zo snel dat er ook innovatie nodig is in het bekend maken, toepassen en belonen van vindingen die de batterijketen verder helpen en circulair maken.