

RAPPORT

Safe and Sustainable by Design voor Batterijen

Klant: Ministerie van I&W

Referentie: BJ4762-IB-RP-231004-1344

Status: Definitief/1

Datum: 1 december 2023

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no.35
3818 EX Amersfoort
Netherlands
Industry & Buildings

+31 88 348 20 00 **T**
+31 33 463 36 52 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Safe and Sustainable by Design voor Batterijen

Sub titel:
Referentie: BJ4762-IB-RP-231004-1344
Uw kenmerk
Status: Definitief/1
Datum: 1 december 2023
Projectnaam: SSbD
Projectnummer: BJ4762
Auteur(s): Royal HaskoningDHV

Opgesteld door: Royal HaskoningDHV

Datum: 01-12-2023

Classificatie

Open

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

Let op: dit document bevat mogelijk persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V.. Voordat publicatie plaatsvindt (of anderszins openbaarmaking), dient dit document te worden geanonimiseerd of dient toestemming te worden verkregen om dit document met persoonsgegevens te publiceren. Dit hoeft niet als wet- of regelgeving anonimiseren niet toestaat.

Inhoud

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introductie | 1 |
| 2 | Safe and Sustainable by Design | 2 |
| 2.1 | SSbD in de chemische sector | 2 |
| 2.2 | SSbD in de batterijsector | 5 |
| 3 | Batterijen | 8 |
| 3.1 | De batterijen | 8 |
| 3.2 | De keten van batterijenproductie | 13 |
| 3.3 | Marktperspectief op overheidsbeleid | 26 |
| 4 | De uitdagingen in de batterijsector op het gebied van SSbD | 28 |
| 4.1 | Grondstoffen en raffinage | 28 |
| 4.2 | Consumenten- / mobiliteit batterijen | 29 |
| 4.3 | Industrie- of elektriciteitsnet batterijen | 30 |
| 4.4 | De business case | 31 |
| 5 | Huidig en aankomend beleid | 32 |
| 5.1 | Wet- en regelgeving relevant voor SSbD | 32 |
| 5.2 | Beleid met SSbD | 34 |
| 6 | Advies over overheidsoptreden | 38 |
| 6.1 | Theoretisch kader en gereedschapskist ontwikkelen | 38 |
| 6.2 | De uitdagingen aanpakken met SSbD | 39 |
| 6.3 | Aanbevelingen | 47 |

Managementsamenvatting

Safe and Sustainable by Design (SSbD) is een kader om producten en materialen te ontwikkelen op een manier dat ze geen schade toebrengen aan mens en milieu. Het bestaat uit een theoretisch kader en een bijbehorende gereedschapskist met hulpmiddelen, die gebruikt worden om duurzaamheid en veiligheid te waarborgen binnen innovatie. De hulpmiddelen uit de gereedschapskist zijn bedoeld om bedrijven voor te bereiden op wetten en regels, ze toekomstbestendig te maken, hun concurrentieslagkracht te vergroten en ketenpartners bijeen te krijgen door te zorgen voor een gedeelde werkwijze en taal. Door gedeelde methodes en benamingen, hanteren ketenpartijen dezelfde standaarden voor veiligheid en duurzaamheid, waardoor innovatie vergemakkelijkt wordt.

In dit rapport adviseren wij de volgende stappen voor de overheid om het gebruik van SSbD in de batterijensector te stimuleren:

1. Het verder ontwikkelen van het theoretisch kader, in samenwerking met het RIVM, en de gereedschapskist voor SSbD en vervolgens, in samenwerking met het Battery Competence Center NL (BCC-NL), het verspreiden van dit kader onder marktpartijen
2. De dialoog in de sector te stimuleren en partijen in verschillende stappen van de batterijenketen met elkaar te verbinden, om kennis uit te wisselen over vooruitgang op SSbD criteria en om in samenspraak met de markt extra hulpmiddelen voor de gereedschapskist te ontwikkelen
3. Het stimuleren van onderzoek en innovatie naar nieuwe technologieën die goed scoren binnen het SSbD kader door middel van subsidies, leningen en andere ondersteuning
4. Het SSbD kader gebruiken als opvulling van gaten in huidige wet- en regelgeving, en wetgevende en controlerende instanties laten anticiperen op technologische innovaties in lijn met SSbD criteria
5. Onderzoeken hoe het bij aanbeveling één ontwikkelde SSbD kader in het verlengde van de EU Batterijenverordening en het batterijenaspoort gebruikt kan worden om de business case voor duurzaamheid en veiligheid rendabeler te maken, door bijvoorbeeld (financiële) consequenties te hangen aan goede of slechte scores en daarmee een gelijk speelveld te creëren

Voor de uitvoering van bovenstaande acties, heeft de overheid een aantal belangrijke partners. Het RIVM ontwikkelt het theoretische kader voor SSbD voor batterijen, in samenwerking met andere kennisinstellingen. De BCC-NL brengt marktpartijen en kennisinstellingen samen en is de ideale partner om de markt mee te bereiken. Onder andere Stibat / Stichting Open¹ en de ARN (Auto Recycling Nederland) zijn uitvoeringsverantwoordelijk voor de inzameling en verwerking voor recycling.

¹ Stibat en Stichting Open gaan samen per 1 januari 2024

1 Introductie

In de afgelopen jaren hebben (oplaadbare) batterijen en Energie Opslag Systemen (EOS) een steeds prominenter plek in Nederland gekregen. Dit is, onder andere, een gevolg van elektrificatie in de mobiliteit (bijvoorbeeld elektrische fietsen, auto's en logistiek transport), industrieel gebruik (zoals in elektro-thermische en elektrochemische processen), energieopslag bij (grote) bedrijven, energieopslag in de gebouwde omgeving en energieopslag ter ondersteuning van het energiesysteem, bijvoorbeeld voor de balanshandhaving van de elektriciteitsfrequentie of bij het opslaan van (overtollige) energieopwekking.

Deze ontwikkeling past in de transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energie. Om aan de energiebehoefte te kunnen blijven voldoen én de impact op het klimaat te verminderen, wordt er gezocht naar duurzamere energiebronnen. De uitstoot (niet per definitie de opwekking) van elektriciteit is zodoende schoon. Hoewel het gebruik van batterijen moet leiden tot een duurzamer energie- en mobiliteitssysteem, brengt het ook uitdagingen met zich mee. Voorbeelden hiervoor zijn te vinden op het gebied van grondstoffenverbruik, veiligheid voor mens en milieu, en de bestaanszekerheid en toekomstbestendigheid van de batterijensector in Nederland.

Er is behoefte aan een doordachte aanpak voor hoe hiermee om te gaan. Binnen verschillende sectoren, zoals de chemische sector, is het concept Safe and Sustainable by Design (SSbD) ontstaan. Dit heeft de vorm van een handleiding of routekaart, waarmee in de ontwerpfase de aspecten veiligheid en duurzaamheid kunnen worden geïntegreerd. SSbD biedt handvatten om kaders te schetsen om producten of processen te ontwikkelen met de focus op het behoud van natuurlijke hulpbronnen en het minimaliseren van veiligheidsrisico's en invloed op het milieu. De ontwerpfase van de batterij en het product waarin het wordt toegepast is bepalend in deze aspecten voor de gehele levensfase. SSbD kan richting bieden voor het toekomstbestendig ontwikkelen van innovatieve batterijen.

Het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) heeft Royal HaskoningDHV (RHDHV) gevraagd te onderzoeken hoe het principe van SSbD ook toegepast kan worden binnen de batterijensector.

Hiervoor zijn de volgende onderzoeksvragen opgesteld:

- Wat is het concept Safe and Sustainable by Design (SSbD)?
- Welke risico's zijn het grootste voor de veiligheid en duurzaamheid bij batterijen?
- Hoe kan het concept SSbD voor batterijen worden ingevuld en toegepast?
- Wat gebeurt er nu al en welke stappen kunnen nog verder worden gezet?
- Wat zijn mogelijke rollen van de overheid bij het stimuleren van de toepassing van SSbD in onderzoek en in de batterijensector?

In dit rapport wordt toelichting en antwoord gegeven op deze vragen. Het onderzoek bestaat uit een interviewprogramma, werksessies en literatuuronderzoek. De bevindingen zijn gecombineerd tot deze rapportage.

2 Safe and Sustainable by Design

2.1 SSbD in de chemische sector

2.1.1 Wat is het concept Safe and Sustainable by Design?

Het concept Safe and Sustainable by Design (SSbD) is in eerste instantie ontstaan binnen de chemische sector. Het is een strategie én een handleiding om de ontwikkeling van stoffen en materialen te sturen in een richting dat ze zo min mogelijk schade zullen toebrengen aan mens en milieu. Het kader voortkomend uit het concept SSbD is geïnitieerd door de Europese Commissie (EC). Hoewel SSbD in eerste instantie is gericht op de ontwikkeling en het gebruik van chemicaliën, streeft de EC ernaar om in de toekomst soortgelijke kaders te ontwikkelen voor andere sectoren, vanwege het succes voor de chemische sector. SSbD heeft als functie de volgende maatschappelijke doelen te waarborgen²:

- Beschermen van de mens, natuur en milieu voor nu en in de toekomst
- Realiseren van een circulaire economie
- Stimuleren van innovaties en verdienmodellen

SSbD wordt gezien als hulpmiddel om innovatie te stimuleren, maar op een manier waardoor veiligheid gewaarborgd blijft en duurzaamheid binnen de desbetreffende sector vergroot wordt. Aanvullend zijn de handvatten, geboden door het kader, bedoelt om:

- Bedrijven voor te bereiden op wetten en regels
- Bedrijven toekomstbestendig te maken
- De concurrentiepositie voor deze bedrijven te verbeteren
- Ketenpartners bijeen te brengen.

SSbD zorgt voor een gedeelde werkwijze, taal en doel, waardoor de aspecten veiligheid en duurzaamheid op eenzelfde manier door de gehele keten aangepakt worden.

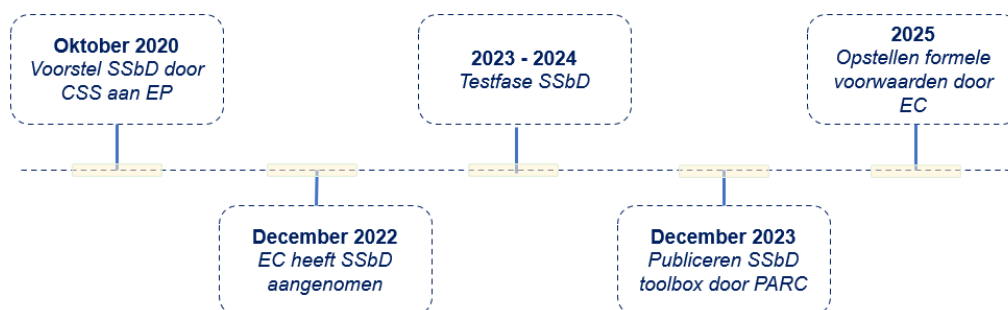
2.1.2 Ontwikkeling van het SSbD kader

Ontwikkeling van het SSbD kader is opgestart in oktober 2020, toen de Chemicals Strategy for Sustainability (CSS) in het Europese Parlement (EP) voorstelde om specifieke criteria en een netwerk voor SSbD te ontwikkelen. In december 2022 werd dit voorstel formeel aangenomen door de EC. Intussen wordt zowel het kader als het SSbD-netwerk al drie jaar getest, verbeterd en uitgebreid. De EC streeft ernaar tegen 2025 inzicht en regels te hebben over hoe dit moet werken. Figuur 1: tijdlijn ontwikkeling SSbD geeft een tijdlijn weer van de ontwikkeling.

In 2018 werkte de World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) al aan een gestandaardiseerde methodologie voor evalueren van duurzaamheid in de chemische sector. Hierbij werd opgemerkt dat chemische bedrijven individueel al actief met deze uitdagingen bezig waren.

² Informatiekaart *Safe-and-Sustainable-by-Design* pdf (overheid.nl)

Tijlijn ontwikkelingen SSbD



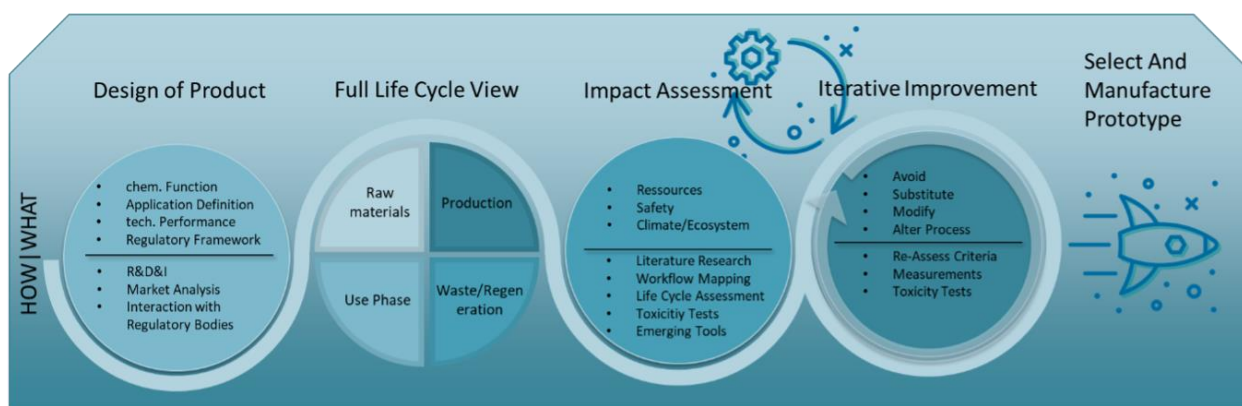
Figuur 1: tijlijn ontwikkeling SSbD

2.1.3 Implementatie van de SSbD-aanpak

De aanpak van het SSbD kader kan in twee hoofdfasen worden verdeeld: de (her)ontwerp- en assessmentfase.

(Her)ontwerpfase: In de (her)ontwerpfase richt SSbD zich om het creëren van producten die zowel veilig als duurzaam zijn. Het product wordt onderzocht vanaf de grondstofwinning tot aan de end-of-life fase. Het is van belang om de veiligheids- en duurzaamheidsrisico's in elke ketenstap grondig te analyseren, om verbeteringen in de (her)ontwerpfase te kunnen identificeren.

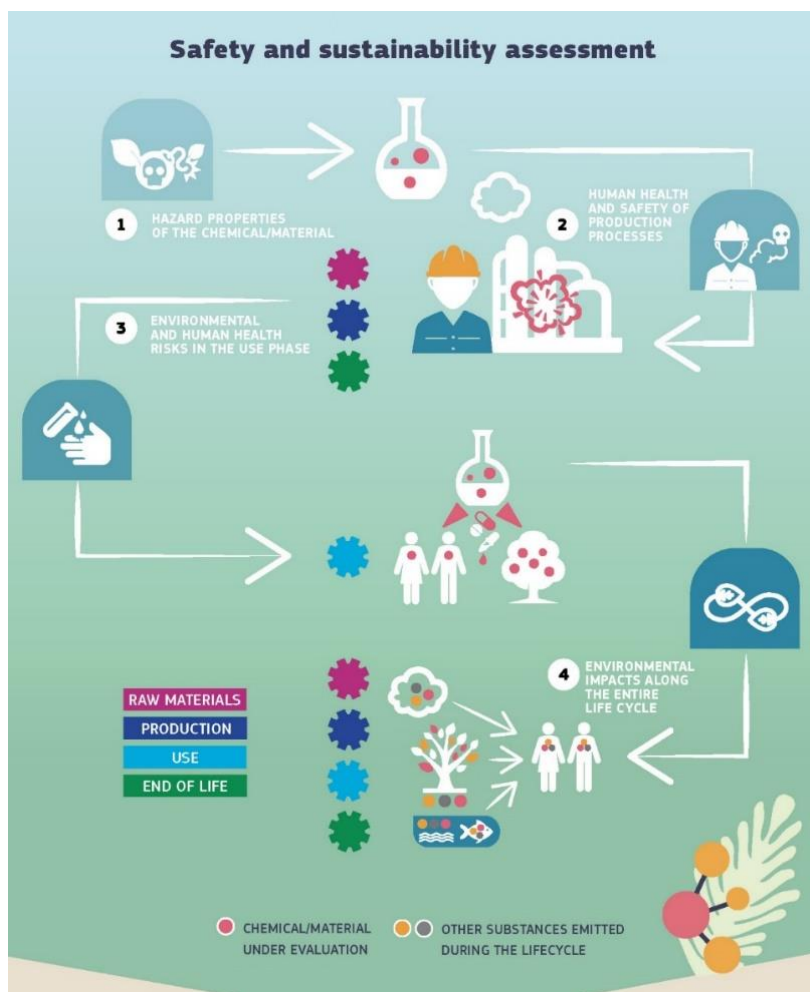
Bij het ontwerpen van nieuwe producten moeten deze risico's slim worden aangepakt. Hiervoor zijn verschillende methoden beschikbaar, zoals literatuuronderzoek van alternatieve ontwikkelingen, Life-Cycle Assessments (LCA) gericht op CO₂-uitstoot en uitvoerige (brand)veiligheidstesten. Hierbij is communicatie met én betrokkenheid van ketenpartners van belang. SSbD biedt suggesties voor het identificeren en implementeren van alternatieven en aanvullende verbeteringen, zoals het vermijden van bepaalde grondstoffen, het aanbevelen van duurzame substituties, alternatieven technieken of procesaanpassingen.



Figuur 2: Het SSbD ontwerpproces. Bron: <https://www.bnn.at/sabattle-safety-assessment-of-flow-battery-electrolytes-safe-and-sustainable-by-design-sasbd-concept/>

Assessmentfase: In de assessmentfase wordt de evaluatie van de veiligheid en duurzaamheid van de gehele levenscyclus van een prototype (product, chemische stof en componenten), zoals behuizingen en Battery Management System (BMS) uitgevoerd. Het resultaat is een SSbD-score tussen 0 en 3. Hierbij is een score van 0 de laagste haalbare score. Dit is een indicatie van een onveilig en niet-duurzaam prototype. Er zijn vier stappen met elk diverse sub-criteria. Als een prototype op een sub-criterium een 0 scoort, kunnen compensaties worden toegepast om de score te verbeteren. Het is, echter, bij een

beginscore van 0, niet meer mogelijk om de maximale score van 3 te behalen in latere assessments. Dit voorkomt dat prototypen met een negatieve basis niet met compensaties geschikt kunnen worden gemaakt. Voor de maximale score 3 is noodzakelijk dat een prototype met een hoge mate van veiligheid en duurzaamheid is ontworpen zonder compensaties in acht te nemen. Een minimumscore van 2 is vereist om als 'SSbD' aangemerkt te worden. Figuur 3 toont de evaluatie en Figuur 4 presenteert een daadwerkelijk voorbeeld van een casestudie uitgevoerd door de EC.



Figuur 3: Infographic van de SSbD assessment³

³ Infographic SAFE AND SUSTAINABLE BY DESIGN; CHEMICALS AND MATERIALS; A EUROPEAN ASSESSMENT KADER, European Commission

| Chemical | Hazard | Processing | Use phase | Safety | Toxicity | Climate change | Pollution | Resources | Environmental Sustainability(*) | SSbD Level |
|----------|--------|------------|-----------|--------|----------|----------------|-----------|-----------|---------------------------------|------------------|
| DEHP | 0 | 3.00 | 2 | 0.00 | 1.00 | 1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0 |
| ATBC | 3 | 2.70 | 3 | 2.90 | 0.00 | 1 | 0.25 | 0.25 | 0.38 | 1 |
| DEHA | 3 | 3.00 | 3 | 3.00 | 0.67 | 0 | 0.50 | 0.75 | 0.48 | 1 |
| DEHT | 3 | 3.00 | 3 | 3.00 | 1.00 | 1 | 1.25 | 1.00 | 1.06 | 2 |
| DINCH | 3 | 3.00 | 3 | 3.00 | 2.00 | 1 | 1.75 | 1.25 | 1.50 | 3 |
| ESBO | 3 | 3.00 | 3 | 3.00 | 0.67 | 0 | 1.50 | 1.00 | 0.79 | 2 ⁽¹⁾ |

(*) Relatively to the impacts of DEHP, considered as a reference for the assessment

Elements of concern to be noticed:

(1) ESBO: Level 0 in Climate Change represents a 32% increase in emissions, Level 1 in Toxicity includes a 37% increase in Human toxicity – cancer emissions, Level 1 in Resources includes a 146% increase in Marine eutrophication emissions, and level 1 in Resources includes a 327% increase in Land use (all increases when compared to the DEHP reference).

Figuur 4: Voorbeeld van de eindscores van een van de casestudies. Dit voorbeeld is de casestudy ontwikkeld door de EC. Bron: JRC Technical Report SSbD chemicals and materials. Application of SSbD to case studies.

2.1.4 Ontwikkeling vanuit Europees samenwerkingsverband PARC

Het European Partnership for the Assessment of Risks from Chemicals (PARC) werkt aan betere risicobeoordelingen van chemicaliën in Europa. Het Nederlandse Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) speelt hierin een belangrijke rol. Een van de bijdragen van het RIVM is aan de ontwikkeling van de SSbD-gereedschapskist, waarbij de focus ligt op het samenbrengen van informatie en feedback voor de SSbD-gereedschapskist. Deze gereedschapskist heeft als doel: de beoordeling en het (her)ontwerp van veilige en duurzame chemicaliën gedurende de ontwikkelingsstadia te ondersteunen. De planning is om tegen december 2023 een bètaversie van deze gereedschapskist klaar te hebben.

2.2 SSbD in de batterijsector

De toepassing van SSbD is van belang voor de ontwikkeling van veilige (innovaties van) batterijen. Dit omvat de integratie van duurzaamheids- en veiligheidsaspecten in elke fase van de batterijlevenscyclus.

2.2.1 Ontwikkeling van SSbD voor batterijen

Vanuit de Europese Unie (EU) en Battery 2030+ worden eerste stappen gezet over hoe SSbD vorm kan worden gegeven voor batterijen. De ambitie van het plan is om duurzaamheid en veiligheid in elke fase van de levenscyclus van een product te maximaliseren (zie Figuur 5).

| Levenscyclus | Ambitie | Overwegingen |
|--|--|---|
| Innovatie & functionaliteit | - Maximaliseer functionaliteit en duurzaamheid en veiligheid | - Lange levensduur, hoge specifieke energie, hoog specifiek vermogen, snel laden, breed operationeel bereik, lage zelfontlading, lange halfwaardetijd, betaalbare kosten - Marktfactoren: marketing, media-aandacht, sociale acceptatie en het van grootste belang de financiering (nationaal, internationaal, zakelijke haalbaarheid) |
| Grondstofwinning | - Minimaliseer het gebruik van kritische materialen | - Zorg ervoor dat grondstoffen niet op de kritieke lijst staan |

| | | |
|-------------------------------------|---|---|
| Ontwerp & productie | <ul style="list-style-type: none"> - Veilige en duurzame productie - Potentieelvermindering voor opwarming van de aarde - Minimale energie-, water- en oplosmiddelengebruik - Vermindering van ecologische voetafdruk | <ul style="list-style-type: none"> - Minimaliseer gevaarlijke stoffen (controleer ECHA CLP; of Veiligheidsinformatieblad voor oplosmiddel) - Minimaliseer tijdens ontwerp & productie gebruik van energie, water en oplosmiddel |
| Verpakking & distributie | <ul style="list-style-type: none"> - Veilige en duurzame verpakking en distributie - Minimale milieubelasting voor transport | <ul style="list-style-type: none"> - Minimaliseer de leveranciersafstand van producten of materialen - Minimaliseer gebruik van energie, water en oplosmiddel tijdens verpakking & distributie |
| Gebruik & onderhoud | <ul style="list-style-type: none"> - Veilig en duurzaam gebruik | <ul style="list-style-type: none"> - Vermijd gevaarlijke stoffen tijdens gebruik - Zorg voor duurzaamheid en lange levensduur |
| Einde-levensduur | <ul style="list-style-type: none"> - Effectieve recyclebaarheid en herbruikbaarheid | <ul style="list-style-type: none"> - Zorg voor effectieve recycling- of hergebruikprocessen met maximale terugwinning van materialen (gesloten materialen en productlussen) |

Figuur 5: Belangrijkste doelen SSbD in batterijen. Bron: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106060>

2.2.2 Implementatie van SSbD in de batterijensector

SSbD wordt al toegepast in delen van de batterijketen, met name in de chemische stappen van de keten. SSbD is nog niet een gebruikte standaard en wordt nog maar met mate gebruikt. Voor de chemische processen en producten in de keten is het theoretisch kader uitgewerkt en wordt het door marktpartijen opgepakt.

Het RIVM is momenteel bezig met de het operationeel maken van het SSbD kader specifiek voor batterijen. Verdere implementatie van dit kader en SSbD in de batterijensector zal kunnen volgen in de komende jaren.

2.2.3 Bestaande kaders met betrekking tot SSbD

Er bestaan diverse wet- en regelgevingen en richtlijnen die in lijn zijn met de visie van SSbD op het gebied van veiligheid en duurzaamheid.

2.2.3.1 Veiligheid

In de tabel hieronder wordt ingegaan op de huidige kaders welke in lijn zijn met veiligheidsprincipes vanuit SSbD

| Naam | Rechtsgeldig | Wat |
|---|--------------|--|
| De REACH Directive ⁴ | EU | Hiermee worden chemisch producten, waaronder batterijen, getoetst en gereguleerd aan gestelde veiligheidsstandaarden. REACH is Europees geïmplementeerd. |
| De CE-markering (Conformité Européenne) | EU/EER | Deze markering toont dat het product voldoet aan de eisen die de Economische Europese Ruimte (EER) ⁵ stelt aan milieu, veiligheid en gezondheid |
| Machinerichtlijn | NL | Kaders voor veiligheid tijdens het werken met machines. Deze richtlijnen gelden ook voor activiteiten tijdens de productiefase |
| PGS 37-1 | NL | Veiligheid voor energieopslag/Energie Opslag Systemen (EOS). Dit kader richt zich op veiligheid tijdens de gebruiksfase |
| PGS 37-2 | NL | Veiligheid van EOS, specifiek voor lithium-ion accu's voor e-bikes, scooters, choppers en gereedschappen. |

2.2.3.2 Duurzaamheid

Het belangrijkste kader dat overeenkomsten toont met SSbD is de EU Batterijenverordening. Deze verordening stelt duurzaamheidseisen. Zo bevat het streefcijfers rondom circulariteit en duurzaamheid. Ook is de verordening gericht op mens (veiligheid) en milieus (duurzaamheid). In hoofdstuk 5 wordt hier verder op ingegaan.

⁴ *REACH Regulation (europa.eu)*

⁵ *De EU plus Zwitserland, Liechtenstein, Noorwegen en IJsland.*

3 Batterijen

In dit hoofdstuk gaan we in op de verschillende typen batterijen die momenteel op de markt of in ontwikkeling zijn. Daarna bekijken we de productieketen en analyseren we de belangrijkste risico's voor veiligheid en duurzaamheid per stap. Deze risico's zijn in tabelvorm te vinden in Appendix B.

3.1 De batterijen

De technologische innovatie in de batterijensector is continu in beweging. Er zijn veel verschillende types batterijen. De meest gebruikte technologieën op de huidige batterijenmarkt zijn:

- Lithium-ion batterij
- Loodzuur accu
- Nikkel-cadmium accu
- Natrium-zwavel batterij
- Flow batterij
- Natrium-ion zoutbatterij
- Lithium-ijzer-fosfaat-batterij

3.1.1 Lithium ion batterij

Een Lithium-ion batterij (LIBs) is een veelgebruikte batterijtype bestaat uit vier primaire componenten: de kathode, anode, separator en elektrolyt. Een veel gebruikte kathodemateriaal in LIBs is Nikkel-Mangaan-Kobalt, oftewel NMC. De kathodes en anodes zijn de ladingdragers die voorzien in de opslag en afgifte van energie. Tussen deze twee zit de separator, welke de taak heeft om de elektroden van elkaar te scheiden en daarmee (interne) kortsluiting te voorkomen. Tegelijkertijd laat het de vrije stroom van Lithium (Li+) ionen toe. De elektrolyt heeft de taak om Li+ ionen te verplaatsen.

Lithium-ion batterijen worden gebruikt in een breed scala aan gebieden zoals (consumenten)elektronica en elektrische mobiliteit. Daarnaast worden ze op grote schaal toegepast voor grootschalige energiesopslag op netniveau, achter de meter bij grootverbruikers of bij kleinverbruikers (thuisbatterijen) en voor militaire en ruimtevaarttechnologieën.

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken^{6,7}

- Verstoring van de werking (door schade of degradatie) van de separator of ladingdragers kan de veiligheidsaspecten van LIBs beïnvloeden. Modulariteit en structurele veiligheidscontroles kunnen deze risico's verminderen.
- Gebruik van kobalt in LIBs brengt risico's met zich mee, zoals blootstelling aan dit materiaal tijdens de winning, productie en recycling. Het gebruik van alternatieve materialen kunnen deze risico's verminderen. Ook kunnen LIBs potentieel giftige stoffen bevatten, waaronder metalen zoals koper, nikkel en lood.⁸ Evenals het vaak toegepaste giftige en brandbare organische elektrolyten LiPF₆.⁹
- Gebruik van toxische elektrolyten zoals ethyleenglycoldimethylether (EGdIME) veroorzaakt reproductieve risico's. Het minimaliseren van het gebruik van dergelijke elektrolyten en effectieve ventilatie toepassen in de productieomgeving kan veiligheids- en gezondheidsrisico's verminderen.
- Huidige afstelling van interne temperatuursensoren en koelsystemen zijn niet geoptimaliseerd voor prototypes, waardoor oververhitting en de daarmee samenhangende risico's zoals interne ontbranding voor kunnen komen.

⁶ H. Kannisto et al., *Lithium-ion battery's life cycle: safety risks and risk management at workplaces*

⁷ Y. Chen et al. (2021) *A REVIEW of lithium-ion battery safety concerns: The issues, strategies, and testing standards*

⁸ S. Randhawa, L. Chopra (2022). *Pestilential impacts of battery industry discharged metal waste on human health*

⁹ M. Zackrisson, S. Schellenberger (2020). *Toxicity of lithium ion battery chemicals -overview with focus on recycling*

- Gebruik van instabiele anodes en cathodes bij verschillende omstandigheden (temperaturen en ladings-/ontladingssituaties) kunnen thermische problemen veroorzaken.
- Huidige batterijontwerpen zijn vaak niet modulair om de dichtheid van componenten en bescherming te vergroten. Dit veroorzaakt risico's bij demontage en vervanging voor technisch personeel. Door mogelijke blootstelling aan schadelijke stoffen die vrijkomen bij demontage. Een modulair ontwerp maakt het veiliger om batterijen te demonteren en te repareren. Dit heeft voordelen voor de circulariteit en verwerking na einde levensduur van de batterij. Een relevante trend is toepassing van "cell to pack" technologie, waarbij minder materiaal voor de batterijmodules nodig is, maar meer lijn om de benodigde componenten te verbinden is vereist om de benodigde efficiëntie en veiligheid te kunnen behalen. Dit bemoeilijkt demontage bij reparaties of vervanging.

3.1.2 Lithium-ijzer-fosfaat-batterij¹⁰

Lithium-ijzerfosfaat batterijen gebruiken als kathodemateriaal lithium-ijzerfosfaat, oftewel LFP. Deze batterijen kunnen functioneren binnen een breed temperatuurbereik, wat dit type geschikt maakt voor diverse toepassingen. Lithiumbatterijen zijn een goede keuze voor situaties waarin de accu's snel leegraken of gebruikt moeten worden onder extreme weerscondities. Op het moment dat een lithium-ijzerfosfaatbatterij wordt opgeladen, verplaatsen lithiumionen (Li+) zich van de positieve elektrode door de polymerscheider naar de negatieve elektrode en tijdens het ontladingsproces bewegen de lithiumionen zich van de negatieve elektrode door de scheider naar de positieve elektrode.

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken ¹¹

- Lithium-ijzer-fosfaat-batterijen hebben over het algemeen een hoge energiedichtheid en een laag verliespercentage tijdens gebruik.
- Het gebruik van ijzer en fosfaat in deze batterijen maakt ze milieuvriendelijker in vergelijking met andere lithium batterijen die zwaardere metalen bevatten zoals kobalt
- De sterke en robuuste structuur van de batterij beperkt het risico op lekkage en chemische erosie, hetgeen zowel positief is voor de duurzaamheid als veiligheid¹²
- Bij overladen van deze batterijen kan een aanzienlijke hoeveelheid lithiummetaal neerslaan op de negatieve elektrode, wat leidt tot een temperatuurstijging van het oplosmiddel en veiligheidsrisico's.¹³

3.1.3 Loodzuur batterij

Een loodzuur batterij bestaat uit een negatieve elektrode gemaakt van sponsachtig of poreus lood. Het lood is poreus om de vorming en oplossing van lood mogelijk te maken. De positieve elektrode bestaat uit loodoxide. Beide elektroden zijn ondergedompeld in een elektrolytische oplossing van zwavelzuur en water. Als de elektroden elkaar benaderen, door fysieke beweging van batterij of door verandering in dikte van de elektroden, zorgt een elektrisch isolerend membraan voor de scheiding van de elektroden om daarmee kortsluiting te voorkomen.

Loodzuur batterijen staan bekend voor hun gebruik in auto's en motoren om de motor te starten en worden ook gebruikt voor zaken als noodstroomvoorzieningen en energieopslag voor zon en wind gebruikt.

¹⁰ T. Fan et al. (2023). *Life cycle assessment of electric vehicles' lithium-ion batteries reused for energy storage*

¹¹ E. Hiong et al. (2023) *Large-scale energy storage system: safety and risk assessment*

¹² D. Meng et al. (2021). *Lithium iron phosphate with high-rate capability synthesized through hydrothermal reaction in low Li concentration solution*

¹³ Z. Fang et al (2021). *Safety Analysis and System Design of Lithium Iron Phosphate Battery in Substation*

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken ¹⁴

- Elektrolyt in loodzuur batterij bevat corrosief zwavelzuur. Lekkage kan optreden tijdens productie, transport, gebruik of demontage van dit materiaal. Hierbij is effectieve afdichting van batterijcomponenten zoals de batterij tray en behuizing van belang.
- Lood en loodverbindingen bevinden zich in de elektroden en het rooster van loodzuur batterijen. Deze materialen vormen een toxiciteitsrisico voor zowel mensen als milieu. Het ontwerp dient rekening te houden, hoe deze materialen veilig kunnen worden opgenomen in de batterijstructuur en hoe blootstelling aan lood kan worden geminimaliseerd.
- Waterstofgas wordt geproduceerd tijdens het oplaadproces. Het ontwerp dient rekening te houden met de afvoer van waterstofgas om ophoping en potentieel explosiegevaar te voorkomen. Mitigatie kan met behulp van ventilatie en ontluchting van de batterijbehuizing, maar moet zeer zorgvuldig gebeuren om risico's voor de omgeving te voorkomen.
- Huidige batterijontwerpen zijn vaak niet modulair om de dichtheid van componenten en bescherming te vergroten. Dit veroorzaakt risico's bij demontage en vervanging voor technisch personeel. Door mogelijke blootstelling aan schadelijke stoffen die vrijkomen bij demontage. Een modulair ontwerp maakt het veiliger om batterijen te demonteren en te repareren.

3.1.4 Nikkel-cadmium batterij

Een nikkel-cadmium bestaat uit een kathode, anode, permeabel membraam en 2 elektroden. De kathode bevat nikkeloxyde-hydroxide als actief materiaal. Tijdens ontlading reageert nikkeloxyde-hydroxide met water om nikkeldihydroxide en hydroxide-ionen te produceren. De anode bestaat uit metallisch cadmium. Tijdens ontlading wordt aan deze kant cadmiumhydroxide gevormd. Een permeabel membraam scheidt deze twee elektroden en laat de stroom van elektronen en ionen ertussen toe. Een waterige oplossing van kaliumhydroxide is het elektrolyte.

Nikkel-cadmium batterijen worden vanwege hun bestandheid tegen zware omstandigheden gebruikt voor veiligheidstoepassingen zoals alarmen maar toepassingen als gereedschap en speelgoed.

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken ¹⁵

- De hierboven beschreven chemische reacties binnen een nikkel-cadmium batterij zijn temperatuurgevoelig. Hoge temperaturen kunnen deze reacties versnellen wat leidt tot snellere degradatie en een kortere levensduur.
- Gebruik van giftig cadmium brengt bij blootstelling gezondheidsrisico's met zich mee tijdens de winning, productie en recycling.
- Verkeerd verwijderen of afvalverwerken van cadmium kan risico's voor het milieu veroorzaken, wat kan leiden tot bodem- en waterverontreiniging.
- Zowel gebruikte materialen, zoals nikkeloxyde-hydroxide en metallisch cadmium, als de structuur van nikkel-cadmium batterij, zorgen voor een relatief lagere energiedichtheid in vergelijking met nieuwe technologieën zoals lithium-ion.
- Nikkelcadmiumbatterijen kunnen bij constante spanningslading gevoelig zijn voor overlading, wat tot een thermisch runaway kan leiden. Dit vereist aanpassingen in het ontwerp om overlading te detecteren en voorkomen.

¹⁴ A. Townsend and R. Gouws (2022). A Comparative Review of Lead-Acid, Lithium-Ion and Ultra-Capacitor Technologies and Their Degradation Mechanisms

¹⁵ U. Koehler (2019). Chapter 2 - General Overview of Non-Lithium Battery Systems and their Safety Issues

3.1.5 Flow batterij

Redox-flowbatterijen (RFB) vormen een type elektrochemische batterijen. De naam "redox" verwijst naar chemische reductie- en oxidatiereacties die gedaan worden in de RFB om energie op te slaan in vloeibare elektrolytoplossingen. Deze stromen door een batterij van elektrochemische cellen tijdens het opladen en ontladen. Tijdens het ontladen wordt via een oxidatiereactie een elektron vrijgegeven vanuit een staat van hoge chemische potentiaal aan de negatieve anodezijde van de batterij. Daarbij komt het elektron via een reductiereactie in staat van lagere chemische potentiaal, aan de positieve kathodezijde van de batterij. De richting van de stroom en de chemische reacties worden omgekeerd tijdens het opladen.

In tegenstelling tot opslag in vaste elektroden, slaan flowbatterijen energie op in vloeibare elektrolyten. Een voordeel van dit type batterij is dat opslagcapaciteit onafhankelijk van vermogen verhoogd kan worden. Vergroten van de opslagcapaciteit van de batterij komt beschikbaar door enkel de capaciteit van elektrolyttanks toe te voegen. Deze flexibiliteit in schaalbaarheid, samen met veiligheid door niet-brandbare waterige elektrolyten, maakt flowbatterijen veelbelovend voor lange termijn energieopslag. Echter, is de lage energiedichtheid van de elektrolyt een nadeel. Door de lage dichtheid nemen flowbatterijssystemen meer ruimte in beslag en zijn voornamelijk geschikt voor stationaire opslag.

Flowbatterijen kunnen vanwege de lage energiedichtheid gebruikt worden als stationaire batterijen bijvoorbeeld voor peak shaving, maar ze zijn minder geschikt voor toepassing in de mobiliteit. Ze zijn ook bruikbaar voor het opslaan van duurzame energie afkomstig uit wind of zon.

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken

Er zijn verschillende soorten flowbatterijen met elk hun eigen ontwerpkenmerken en materiaalgebruik, te weten: de vanadium-, organische-, ijzer-chromium-, broom-polysulfide- en chinon-polysulfide flowbatterijen.

- **Vanadium flowbatterij:** zijn bekend om hun recyclebare elektrolyten, wat ze een duurzame optie maakt. Echter heeft de winning van vanadium milieurisico's, omdat deze veel wordt gewonnen als bijproduct van de uraniummijnbouw. Naast de directe (winnings)locatie kunnen ook omliggende ecosystemen worden beïnvloed.
- **Organische flowbatterijen:** hebben vanuit een duurzaam perspectief efficiëntie en zijn eenvoudig op te schalen. Bij deze techniek is grondwinning middels mijnbouw niet nodig, waardoor sociale veiligheidsrisico's die hiermee vaak gepaard gaan niet optreden. Bovendien zijn de materialen van de batterijen recyclebaar, wat bijdraagt aan de circulaire economie. Een nadeel van dit type batterij, waarbij energie wordt opgeslagen in water opgelost organisch materiaal, is de lage energiedichtheid.
- **De ijzer-chromium- broom-polysulfide en chinon-polysulfide flowbatterijen** zijn gekenmerkt door zeer giftige stoffen waaruit deze zijn opgebouwd. Deze stoffen hebben een hoge toxiciteit voor organismen in het water.

3.1.6 Natriumzwavel batterij

De natriumzwavel batterij werd oorspronkelijk ontwikkeld voor elektrische voertuigen en is een hoge temperatuur batterij die functioneert bij 300 graden (°C) met een vast elektrolyt. Deze batterij gebruikt gesmolten natrium en zwavel als elektroden. De reactie tussen deze twee stoffen zorgt voor de energieopwekking. Ondanks het potentiële explosieve gedrag van met name natrium, zijn moderne uitvoeringen van deze batterij over het algemeen veilig door een groot aantal veiligheidsmaatregelen.

Duurzaamheids- en veiligheidskarakteristieken ¹⁶

- Natriumzwavel batterijen werken op zeer hoge temperaturen, wat tijdens gebruik veiligheidsrisico's met zich meebrengt. Deze batterijen zijn minder geschikt voor gebruik 'achter de meter'.
- Daarnaast bevatten deze batterijen vloeibaar, reactief natrium. Beschadiging aan de luchtdichte afdichting kan ertoe leiden dat natrium wordt blootgesteld aan lucht en vocht, wat heftige chemische reacties kan veroorzaken. Dit kunnen exotherme reactie zijn waarbij het natriummetaal wordt verhit en kan ontbranden met een kenmerkende oranje vlam.

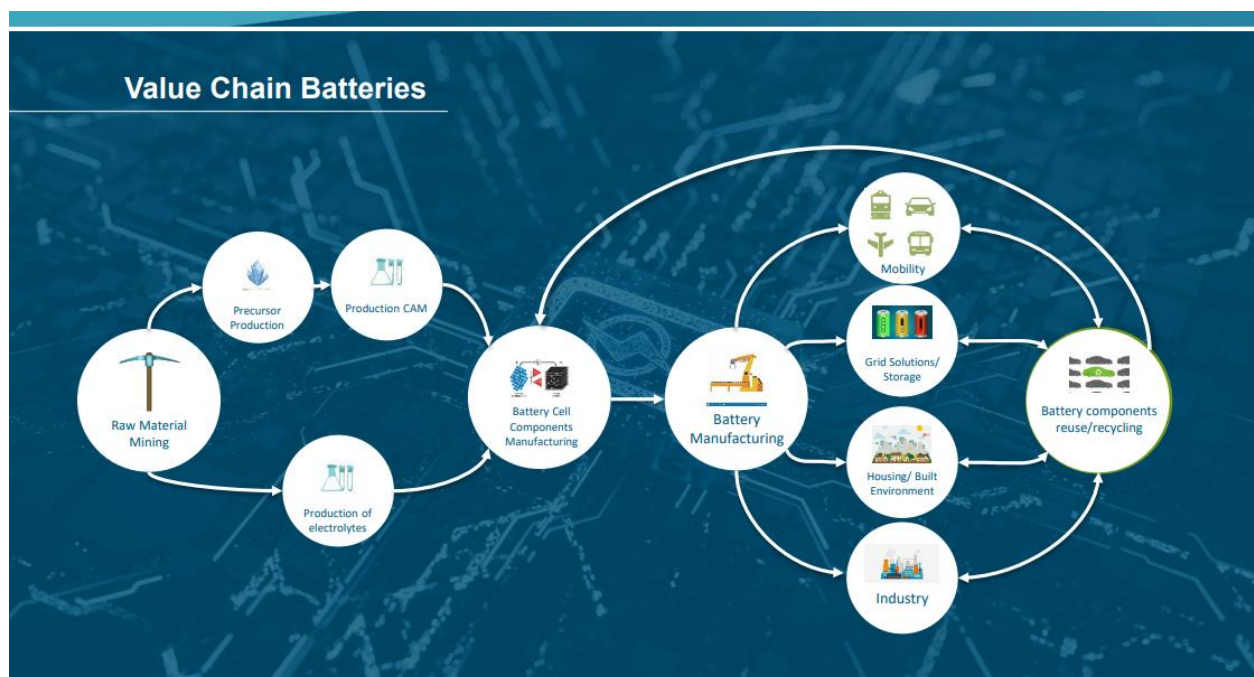
¹⁶ E. Hiong et al. (2023) *Large-scale energy storage system: safety and risk assessment*

3.2 De keten van batterijenproductie

De keten voor batterijen waar in dit rapport mee wordt gewerkt staat beschreven in Figuur 6: Waardeketen batterijen. Voor de implementatie van SSbD liggen de grootste mogelijkheden in de stappen waarin de componenten en de eindproducten gefabriceerd worden. Hier worden de ontwerpkeuzes gemaakt die zowel voor als achter in de keten tot veiligere en duurzame producten kunnen leiden.

Ook in de stappen voor de componenten-productie liggen kansen om SSbD als sturend kader te gebruiken. Dit zijn veelal chemische processen en het SSbD voor de chemie kader kan hier veelvuldig worden toegepast.

In dit hoofdstuk gaan we de verschillende stappen van de keten langs en bekijken welke risico's er per stap zijn voor duurzaamheid en veiligheid. Een overzicht in tabelvorm van de risico's staat in bijlage B. In het volgende hoofdstuk vatten we deze risico's samen in zeven overkoepelende uitdagingen voor de Nederlandse ontwikkeling van de batterijensector.



Figuur 6: Waardeketen batterijen

3.2.1 Het productieproces: grondstoffenwinning

3.2.1.1 Activiteiten

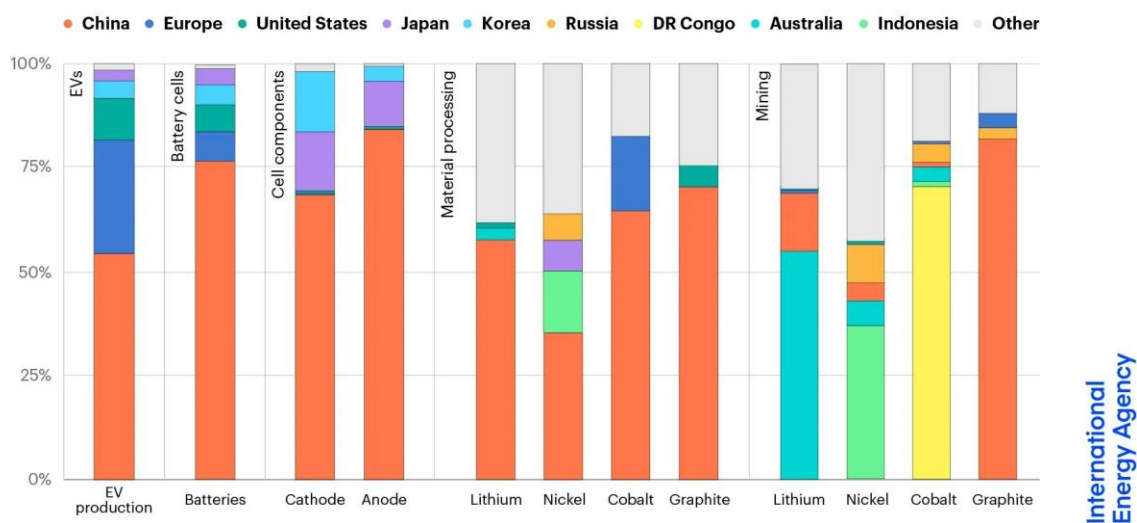
Voor de productie van batterijen zijn verschillende grondstoffen nodig. De benodigde grondstoffen zijn onder andere kobalt, nikkel, grafiet en lithium, afhankelijk van welke batterij wordt geproduceerd.

Deze stap wordt buiten Nederland en voornamelijk buiten Europa uitgevoerd, omdat geen tot weinig van deze stoffen in de grond beschikbaar zijn en omdat winning vanwege milieu-impact aan het buitenland werd gelaten. China is veruit de grootste winner van grafiet, kobalt wordt momenteel vooral uit Democratische Republiek Congo gehaald, nikkel uit Indonesië en Rusland, en Lithium uit Korea en China, zie Figuur 7.

De Verenigde Staten van Amerika (VS), Canada en Australië hebben onder internationale druk de winning van de bovengenoemde grondstoffen in de laatste jaren opgeschaald, vanwege toegenomen geopolitieke spanningen. Ook in Europa ontstaan er nieuwe initiatieven voor de winning van grondstoffen voor batterijen.

Geographical distribution of EV production/capacity by element of the supply chain

Global EV Outlook 2022

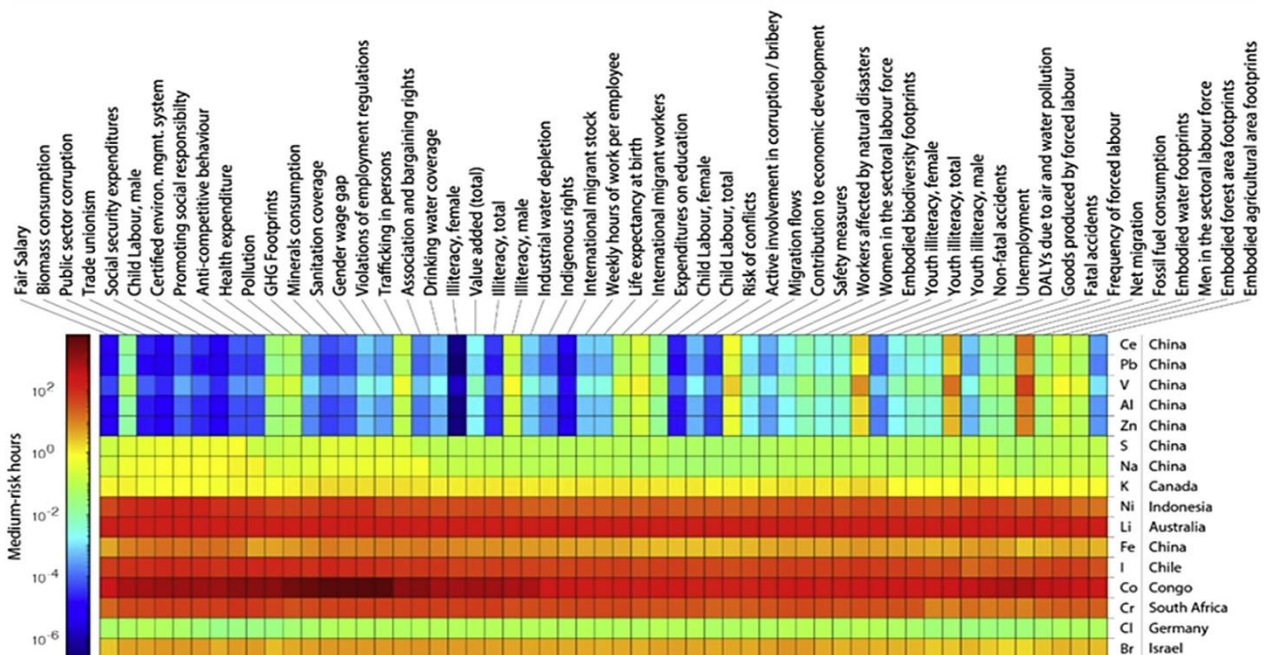


Figuur 7: Geografische distributie van batterij productie per ketenstap. Bron: International Energy Agency "Global Supply Chains of EV Batteries"

3.2.1.2 Risico's:

De risico's die bij de winning van grondstoffen ontstaan zijn lastig te controleren als deze plaatsvinden in landen waar wet- en regelgeving ontbreekt, minder strikt is of minder goed wordt nageleefd. De transitie naar landen waar de wet- en regelgeving wel toereikend is en nageleefd wordt, zal de invloed van mogelijke risico's transparanter maken. Ook toenemende verplichtingen vanuit Europa uit de EU Batterijenverordening zullen de druk om verbeteringen door te voeren opvoeren. Voor een overzicht van sociale risico's voor de belangrijkste winningslanden zie Figuur 8.

Social risks



Figuur 8: Sociale risico's per grondstof in belangrijkste winningslanden. Risico wordt uitgedrukt in Medium-risk hours met 1kg Lithium als referentie. Bron: Soeteman-Hernández et al, "Life cycle thinking and safe-and-sustainable-by-design approaches for the battery innovation landscape", *iScience*, Volume 26, Issue 3

De grootste risico's op veiligheid en duurzaamheid in deze stap in de keten zijn:

1. Mensenrechten en arbeidsomstandigheden

Vooral de winning van kobalt is risicovol en een significant aandeel van de totale winning van kobalt wordt gedaan in de Democratische Republiek Congo (DR Congo). In de DR Congo is de problematiek met betrekking tot het niet naleven van mensenrechten zeer groot. Er zijn gedocumenteerde incidenten bekend waarbij inwoners werden gedwongen hun huizen en dorpen te verlaten, soms met gewelddadige methodes. Ook zijn kinderarbeid en moderne slavernij geobserveerd^{17,18}. Daarnaast wordt gerapporteerd dat arbeidsomstandigheden onveilig zijn.

Om invloed uit te oefenen met het doel om mensenrechten en arbeidsomstandigheden te verbeteren in ontwikkelingslanden, is het belangrijk om landen niet compleet uit te sluiten van de keten maar om het contact open te houden. Dit is de insteek van onder andere het Ministerie van Buitenlandse Zaken en Amnesty International.

2. Uitstoot en energiegebruik

Voor het winnen van grondstoffen voor de batterijenproductie is het intensief gebruik van zware werktuigen met een hoog energiegebruik noodzakelijk. Deze werktuigen stoten ook veel CO2 uit. Daarnaast wordt er in de mijnbouw veel water gebruikt.

¹⁷ <https://www.globalwitness.org/en/campaigns/natural-resource-governance/lithium-rush-africa/>

¹⁸ <https://www.hsph.harvard.edu/news/hsph-in-the-news/the-dangers-of-cobalt-mining-in-the-congo/>

3. Vervuiling

Vervuiling is een veel voorkomend probleem in de mijnbouw. Ook bij het winnen van de grondstoffen voor batterijen. Dankzij internationale verdragen is grootschalige vervuiling in ontwikkelde landen teruggedrongen. Echter zijn vooral in ontwikkelingslanden nog grote risico's vanwege lagere veiligheids- en duurzaamheidsstandaarden.

Vervuiling van lucht, water en grond komt voor, door lekkages van toxische stoffen en het onbeschermd achterlaten van mijnen, nadat de waardevolle grondstoffen gewonnen zijn. Stoffen als cyanide, arseen en kwik, welke bij het extractieproces gebruikt worden, kunnen in het milieu te komen als door nalatigheid lekkage ontstaat.

Een ander risico bij de mijnbouw is het grootschalige landgebruik en degradatie van de landschappelijke waarde. Wat resulteert in het verlies van de ecologische waarde van het land. Grond dat is achtergelaten door de mijnbouw is in veel gevallen niet meer bruikbaar voor andere doeleinden vanwege (de kans op) vervuiling.

4. Schaarste en leveringszekerheid

De natuurlijke reserves van grondstoffen, die nodig zijn voor de productie van bepaalde types batterijen, zijn niet oneindig. Mede dankzij elektrificatie is de vraag significant gestegen en daarmee de vraag naar deze grondstoffen, waardoor de druk op de mijnbouw hoger wordt.

Daarnaast is als gevolg van geopolitieke spanningen en de instabiliteit van bepaalde landen waarin gewonnen wordt, zoals DR Congo, de druk op de aanvoer van grondstoffen verhoogd.

3.2.1.3 Kansen in design

In het ontwerpproces zijn er een aantal aanbevelingen om deze risico's aan te pakken.

- 1) Optimaliseer en standaardisering batterijsystemen: dit maakt een batterij efficiënter per gewonnen grondstof en maakt inter-operationalisatie tussen verschillende batterijtypes mogelijk
- 2) Minimaliseer gebruik schaarse materialen in ontwerp
- 3) Gebruik groene stroom bij winning
- 4) Substitueren van grondstoffen uit problematische bronnen
- 5) Meer gebruik maken van recyclede grondstoffen, i.e. urban mining

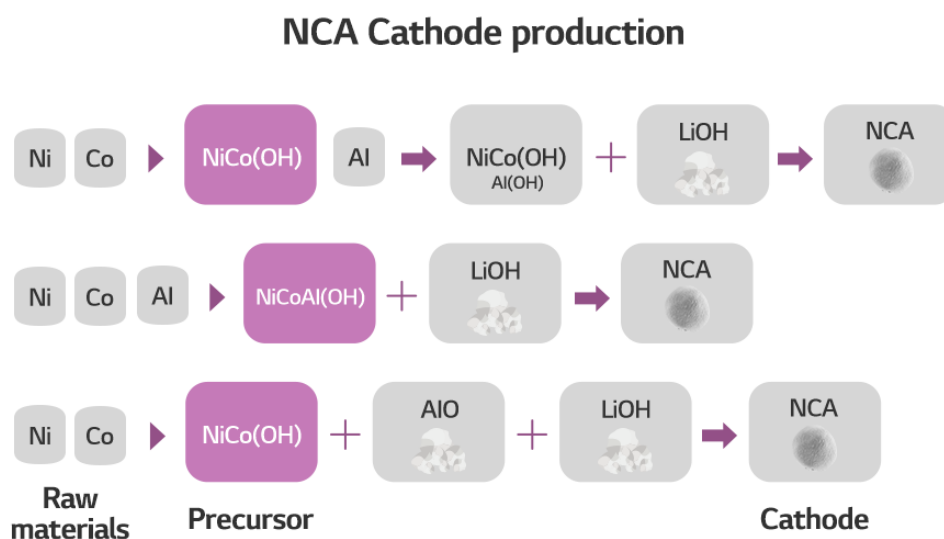
Betreffende punt 4 zijn er een aantal veelbelovende technologische ontwikkelingen:

- Natrium-ion batterijen zijn potentieel milieuvriendelijker batterijtype, maar vereisen meer optimalisatie door lagere elektronenoverdracht vergeleken met lithiumbatterijen
- Daarnaast gebruiken ook solid state batterijen veel minder grafiet en kobalt
- Lithium-ijzer-fosfaat-accu gebruiken geen nikkel en kobalt

3.2.2 Het productieproces: raffinage en chemische verwerking

3.2.2.1 Activiteiten

Van de ruwe materialen worden tussenproducten gemaakt die nodig zijn voor verdere ontwikkeling van batterijen componenten, zoals de anodes, kathodes en de elektrolyt. Dit zijn chemische processen die veelal plaatsvinden in China, zie Figuur 7. De tussenproducten zijn onder andere metaal hydride stoffen, zie voor Lithium-Ion kathodes, zie Figuur 9. Van de componenten wordt een cel gemaakt, welke los wordt verkocht of als sub-component in een product wordt geplaatst.



Figuur 9: Tussenproducten voor Lithium-ion batterijen. Bron: <https://inside.lgensol.com/en/2022/09/a-better-life-with-batteries-precursor/>

3.2.2.2 Risico's:

De risico's op duurzaamheid en veiligheid in deze fase lijken erg op risico's die we kennen uit de chemische sector. Het SSbD kader dat ontwikkeld is voor de chemische sector zal in veel aspecten direct toepasbaar zijn op deze stap in de keten.

Daarnaast zijn er risico's die samenhangen met het industriële karakter van de productie.

1) Uitstoot en energiegebruik

Chemische en industriële stappen om de tussenproducten te produceren, gebruiken veel energie en warmte in het proces. Deze energie wordt nog niet grootschalig duurzaam opgewekt en veroorzaakt CO₂ uitstoot¹⁹. Geografische afstand tussen verschillende stappen in de keten zorgt ook voor extra uitstoot door het nodige transport.

2) Vervuiling

Behalve vervuiling door uitstoot door het gebruik van fossiele brandstoffen, zijn er bij chemische processen risico's door het gebruik van giftige stoffen en de resulterende vervuilende afvalstromen.

¹⁹ <https://www.theguardian.com/environment/2021/nov/22/chemicals-industry-pollution-emissions-climate>

3) Veiligheid bij productie

Evenals bij de mijnbouw in ontwikkelingslanden of andere landen waar arbeidsomstandigheden minder streng nageleefd worden, is er risico voor de veiligheid van werknemers. Minder dan in de mijnbouwindustrie is er sprake van kinderarbeid of moderne slavernij. Desondanks zijn er reële risico's voor de gezondheid van arbeiders bij onveilige omstandigheden.

3.2.2.3 Kansen in design:

In deze stap in de keten zitten de kansen in het kiezen van materialen die minder of niet schadelijk zijn voor de veiligheid en duurzaamheid. Innovaties in het ontwikkelen van tussenproducten die stoffen als lithium en kobalt vermijden of substitueren, vermindert de kans op zowel risico's in deze stap als in de mijnbouw. Deze innovatie zal in samenspraak met de partijen in de volgende stap van de keten moeten gebeuren, zodat de totale chemie van de batterijen wordt meegenomen.

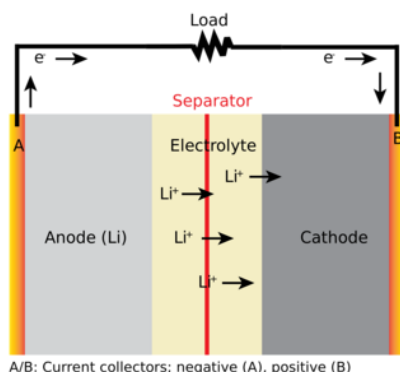
In hoofdstuk 2 hebben wij het SSbD kader geschetst, zoals dat van toepassing is in de chemische sector. Dit kader is voor de raffinage eveneens relevant en kan gebruikt worden door partijen in latere stappen in de keten. Zowel in Nederland of Europa kunnen deze functioneren als gids voor het kiezen van geschikte tussenproducten. De volgende kansen zijn naar voren gekomen:

- 1) Ontwikkelen van stoffen die kobalt en lithium substitueren, in samenspraak met de keten
- 2) Gebruik chemisch SSbD kader als gids voor het kiezen van tussenproducten

3.2.3 Het productieproces: componenten en assemblage

3.2.3.1 Activiteiten en partijen

In deze stappen worden de onderdelen voor batterijen geproduceerd. Hier verstaan we onder de anode, kathode, het elektrolyt en ook de onderdelen die de batterij reguleren zoals een Battery Management System (BMS) en omhullen en bedraden.



Figuur 10: Schematisch overzicht Lithium batterij

De volgende stap is het invoegen van de batterij in het eindproduct. Dit kan zijn een accu voor een elektrische fiets of auto, maar ook een consumentenproduct zoals een elektrische tandenborstel. Ook worden batterijen en accu's los verkocht. Voor meer grootschalige batterij-oplossingen in de industrie of voor het elektriciteitsnet worden EOS geproduceerd.



Figuur 11: Batterijproductie activiteit in Europa. Bron: Cairn Energy Research Advisors

Voor grotere batterijen (gebruikt in mobiliteit, industrie of elektriciteitsnetwerken) gebeuren deze stappen vaker in Europa. In Figuur 11 zien we een overzicht van productie in de batterijen voor de auto-industrie. Ook innovatieve bedrijven die nieuwe typen batterijen ontwikkelen, zoals de redox-flowbatterij, doen dat onder andere vanuit Nederland, Europa of de VS.

China is vooralsnog de grootste speler in deze stap, zoals gezien in Figuur 7.

In deze stap, waarin de werkzame chemie van de batterij en het totale product wordt ontworpen en geproduceerd, zijn kansen om met het SSbD kader invloed uit te oefenen. Zo kunnen keuzes gemaakt worden met betrekking tot substitutie van materialen genoemd in eerdere stappen, maar ook over het effectiever maken van circulariteit, wat we in de volgende stappen bekijken.

3.2.3.2 Risico's

Risico's voor veiligheid en duurzaamheid in deze productiestap focussen zich op het industriële karakter van het proces.

1) Uitstoot en energiegebruik

Net zoals in de chemische industrie, gebruikt ook deze productiestap energie en warmte voor de productie van batterijen. Deze energie en warmte kan worden opgewekt door fossiele brandstoffen en zijn daarbij verantwoordelijk voor CO₂ uitstoot. Vooral bij productie in China is hier weinig zicht en controle op.

2) Veiligheid bij productie

Bij de productie van batterijen is er kans dat de arbeidsomstandigheden onveilige situaties creëren voor werknemers, door minder strikte controles. Dit probleem komt veel bij de productie in China voor. Vanwege het chemische, brandbare en/of toxische karakter van de werkzaamheden en gebruikte materialen, is de kans op incidenten tijdens het productieproces een veiligheidsrisico voor werknemers.

3.2.3.3 Kansen in design:

De belangrijkste aandachtspunten in het designproces om de risico's in deze stappen aan te pakken kunnen zijn:

- 1) Verhogen van de energiedichtheid product om vraag te verminderen
- 2) Gebruik van duurzame energie
- 3) Vermijd gebruik van toxische stoffen en technieken
- 4) Vermijd producten uit landen met gebrek aan controle op goede arbeidsomstandigheden
- 5) Ontwerp met zo min mogelijk schaarse grondstoffen zoals bijvoorbeeld lithium, kobalt of nikkel

De nieuwe EU Batterijenverordening die per 18 augustus 2023 van kracht is, is gericht op producenten en importeurs van batterijen en zal een verder kader stellen aan eisen met betrekking tot duurzaamheid. Het kader behelst CO₂ uitstoot, prestatie-eisen aan levensduur en recyclebaarheid, een zorgvuldigheidseis op het gebied van duurzame sourcing en een minimum aandeel gerecyclede grondstoffen.

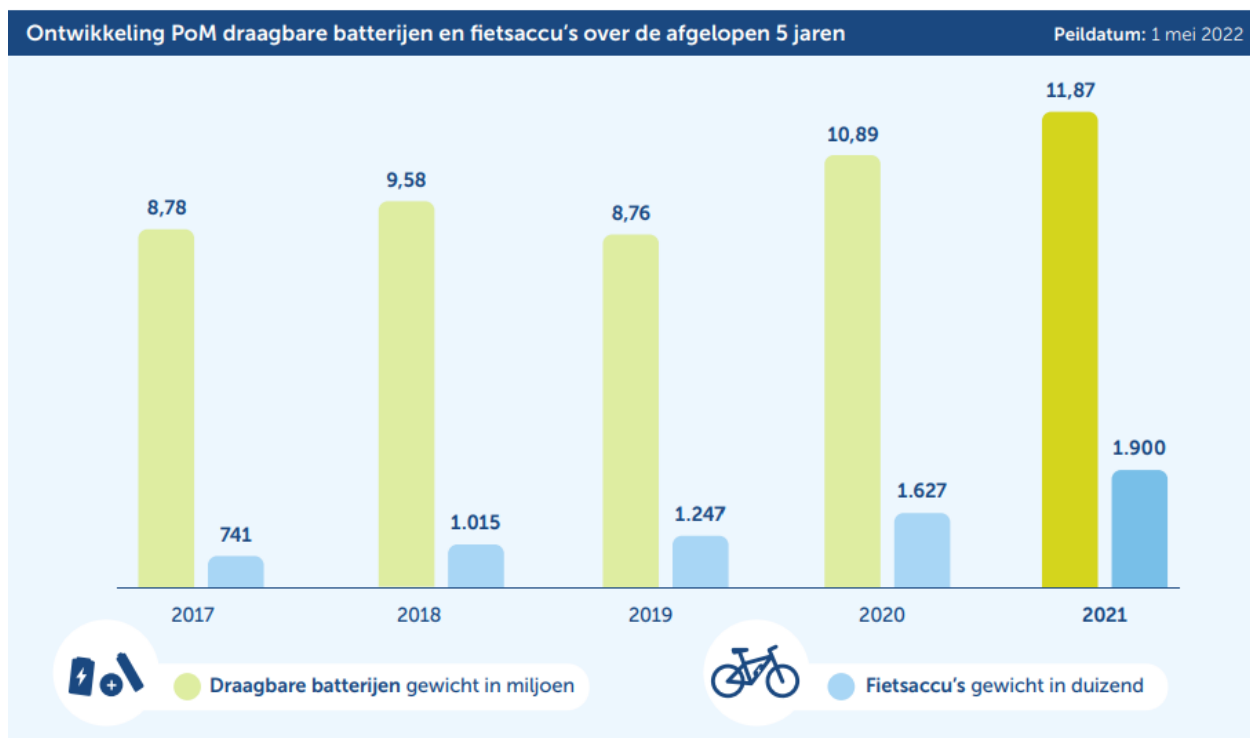
3.2.4 De gebruiksfase en reparatie

3.2.4.1 Activiteiten en partijen

In de gebruiksfase onderscheiden we vier verschillende types gebruik van batterijen: Mobiliteit (fiets en auto accu's), elektriciteitsnetwerken, huishoud- en consumentenelektronica, en industriële toepassingen.

In de afgelopen tien jaar is het aantal batterijen per huishouden verdrievoudigd (Bron: Stibat). Dit komt voornamelijk door verregaande elektrificatie, zoals "internet of things"²⁰. De laatste paar jaar is de groei verminderd, desondanks is een groter aandeel wegwerp-batterijen nog steeds aanwezig. Zie ter illustratie Figuur 12.

Het aandeel elektrische auto's en fietsen is de afgelopen jaren sterk toegenomen. Dit komt doordat deze producten betaalbaarder, toegankelijker en betrouwbaarder zijn geworden. Ook is de kwaliteit van de batterijen toegenomen. De verwachting is dat deze groei de komende jaren blijft.



Figuur 12: Groei "Put on Market" PoM batterijen. Bron: Jaarverslag 2021 Stibat

Voor industriële en elektriciteitsnetwerkoplossingen zijn grote EOS nodig. Dit zijn soms eenzelfde soort cellen als gebruikt in auto's, en steeds vaker ook gespecialiseerde types zoals flow batterijen. Voor stationaire batterijen is energiedichtheid minder essentieel dan voor batterijen die gebruikt worden voor mobiliteit, wat betekent dat alternatieve chemische samenstelling eerder relevant worden.

Vanwege de groei in duurdere en grotere batterijen zoals voor mobiliteit en EOS, is ook reparatie en hergebruik van onderdelen een grotere industrie geworden. Voor fietsaccu's zijn er gespecialiseerde bedrijven die cellen kunnen vervangen. Ook wordt er veel particulier en ongereguleerd gerepareerd.

²⁰ Een systeem van elektrische apparaten dat via internetverbindingen met andere systemen in contact staan en informatie uitwisselen. Een voorbeeld hiervan zijn fitnesstrackers, slimme koelkasten en smartphones.

Autoaccu's die vanwege gebruik minder capaciteit hebben, kunnen gereviseerd of een tweede leven krijgen met inzet bijvoorbeeld als thuisbatterij.

3.2.4.2 Risico's

De grootste risico's op veiligheid liggen op brandveiligheid en in de gevolgen van brand. Voor mobiliteits- en consumentenproducten is de invloed van het risico op brand groter omdat deze branden vaak in bewoonde omgeving zullen plaatsvinden. Daarentegen zijn branden bij grote batterijparken logischerwijs ook groter in omvang en zal brand invloed hebben op omliggende gronden. We bekijken de grootste risico's per type gebruik.

1) Mobiliteit

Bij batterijen die gebruikt worden in mobiliteit, voornamelijk autoaccu's en fietsaccu's, zijn voornamelijk actief in de bebouwde omgeving. Bij verkeerd gebruik, zoals opladen in koude schuurtjes voor fietsaccu's, loopt de batterij kans op beschadiging en daarbij op een thermal runaway²¹ reactie die brand veroorzaakt. Slechte of onvolledige reparatie van batterijen is zeer risicovol en verhoogd de kans op een thermal runaway tijdens normaal gebruik van de batterij.

2) Consumentenelektronica

Bij consumentenelektronica zijn veiligheidseisen streng en producten die via legale kanalen op de markt komen zijn goed gereguleerd. De uitzondering zit bij producten die zonder CE keurmerk worden geïmporteerd, zoals bijvoorbeeld vapes. Momenteel ligt de verantwoordelijkheid voor de opsporing en verwerking van deze producten bij Stichting Open en Stibat, echter zij hebben geen grip op de stroom die via buitenlandse webwinkels Nederland binnenkomt.

Bij consumentenproducten die moeilijk te repareren zijn, is er kans op schade bij pogingen tot reparatie. Zo zijn de soft packs van telefoons kwetsbaar en hebben kans op explosie of thermal runaway als er perforatie of andere schade optreedt bij reparatie.

3) Elektriciteitsnetwerk & industrie

EOS en batterijenpacks voor de industrie en voor het elektriciteitsnetwerk worden vaak in grote batterijparken geplaatst. Deze batterijen maken lawaai, vanwege koelingssystemen en veroorzaken landschapsvervuiling voor de omgeving.

Met het oog op brandveiligheid, is er bij lithium-ion batterijen kans op thermal runaway. Grote batterijen hebben ingebouwde veiligheidssystemen om explosie te voorkomen, bij oververhitting zullen deze zichzelf in de brand zetten.

Eventuele brand in lithium-ion batterijparken is moeilijk te blussen en langdurig. Bluswater dat gebruikt wordt kan giftig en corrosief zijn door het lekken van vloeibaar elektrolyt of het meenemen van metalen. Er is een kleine kans op het ontstaan van toxische gassen, dit verschilt per type batterij en wordt verder onderzocht.

Verder zijn er risico's die ontstaan door het opslaan van energie in grote hoeveelheden. Grote batterijen moeten geladen worden met hoog vermogen en ook kabels en leidingen in de buurt staan onder hoge spanning en kunnen daardoor straling afgeven die onwenselijk is voor mensen.

²¹ Een chemische reactie waarbij de temperatuur van een batterij cel snel stijgt.

4) Opslag en transport

Tijdens de opslag en het transport van alle typen batterijen zijn er een aantal risico's. Bij het vervoer komt er CO₂ en NO_x vrij. Bij vervoer en opslag in bevolkte gebieden is er risico op brand door thermal runaway bij lithium-ion batterijen, wat branden zijn die lang duren en moeilijk te blussen zijn.

5) Efficiëntie en levensduur

Er zijn een aantal overkoepelende effecten die van invloed zijn op de risico's voor duurzaamheid in de gebruiksfase. Onderbenutting van batterijcapaciteit is slecht voor de uiteindelijke effectiviteit van de gebruikte grondstoffen. Ook de beperkte technische levensduur van batterijen is negatief voor het gebruik van grondstoffen. Producten die slecht of onmogelijk te repareren zijn, onttrekken nodige grondstoffen aan de batterijensector. De groei van wegwerp-batterijen in bijvoorbeeld e-sigaretten of internet-of-things toepassing is geen duurzame richting.

3.2.4.3 Kansen in design

De belangrijkste aandachtspunten in het designproces om de risico's in deze stappen aan te pakken zouden zijn:

- Langere levensduur van batterijen
- Single-use batterijen makkelijk vervangbaar maken
- Gebruik van oplaadbare batterijen stimuleren waar dat kan
- Producten herstelbaar ontwerpen
- Batterijtypen zonder thermal runaway
- Batterijpaspoort
- Geïntegreerd meetsysteem voor toestand cellen en batterijen, als niet in BMS

3.2.5 End of life

3.2.5.1 Activiteiten en partijen

In de end-of-life fase onderscheiden we afval en recycling activiteiten. Het streven voor batterijen is om alle batterijen via de recyclingtak te verzamelen, maar in de praktijk beland nog een significant deel van de, vooral kleine, batterijen in het reguliere afval. Ook zijn ingebouwde batterijen en batterijen met toxische componenten soms moeilijk te recyclen waardoor er in Europa weinig recyclers zijn die het recyclingproces op zich nemen. Deze batterijen moeten worden opgeslagen tot dat recycling mogelijk wordt.

In Nederland ligt de verantwoordelijkheid voor de inzameling van batterijen en kleine elektronische producten bij Stibat. Grotere elektrische apparaten (met en zonder batterijen) vallen onder Stichting OPEN. Stibat en Stichting OPEN gaan per 1 januari 2024 samenwerken.

Lithium-ion batterijen kunnen op twee manieren worden gerecycled: hydro-metallurgisch of pyrometallurgisch. Bij hydro-metallurgie worden metalen in een waterige oplossing teruggewonnen. Bij pyro-metallurgie gebeurt dit door het verwarmen van de metalen tot verschillende smeltpunten.

3.2.5.2 Risico's

In de end-of-life fase van de batterijketen zijn meerdere risico's te identificeren met betrekking tot veiligheid en duurzaamheid.

Duurzaamheid (Circulariteit)

Zoals beschreven stijgt het aantal wegwerpbatterijen vanwege toenemende elektrificatie en internet of things. Zelf als deze batterijen goed gerecycled worden, gaan er grondstoffen verloren vanwege het niet-oplaadbare karakter. De batterij kan immers niet in diens geheel teruggebracht worden, en zal daarom laagwaardiger worden gerecycled.

Deze batterijen worden daarnaast vaak niet goed ingeleverd en komen in het reguliere afvalstelsel terecht. Ook andere batterijen, zoals fietsaccu's, worden regelmatig niet goed gerecycled. Hierbij gaan grondstoffen verloren.

Innovatieve batterijen zijn niet altijd recyclebaar. Een voorbeeld hiervan is de lithium thionyl chloride batterij. Dit is een batterij die ontworpen is om in extreme temperaturen veilig te werken, maar hij is niet oplaadbaar en ook niet recyclebaar. Stibat slaat deze batterijen nu op in langdurige opslag.

Ook batterijen die in principe wel recyclebaar zijn, zijn meestal niet ontworpen met het oog op recycling. Zo zie je dat zelfs binnen één type batterij de gebruikte grondstoffen kunnen verschillen, wat extractie ervan moeilijker maakt.

Veiligheid in end-of-life

Als batterijen in de reguliere afvalketen terecht komen, is dat gevaarlijk vanwege brandgevaar. Kapotte batterijen die worden weggegooid kunnen kortsluiting krijgen en daardoor een thermal runaway reactie veroorzaken. Door mechanische druk in een vuilniswagen kunnen kwetsbare of beschadigde batterijen vlamvatten. Als batterijen zich in opslag bevinden waar het warm wordt, kunnen door thermische effecten ook thermal runaway reacties beginnen. Deze kunnen al ontstaan bij 40 tot 60 graden celcius.

Een bijkomend risico is dat verbrandingsovens een bepaalde samenstelling van afval vereisen (deel brandbaar, deel nat, etc.) en de aanwezigheid van batterijen in de reguliere afvalketen verstoort dit.

Batterijen die correct worden gerecycled zijn vooral een veiligheidsrisico als ze beschadigd worden ingeleverd, bijvoorbeeld door perforatie bij reparatie. Hierdoor kan tijdens opslag of vervoer brand ontstaan.

3.2.5.3 Kansen design

- Uitneembaarheid batterijen verhogen om goede inzameling te bevorderen
- Vervangbaarheid voorkomt beschadiging bij reparatie en verhoogt veiligheid
- Toetsing op duurzaamheid
- Recyclebaarheid borgen (materialen)
- Single-use batterijen vervangen door oplaadbare varianten
- Batterijpaspoort
- Ontwerp zo eenvoudig mogelijk maken
- Standaardisatie

Er zijn een aantal dingen die de overheid kan doen om recycling te stimuleren die niet binnen de SSbD structuur vallen. Zo zijn investeringen in verwerkingsinfrastructuur, de optimalisatie van verzamelingsnetwerken en strengere controle en handhaving nodig.

3.3 Marktperspectief op overheidsbeleid

In ons onderzoek hebben wij met marktpartijen gesproken over de huidige staat van het innovatieve ecosysteem, wat de grootste obstakels zijn en hoe de overheid het concept kan faciliteren en ondersteunen vanuit maatschappelijk oogpunt. Naast de in het vorige hoofdstuk benoemde specifieke risico's zijn er drie onderwerpen die naar boven komen uit de markt als het gaat om overheidsbeleid. Het is belangrijk om op te merken dat deze onderwerpen puur het perspectief van de bedrijven schetsen.

1. Regels rondom veiligheid en duurzaamheidsambities werken elkaar soms tegen
2. De markt heeft behoefte aan duidelijkheid
3. De markt mist expertise en mankracht bij overheid

Veiligheidseisen versus duurzaamheidseisen

Marktpartijen geven aan dat het lastig is om veiligheid met duurzaamheid te combineren. Partijen uit verschillende plekken in de keten geven aan dat de concrete veiligheidseisen duidelijk zijn, maar duurzaamheidsambities en de ontwikkeling daarvan niet altijd. In de kern zijn er momenteel te weinig harde duurzaamheidseisen, waardoor er geen gelijk speelveld is en het moeilijk is om zonder concurrentienadeel, of zonder te vertrekken uit Europa, te verduurzamen.

Daarnaast geven met name ontwikkelaars van batterijen aan dat het lastig is effectieve duurzaamheidsstappen te nemen, zonder tegen bestaande veiligheidseisen te botsen. Energieopslagsystemen zijn veelal gebaseerd op chemische processen. Aanpassingen in dit proces betekent dat het product volledig opnieuw gekeurd moet worden om daadwerkelijk op de Nederlandse markt te komen en dit kan vertragend werken. Met name in het gebruik van circulair materiaal wordt dit door marktpartijen ervaren.

Duidelijkheid in beleid

Een aantal marktpartijen, voornamelijk werkzaam in het ontwerp van innovatieve EOS, geven aan dat het Nederlandse beleid en ambitie op het gebied van duurzaamheid van de batterijensector voor hen onduidelijk is. Omdat er, zeker op het gebied van circulariteit, weinig concrete doelen bestaan, weten ondernemers niet wat de overheid van hen verlangt op het gebied van duurzaamheid. Een aantal geeft aan zelf al met verduurzaming bezig te zijn, maar geven aan dat het lastig is voor kleinere organisaties om extra stappen te nemen voor verduurzaming, als deze nog niet verplicht zijn. Vaak nemen deze stappen extra kosten met zich mee, waardoor de concurrentiepositie ten opzichte van andere organisaties verslechtert.

Volgens deze marktpartijen zijn er kansen voor de overheid om meer sturing en duidelijkheid te bieden, door bijvoorbeeld tussentijdse duurzaamheidsdoelen, en voordelen voor veilige verduurzaming en bindende regulering kunnen er voor zorgen dat het interessanter is voor organisaties in de batterijenketen om te verduurzamen. Dit vereist internationale inzet om over de gehele Europese Unie een gelijk speelveld te creëren. Daarnaast zou een meer specifiek beleid of stappenplan om zowel veiligheid en duurzaamheid te waarborgen, ondernemers kunnen ondersteunen.

Gebrek aan expertise

Ondernemers geven daarnaast aan dat zij behoefte hebben aan expertise bij de overheid. Op een aantal vlakken, zowel rondom veiligheid en duurzaamheid, missen sommige ondernemers gebrek aan kennis bij de overheid. Met name rondom circulaire ontwerpen voelen ondernemers aan dat overheden nog te veel aan klassieke markt- en designmodellen vasthouden. Zo is de toepassing van gerecycled materiaal in nieuwe batterijen lastig, omdat de recyclede materiaalstromen de status van afval krijgen en hierdoor als minder veilig worden gezien.

4 De uitdagingen in de batterijensector op het gebied van SSbD

Als wij de risico's per stap in de keten uit vorig hoofdstuk bekijken vanuit een overkoepelend perspectief, kunnen wij zeven concrete uitdagingen voor de sector omschrijven. In het volgende hoofdstuk gaan wij per uitdaging in op hoe de overheid het SSbD kader kan gebruiken om oplossingen voor de uitdagingen te stimuleren.

4.1 Grondstoffen en raffinage

Uitdaging 1: Kleine (innovatieve) bedrijven hebben weinig invloed en inzicht op buitenlandse supply chains

Zoals wij hebben gezien zitten er grote risico's voor veiligheid en duurzaamheid in de winning en raffinage fases van de keten. Bedrijven en ondernemers geven aan liever geen stoffen te gebruiken waarvan herkomst onduidelijk of onethisch is. Echter is het niet altijd duidelijk in hoeverre de supply chain van een bepaalde stof onethisch of milieuonvriendelijk gewonnen of geraffineerd wordt. Vooral jongere, innovatieve bedrijven hebben niet altijd de invloed om hier duidelijkheid over te eisen en missen slagkracht om verbetering in de keten te bemiddelen.

Mogelijke oplossingen hiervoor kunnen twee kanten opgaan:

1. Ten eerste kan het gebruik van stoffen waarvan bekend is dat deze milieu- en/of mensenrechten schenden in de supply chain zo veel mogelijk geminimaliseerd worden. Hier ligt een kans voor bedrijven om nieuwe batterijen zo te ontwerpen dat deze stoffen niet meer nodig zijn. Een voorwaarde is dat het duidelijk is welke stoffen onwenselijk zijn. Hierbij zal rekening gehouden moeten worden met de indirecte invloed van het wegvallen van bepaalde materialen en grondstoffen, zoals het wegvallen van inkomensbronnen.
2. Ten tweede is het mogelijk meer te bereiken op het gebied van het verbeteren van omstandigheden in de supply chain als krachten gebundeld worden. Ook kan inzicht in welke leveranciers met oog op duurzaamheid en veiligheid leveren de sector helpen de juiste keuzes te maken. De EU Batterijenverordening gaat hier al grote stappen in zetten. Alle leveranciers die niet voldoen aan het verstrekken van informatie over grondstoffen zoals vereist voor het batterijpaspoort, zetten zichzelf hiermee buiten spel.

4.2 Consumenten / mobiliteit batterijen

Uitdaging 2: Reparatie en recycling processen zijn moeilijker en gevaarlijker doordat producten niet gemaakt zijn om makkelijk gerepareerd of uit elkaar gehaald te worden

Om een batterij veilig te kunnen recyclen, repareren of vervangen is het nodig om de batterij zonder beschadiging uit het product of batterijpakket waarin het omhult is te kunnen halen. Als er kracht nodig is om dit te doen, is er kans dat de batterij beschadigd raakt. Batterijen die niet meer werken zullen over het algemeen door consumenten of via recycling (volgens Stibat), via reguliere afvalverwerking of via de leverancier of dealer (vooral van toepassing bij fiets / auto accu's) verwerkt worden. Beschadigde batterijen hebben in elk van deze situaties een gevaar op een thermal runaway reactie die brand veroorzaakt. Als een beschadigde batterij via de reguliere afvalverwerking wordt weggedaan, is het risico groter omdat de keten niet ontworpen is op de stroom. Zo kunnen deze (ook initieel onbeschadigde) batterijen brand veroorzaken in vuilniswagens in een woonwijk of in een afvalverwerkingscentrale.

Voor reparatie is een bijkomende factor dat slecht gerepareerde producten zelf ook een brandrisico vormen. Naast het correct vervangen van losse batterijen of cellen, is het goed omgaan met het Battery Management Systeem (BMS) en het in elkaar zetten van de accu van cruciaal belang bij reparatie. Als dit niet zorgvuldig gebeurt, onder andere omdat de batterij moeilijk te repareren is, kan de batterij bij normaal gebruik oververhitten en in brand vliegen. Om deze redenen moet reparatie gedaan worden door gediplomeerde partijen maar in de praktijk wordt deze regel nog niet altijd nageleefd.

Om deze uitdaging aan te pakken zouden (internationale) standaarden met betrekking tot repareerbaarheid en recyclebaarheid van nut zijn. Hierbij is een rol te bedenken tot het standaardiseren van bepaalde onderdelen van mobiliteitsaccu's en/of consumentenproducten. De verantwoordelijkheid hiervoor bij ontwerpers leggen door middel van businessmodellen, zoals bijvoorbeeld eens statiegeldsysteem, die dit stimuleren is ook een mogelijkheid.

Daarnaast is het gebruik van batterijen waarbij de kans op thermal runaway minimaal is een grote stap richting veiligheid bij beschadiging, verkeerde recycling en bij slechte reparatie. Het verhogen van het percentage juist gerecyclede producten zal de veiligheid ook ten goede komen.

Uitdaging 3: Grondstoffen van niet-oplaadbare wegwerp batterijen gaan verloren

Door elektrificatie en explosieve groei van Internet of Things (IoT) is het aantal batterijen per huishouden de afgelopen jaren sterk gegroeid. Steeds meer gebruiksproducten (e.g. luiers die een bericht sturen als ze vervangen moeten worden, lampions voor Sint-Maarten optochten) bevatten kleine niet-oplaadbare batterijen. Grondstoffen die in deze batterijen zitten gaan verloren. Veel van dit type producten worden geïmporteerd, wat een complicerende factor is.

De EU Batterijenverordening stelt eisen aan inzameling en recycling, ook van niet-oplaadbare wegwerp batterijen. Deze standaarden zullen ook gelden voor geïmporteerde producten. Daarnaast zou het gebruik van niet-oplaadbare batterijen in consumentenproducten zo min mogelijk moeten gebeuren en moet een zo hoog mogelijk percentage ingezameld en gerecycled worden.

4.3 Industrie- of elektriciteitsnet batterijen

Uitdaging 4: Innovatieve EOS worden niet ontworpen met het oog op recycling van grondstoffen

Als wij kijken naar de grotere batterijen die bijvoorbeeld gebruikt worden voor grootschalige oplossingen in de industrie of in het elektriciteitsnet dan zien we dat in het ontwerpproces recycling niet altijd als belangrijk criteria wordt meegenomen. Vaker zijn levensduur, capaciteit en kosten de belangrijkste aspecten waarnaar gekeken wordt. Kennis over het recyclingproces en eventuele aanpassingen die een ontwerp kan maken om een product makkelijker te recyclen te maken, ontbreken.

De EU Batterijenverordening zal eisen aan zowel het gebruik van gerecyclede stoffen als de recyclebaarheid van de batterijen stellen. Maar vooral bij innovatieve bedrijven zijn de concrete consequenties van de verordening niet altijd duidelijk. Zo kunnen bij flow batterijen bijvoorbeeld de vast materialen moeilijk gerecycled worden omdat er schadelijke stoffen, zoals broom, in gaan zitten. De vloeistof daarentegen wordt wel gerecycled, evenals de behuizing.

Het verbeteren van contact tussen partijen in de keten, producten, gebruikers en recyclers zal helpen om recyclebaarheid tastbaarder te maken in het ontwerpproces. Om het een belangrijkere factor te maken, zou gekeken kunnen worden naar het verantwoordelijk maken van producenten door middel van businessmodellen die dit stimuleren, vergelijkbaar met het statiegeld bij consumentenproducten.

Uitdaging 5: Bepaalde type EOS hebben verhoogde veiligheidsrisico's door thermal runaway effecten

Batterij(pakketten) die momenteel gebruikt worden voor grootschalige oplossingen hebben vanwege kans op thermal runaway verhoogde veiligheidsrisico's. In het ontwerp van deze EOS wordt hiermee rekening gehouden met preventieve veiligheidsmaatregelen om het geval van een incident efficiënte beheersing uit te kunnen voeren.

Eventuele brand is moeilijk blusbaar en er is een kans dat er giftige stoffen vrijkomen. Het gebruikte bluswater is vervuילend. Om deze redenen is het verkrijgen van een vergunning en het vinden van een geschikte plek voor batterijenparken moeilijk.

Het gebruik van batterijen zonder thermal runaway en zonder giftige elementen zou de veiligheid bij dit soort grootschalige oplossingen sterk verbeteren en zou vergunningstrajecten bespoedigen, waarbij het nodig is passende veiligheidseisen en voorwaarden te stellen.

Uitdaging 6: Het innovatieproces kan vertraagd worden doordat veiligheidsnormen reactief en te langzaam aangepast worden voor innovatieve batterijen

Innovatieve bedrijven die EOS ontwerpen geven aan dat veiligheidswetgeving soms achterloopt op hun eigen innovatieproces. Voor innovatieve oplossingen voor bijvoorbeeld batterij types zonder thermal runaway, wordt gebruik gemaakt van chemische reacties en stoffen die nog niet adequaat zijn meegenomen in veiligheids- en/of milieuwetgeving. Vaak kan een nieuw type batterij past getoetst worden op wet- en regelgeving op het moment dat deze al ver in de ontwikkeling is en een vergunning voor bijvoorbeeld een batterijenpark wordt aangevraagd.

Het wachten op zo'n vergunning, en eventuele aanpassingen die vervolgens gedaan moeten worden, vertraagt het innovatieve proces. Het zou wenselijk zijn om eerder in het proces de dialoog tussen wetgevende/regulerende instanties en bedenkers van innovatieve oplossingen te starten.

4.4 De business case

Uitdaging 7: De duurzame en veilige optie is vaak niet de meest winstgevende

Als gevolg van bovenstaande uitdagingen is het voor bedrijven niet altijd het meest winstgevend om voor de meest duurzame optie te kiezen. Ook voor veiligheidsaspecten die bovenop bestaande wet- en regelgeving vallen is dit het geval. Daarnaast zijn veiligheid en duurzaamheid soms ook tegenstrijdige belangen in een ontwerpproces.

De winstmarge is in voor het overgrote deel van bedrijven het leidende criteria bij het ontwikkelen van nieuwe producten. Bij bijvoorbeeld grootschalige EOS oplossingen betekent dit dat een producent, naast dat deze zich aan wettelijke kaders moet houden, de kosten, levensduur, efficiëntie en betrouwbaarheid van een nieuwe batterij moet balanceren. Als een verbetering in duurzaamheid of veiligheid, die verder gaat dan wettelijke kaders, invloed heeft op een van die criteria, zal deze niet snel doorgevoerd worden.

Uiteraard zijn veiligheids- en duurzaamheidsaspecten die verder gaan dan wettelijk voorgeschreven publicitair wel onderwerpen waar kopers en consumenten zich toe verhouden. De mate waarin deze aspecten kunnen worden doorberekend in de verkoopprijs hangt af van de transparantie in de keten en van het sentiment in de markt.

Door middel van subsidies, het doorberekenen van milieu invloed en het aanmoedigen van businessmodellen die duurzaamheid bevorderen kan een gelijk speelveld gecreëerd worden waarin duurzaamheid en veiligheid winstgevend zijn.

De EU batterijenverordening gaat hier via het batterijpaspoort aan bijdragen door een zwaarder gewicht aan duurzaamheidscriteria toe te kennen dan momenteel het geval is. Ook zijn er initiatieven die meer factoren aan het batterijpaspoort willen toevoegen dan er nu in zijn opgenomen. Zo wil bijvoorbeeld de Global Battery Alliance meerdere ESG parameters toevoegen. Met deze initiatieven kunnen batterijproducenten zich onderscheiden.

5 Huidig en aankomend beleid

In dit hoofdstuk wordt een beknopt overzicht van de voor SSbD relevante wet- en regelgeving gegeven. RHDHV heeft recent in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat een studie uitgevoerd naar relevante regelgeving voor Nederland. Dit hoofdstuk bevat een beknopt overzicht van de meest relevante regelgeving voor SSbD en verwijst naar het rapport: Onderzoek Veiligheid Energie Opslag Systemen (12-2023) voor een volledig overzicht.

Aanvullend wordt ingegaan op de beleidsmogelijkheden voor de Nederlandse overheid. Omdat SSbD nog niet als gestandaardiseerd kader binnen de batterijensector wordt toegepast, heeft de overheid nog de mogelijkheid om gerichte keuzes te maken over het te voeren beleid om de toepassing van SSbD te bevorderen.

5.1 Wet- en regelgeving relevant voor SSbD

5.1.1 EU-batterijenverordening

De producteisen voor alle producten met name op het gebied van productveiligheid zijn vastgelegd in de Richtlijn 2001/95/EG van 3 dec 2001, inzake algemene productveiligheid. Een aantal producten kent specifieke eisen op het gebied van veiligheid, milieu en informatieverstrekking aan de gebruiker in Europese wetgeving. Ook voor batterijen in de recent gepubliceerde Batterijverordening (2023/1542 EC), in werking getreden 18 augustus 2023. De Batterijverordening vervangt de voorgaande batterijen richtlijn (2006/66/EC) die nog in nationale wetgeving was omgezet. De Batterijverordening heeft een brede reikwijdte en reguleert de volledige levenscyclus van alle batterijen die in de EU in de handel worden gebracht. De Batterijverordening moet ervoor zorgen dat batterijen veilig, duurzaam en concurrerend zijn. De nieuwe Batterijverordening heeft invloed op de productregelgeving, de transportregelgeving, het omgevings- of milieurecht, de regelgeving over afval, recycling en hergebruik of refurbishment.

Aanvullend introduceert de Batterijverordening het zogenoemde digitale batterijpaspoort (artikel 77), voor specifieke grotere batterijen inclusief de industriële batterij met een capaciteit van meer dan 2kWh. Deze verplichting is van kracht vanaf 18 februari 2027. Dit paspoort stelt verplichtingen met betrekking tot de herkomst en gebruik van grondstoffen van de batterijen. De Batterijenverordening heeft als doel om vanuit de EU een regelgevend kader te stellen om duurzaamheid en milieuveiligheid te vergroten in de batterijenketen. Door het vergroten van de transparantie en traceerbaarheid van grondstoffen en producten. Hiermee wordt een grondslag gelegd voor de toepassing van SSbD binnen de EU.

5.1.2 Energiewet

De toekomstige Energiewet, beschouwd als het wettelijke fundament van de energietransitie, zal de huidige Gaswet en Elektriciteitswet 1998 vervangen. Het wetsvoorstel voor een nieuwe Energiewet beoogt een toekomstbestendig kader te bieden voor de veranderende elektriciteits- en gasmarkt en energiesysteem. Het wetsvoorstel reguleert consumentenbescherming, geeft netbeheerders meer mogelijkheden voor het beheer van het elektriciteitsnet, en bevordert actieve deelname van huishoudens en bedrijven aan de energiemarkt. Zo maakt het wetsvoorstel het mogelijk dat buurtbatterijen als energiegemeenschap worden geëxploiteerd, waar leden energie kunnen opslaan of leveren zonder traditionele leveranciers. De nieuwe Energiewet legt de focus op de 'actieve afnemer'.

Het wetsvoorstel voor een nieuwe Energiewet biedt kaders voor de toepassing en implementatie van batterijen in het energiesysteem van Nederland. Hiermee wordt richting gegeven aan het gebruik van batterijen, maar worden geen kaders gesteld buiten de gebruiksfase van batterijen.

5.1.3 Omgevingswet – PGS 37-1 & 37-2

De Omgevingswet is een ingrijpende herziening van het Nederlandse omgevingsrecht en integreert bestaande wetten op het gebied van ruimtelijke ordening, milieu en waterbeheer. Het doel is om het omgevingsrecht te vereenvoudigen en te stroomlijnen, waardoor een integrale benadering van de fysieke leefomgeving mogelijk wordt. De wet beoogt meer ruimte te bieden aan initiatieven, participatie te bevorderen, en duurzame ontwikkeling te stimuleren. Met de Omgevingswet wil de overheid een beter evenwicht creëren tussen economische groei, leefbaarheid, en milieubelangen. De wet zal op 1 januari 2024 in werking treden.

Met de Omgevingswet wordt het begrip “milieubelastende activiteit” geïntroduceerd om activiteiten met (risico op) een negatief effect voor het milieu te kenmerken. EOS zijn momenteel op rijksniveau nog niet aangewezen als milieubelastende activiteit. Desondanks kunnen EOS nadelige effecten hebben voor het milieu. Het aanwijzen van EOS als “milieubelastende activiteit” zal naar verwachting op rijksniveau in het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal) in 2025 worden gedaan. Ondertussen zijn er verschillende richtlijnen uitgebracht om de negatieve effecten te verminderen. Daarmee kunnen de veiligheids- en milieuaspecten van EOS op rijksniveau worden gereguleerd. Op decentraal niveau kunnen gemeenten een EOS in het omgevingsplan aanwijzen als milieubelastende activiteit. Bovendien kunnen gemeenten de ruimtelijke inpassing van EOS reguleren via (een vergunningsplicht in) het omgevingsplan.

Twee richtlijnen uit de Publicatierreeks Gevaarlijke Stoffen (PGS) die (in de praktijk) zeer relevant zijn voor batterijen, zijn:

- **PGS 37-1:** is een richtlijn voor de veilige opslag van elektriciteit in energieopslagsystemen. Deze PGS-richtlijn is van toepassing op specifieke subset van energieopslagsystemen (- EOS bestaande uit lithium houdende oplaadbare energiedragers die (in groepen) elektrisch met elkaar zijn verbonden met een totaal opgestelde capaciteit van meer dan 20 kWh.
- **PGS 37-2:** is van toepassing op de opslag van (losse of als onderdeel van een product) lithium houdende energiedragers (cellen, batterijen of accu's) zoals genoemd in tabel A van hoofdstuk 3.2 van het ADR. Deze richtlijn is niet van toepassing op het gebruik van een EOS.

5.1.4 Integreeren van de wetgeving

Uit het eerdergenoemde RHDHV-rapport voor het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en uit interviews met verschillende partijen binnen de batterijenketen, komt naar voren dat SSbD een belangrijke bijdrage kan bieden aan het integreren van veiligheid en duurzaamheid binnen de Nederlandse wetgeving. De EU Batterijenverordening bevat voorschriften voor de integrale benadering van veiligheid en duurzaamheid, maar deze benadering is nog niet universeel zichtbaar in de uitvoering door Nederlandse overheidsinstanties. Voor veel van de nieuw geïntroduceerde wet- en regelgeving is nog onduidelijkheid over op welk niveau (landelijk, provinciaal of gemeentelijk) deze moet worden gehandhaafd. Daarnaast sluiten de voorschriften vanuit de verordening niet structureel aan bij de nationale wetgeving. Dit leidt tot overlappende of niet toereikende handhaving, waardoor ongeregelheden en misverstanden ontstaan. In de huidige Nederlandse wetgeving worden al verschillende aspecten van batterijen gereguleerd, maar dit is nog niet toereikend om de beoogde integrale benadering van de EU Batterijenverordening te behalen. Het zal tijd kosten om deze aansluiting en handhaving af te stemmen, om de Nederlandse wetgeving “compleet” te maken voor de hele (huidige en toekomstige) levenscyclus van batterijen. Het SSbD raamwerk biedt handvaten om de methodiek en kaders van de EU Batterijenverordening te verankeren in de Nederlandse aanpak. Hiermee beoogt het SSbD raamwerk een katalysator te zijn om de integratie van de integrale aanpak te versnellen en een rode draad te vormen, voor aspecten waarbij nog een gat bestaat tussen de EU verordening en Nederlandse wetgeving.

5.2 Beleid met SSbD

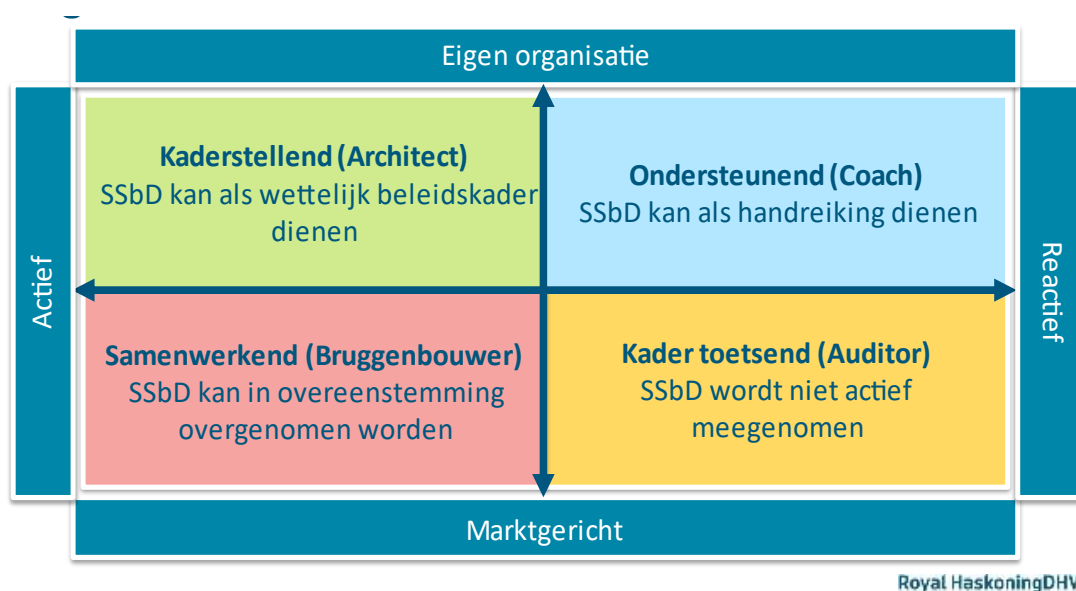
Zoals omschreven is de huidige wet- en regelgeving momenteel niet compleet en toereikend voor de hele levenscyclus van batterijen. SSbD kan een kader zijn waarmee beleid en regelgeving aangevuld kan worden vanuit een holistische visie die de hele keten en life-cycle van de batterij meeneemt. In dit hoofdstuk beschrijven we vier algemene beleidsvormen die de overheid kan toepassen om hier stappen in te zetten. In hoofdstuk 6 gaan we specifiek in op beleid gericht op de uitdagingen zoals omschreven in hoofdstuk 4.

Grofweg zijn er vier beleidsvormen te definiëren om SSbD te gebruiken als beleid bij ontwikkelaars, kennisinstellingen en andere belanghebbenden. Deze beleidsvormen staan in de rollenmatrix van Figuur 13 afgebeeld. Er bestaan ook tussenvormen die aspecten van meerdere rollen incorporeren.

Op de x-as staat de houding van de overheid op gebeurtenissen in de keten uitgebeeld. Een actieve houding van de overheid betekent dat zij een beeld heeft waar de keten naar toe gaat en actief stuurt op het bereiken van dat gewenste ecosysteem. Een reactieve rol betekent dat er gereageerd wordt op veranderingen, waarbij gewenste activiteiten en initiatieven ondersteund kunnen worden, en ongewenste afgeremd

Op de y-as benoemen wij of de overheid vanuit haar eigen organisatie of vanuit de markt haar beleid voert. Vanuit de eigen organisatie werken, betekent dat er voor de uitvoering van beleid eigen mensen en middelen nodig zijn. Marktgericht beleid, kan in samenwerking met marktpartijen uitgevoerd worden.

We gaan nu verder in op de vier verschillende rollen zoals benoemd in de matrix: De Architect, De Coach, De Bruggenbouwer en de Auditor.



Figuur 13: Rollenmatrix overheidsbeleid

5.2.1 Kaderstellend – de “Architect”

De eerste beleidsvorm die wij bekijken is de kaderstellende vorm, de Architect. Deze rol is proactief en vanuit de organisatie en heeft daarom de meeste directe invloed op de richting van het ecosysteem in Nederland.

Bij deze vorm is er actieve inzet verdere wet- en regelgeving, waarvoor het SSbD kader de basis kan vormen. Hiervoor moet de overheid onderzoeken hoe SSbD een wettelijke waarde gegeven kan worden, waardoor de richtinggevende gereedschappen van SSbD die verder gaan dan de EU Batterijenverordening meer zijn dan enkel suggesties. Dit beleid geldt dan niet alleen voor in de EU geproduceerde energiedragers maar ook voor geïmporteerde.

De voordelen van deze vorm van beleid zijn dat Nederland op koploper en pionier kan zijn binnen de batterijensector en directe invloed heeft op de ontwikkeling van het hele ecosysteem.

Aan de andere kant zorgt het voeren van dit beleid tot een grotere vraag op inzet en middelen vanuit de overheid. Ook zal de overheid voldoende capaciteit en kennis moeten hebben om ondernemers en kennisinstellingen te laten werken met het SSbD-kader en dit zodoende toe te gaan passen binnen de keten. Dit kost tijd en geld.

Daarnaast kan een te grote rol van de overheid innovatieve ondernemers afschrikken om zaken te doen in Nederland. De kaders die Nederland stelt kunnen worden gezien als nadelig voor ondernemers, waardoor deze sector minder snel kan groeien. Dit is te ondervangen om aan het begin duidelijk de beweegredenen achter de kaders te benadrukken en positieve initiatieven extra te ondersteunen.



De Architect

- Initiatiefnemer
- Proactief en toekomst gericht beleid
- Ondersteunen van goede voorbeelden en pilots
- Grote inzet vanuit eigen organisatie

• Activiteiten:

- Huidig beleid evalueren en aanvullen (bijvoorbeeld door verplichting SSbD);
- Experts Batterijen opleiden/aannemen;
- SSbD stimuleren in curriculum kennisinstellingen;
- Als overheid investeren of deelnemen aan SSbD-projecten in batterijen sector;
- Onderoverheden energieopslag laten opnemen in omgevingsvisies


5.2.2 Ondersteunend – de “Coach”

De Nederlandse overheid kan er ook voor kiezen om ondersteunend beleid te voeren rondom SSbD. Binnen dit organisatiemodel laat de overheid zich leiden door gebeurtenissen en trends in de markt en bij kennisinstellingen maar pakt ze het beleid aan vanuit haar eigen organisatie. Het is een reactieve manier van beleidsvoering, waarbij het initiatief om SSbD toe te passen bij de markt ligt. Als Coach heeft de Nederlandse overheid geen leidende invloed op de ontwikkeling van SSbD in de Nederlandse batterijsector. SSbD heeft de voorkeur voor de overheid, maar de overheid behoudt een afwachtende houding bij het promoten van SSbD.

De overheid kan in deze rol sturen op gebruik van SSbD en de manier waarop veiligheid en duurzaamheid hiermee wordt gerealiseerd. De overheid moedigt bijvoorbeeld de partijen aan te werken met het SSbD kader. Informatieverstrekking over het SSbD kader en de gereedschapskist is hier een onderdeel van.

Daarnaast kan de overheid, wanneer er vragen zijn vanuit de markt, meedenken en mogelijk adviseren door partijen met elkaar te verbinden. SSbD is in dit geval geen verplichting en de overheid laat de batterijensector vrij in diens ontwikkeling. Ook het ondersteunen van onderzoeksprogramma's bij diverse kennisinstellingen is een mogelijkheid. Daarnaast kan een overheid via financiële middelen zoals subsidies of leningen, partijen ondersteunen die SSbD toepassen en waarborgen.

De inzet voor de overheid is minder dan bij de rol van Architect, al is nog steeds expertise vereist om ontwikkelingen in de markt te kunnen volgen en er op in te kunnen spelen. De overheid zal goed op de hoogte moeten zijn van de batterijketen, om zodoende partijen met elkaar te linken en te adviseren. Hier staat tegenover dat de inzet uiteindelijk afhangt van de vraag vanuit de markt.



De Coach

- Meedenkend en reactief
- Faciliteren van goede voorbeelden
- Adviserende rol

• Activiteiten:

- Communicatiecampagne over SSbD;
- Informatiepunt batterijenbeleid en -advies;
- Kennissessies voor ondernemers rondom beleid;
- Subsidies voor bedrijven die SSbD toepassen;
- Pilotprojecten starten

5.2.3 Samenwerkend – de “Bruggenbouwer”

Wanneer de Nederlandse overheid ervoor kiest om proactief beleid te voeren, maar met oog op de samenwerking met externe partijen, zoals bedrijven, kennisinstellingen en netwerken, kan zij een samenwerkende organisatievorm aannemen. Binnen deze vorm onderzoekt de overheid samen met partijen uit de sector hoe SSbD over de gehele keten kan worden toegepast en gebruikt kan worden. Dit kan bijvoorbeeld door middel van speciale werkgroepen.

Door de marktpartijen te betrekken, hoeft de overheid zelf minder inzet en kennis te leveren. Marktpartijen kunnen hun eigen input direct leveren, waardoor plannen praktisch en uitvoerbaar voor de markt worden. Bovendien leidt dit tot beleid waar zowel bestuur en markt zich in kan vinden. Beleid is ingespeeld op innovatie en huidige ontwikkelingen en de overheid kan nog steeds sturing geven en kaders kan stellen.

Deze vorm zorgt voor veel afstemming onderling, wat tijdrovender is dan bij andere rollen. Bovendien leidt dit model doorgaans tot veel compromissen, waardoor bepaalde doelen die vanuit de overheid wenselijk kunnen zijn, afgezwakt kunnen worden in de uitvoering. Ook vereist het inzet en middelen vanuit de overheid om overleggen te faciliteren, medewerkers op te leiden en partijen zich betrokken te laten voelen. Vooraf dienen er goede afspraken te worden gemaakt over hoe de samenwerking eruitziet.

De Bruggenbouwer



- Verbindend
- Contact zoeken met de markt

• Activiteiten:

- Beleid evalueren met de markt;
- Periodiek overleg met markt;
- Inzetten op interne experts voor batterijen;
- Werkgroepen met ambtenaren en marktpartijen oprichten;
- Kennissessies rondom SSbD

5.2.4 Kader toetsend – de “Auditor”

Als laatste kan de overheid ervoor kiezen om in diens beleid met name kadertoetsend te zijn op bestaand beleid en geen specifiek verder beleid uit te voeren op het gebied van SSbD. Dit betekent dat er geen additionele reguleringen worden opgesteld, waardoor SSbD in de open markt opgepakt moet worden. De Nederlandse batterijensector kan hierdoor aantrekkelijk zijn voor verschillende buitenlandse partijen, ongeacht of deze inzetten op veiligheid of duurzaamheid met SSbD.

Dit organisatiemodel vraagt minder inzet vanuit de overheid. De overheid kan diens eigen kaders blijven volgen en Europese trends overnemen. De overheid fungeert in dit geval als controleur, waarbij geen extra middelen hoeven worden ingezet voor nieuw beleid of samenwerkingen. Daarnaast biedt deze rol veel ruimte voor innovatie.

Aan de andere kant betekent dit dat de overheid geen tot weinig grip heeft over de ontwikkeling van de Nederlandse batterijensector. Duurzaamheid en veiligheid hoeven niet meer dan in huidige wet- en regelgeving worden nagestreefd, waardoor mogelijk bepaalde doelen op deze thema's niet gehaald worden. Missende onderdelen in huidige wet- en regelgeving worden niet aangepakt.

De Auditor



- Controlerend
- De markt en Europa is leidend, de overheid volgt
- Veel vrijheid voor ondernemers
- Weinig inzet vanuit de overheid

• Activiteiten:

- Activiteiten toetsen bij vergunningsaanvragen;
- Batterijontwikkeling monitoren

6 Advies over overheidsoptreden

In dit hoofdstuk bekijken we concreet welke rol SSbD in kan nemen om de zeven uitdagingen zoals omschreven in hoofdstuk 4 het hoofd te bieden. Daarnaast geven we een overzicht elke activiteiten in welke organisatiemodel de overheid zou kunnen uitvoeren. In het groen wordt aangegeven welke activiteiten en rollen wij aanbevelen. We sluiten af met een overkoepelend advies.

6.1 Theoretisch kader en gereedschapskist ontwikkelen

Wij kijken naar SSbD met de achterliggende gedachte dat het doel van de overheid is om het Nederlandse batterijen-ecosysteem veiliger en duurzamer te maken. We bekijken hoe een SSbD kader hieraan kan bijdragen en welke rollen de overheid kan innemen om veiligheid en duurzaamheid door middel van SSbD te stimuleren.

Een SSbD kader voor batterijen kan worden gebruikt om het Nederlandse batterijen-ecosysteem veiliger en duurzamer te maken. Hiervoor is een theoretisch kader nodig wat zowel grondstoffen, batterijtypes en elektrische apparaten een score geeft op het gebied van duurzaamheid en van veiligheid. Het kader zal voor de verschillende type batterij (consumentenelektronica, mobiliteit, industrie en elektriciteitsnetwerk) toegespitst moeten worden.

Daarnaast moet een gereedschapskist ontwikkeld worden met daarin materiaal dat bedrijven en kennisinstellingen kunnen gebruiken bij het in het oog houden van veiligheid en duurzaamheid bij innovatie.

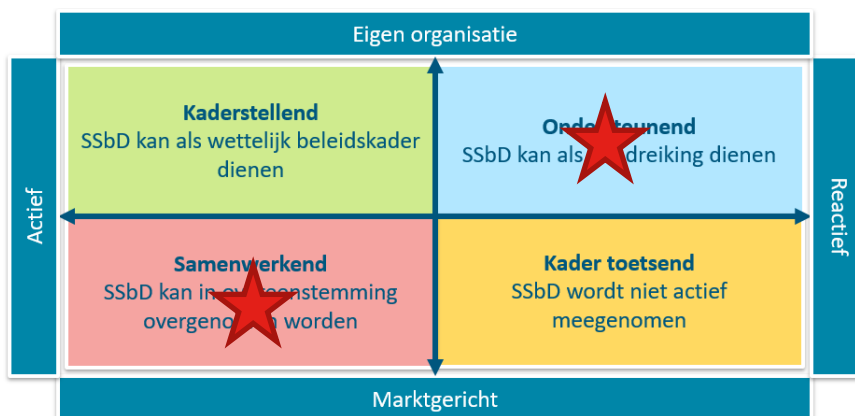
De eerste stap is daarom om samen met partijen als het RIVM, TNO, de BCC-NL, Auto Recycling Nederland (ARN) en Stibat / Stichting Open dit kader verder vorm en invulling te geven. In ieder geval moeten worden meegenomen:

- Grondstoffen
- Bronnen & supply chain
- Chemie
- Technieken
- Oplaadbaarheid
- Hergebruikbaarheid
- Recyclebaarheid
- Repareerbaarheid
- Huidige normen

Met dit kader in de hand, kan de overheid de verschillende grote uitdagingen zoals omschreven in hoofdstuk 4 aanpakken en vanuit daar de gereedschapskist van SSbD vullen met hulpmiddelen.

6.2 De uitdagingen aanpakken met SSbD

Uitdaging 1: Kleine (innovatieve) bedrijven hebben weinig invloed en inzicht op buitenlandse supply chains



Om deze uitdaging goed aan te kunnen pakken, kan de overheid zich bij voorkeur als **coach** en als **bruggenbouwer** opstellen. Het SSbD kader kan zodoende worden ingezet om de overheid, ondernemers en kennisinstellingen te verbinden en te ondersteunen.

Als **coach** kan de overheid technologische ontwikkelingen die substitutie van ongewenste grondstoffen nastreven vooruithelpen door middel van subsidies aan kennisinstellingen en/of leningen aan jonge innovatieve bedrijven. Het SSbD kader toetst de veiligheid en duurzaamheid van substituties en nieuwe batterijtypes.

Als **coach** heeft de overheid ook een leidende rol in het transparanter maken van supply chains en deze informatie beschikbaar te stellen aan de markt. Hierdoor kunnen bedrijven betere keuzes maken bij het kiezen voor grondstoffen. Het SSbD kader toetst de veiligheid en duurzaamheid van grondstoffen.

Daarnaast is er een **coachende** rol om informatie over de huidige en aankomende wet- en regelgeving te verspreiden. De EU Batterijenverordening zelf is concreet en duidelijk, maar voor innovatieve batterijen is de exacte uitwerking niet altijd in het begin van het innovatieproces duidelijk. Het SSbD kader legt de link tussen de chemie van de batterij en de consequenties van de wet- en regelgeving.

Als **bruggenbouwer** kan de overheid het uitwisselen van kennis tussen marktpartijen stimuleren, bijvoorbeeld binnen het netwerk van de BCC-NL. Het SSbD kader wordt op deze regelmatig getoetst op het nut en nieuwe inzichten worden toegevoegd.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|--|
| De Architect: <ul style="list-style-type: none"> - Investeren in vroege fase, innovatieve bedrijven met vernieuwende ontwerpen in lijn met SSbD - Onderzoek laten uitvoeren voor recycling grondstoffen binnen SSbD kader | De Coach: <ul style="list-style-type: none"> - Subsidie voor bedrijven die duurzamere batterijen realiseren in overeenstemming met SSbD - Informatiecampagne over aankomende EU-wetgeving |
| De Bruggenbouwer: <ul style="list-style-type: none"> - Werkgroep met kennisinstellingen en bedrijven organiseren om meer inzicht te krijgen in onwenselijkheid van stoffen om SSbD kader te ankeren - Subsidie voor onderzoek naar veiligheid in de batterijketen en resultaat opnemen in SSbD | De Auditor: <ul style="list-style-type: none"> - Handhaven van huidige wetgeving |

Uitdaging 2: Reparatie en recycling processen zijn moeilijker en gevaarlijker doordat producten niet gemaakt zijn om makkelijk gerepareerd of uit elkaar gehaald te worden



Om deze uitdaging aan te pakken, moet de overheid vooral als bruggenbouwer en auditor te werk gaan, met eventueel een kleine rol als architect.

Als **auditor** is het zaak om hand te haven op bestaande en aankomende wet- en regelgeving. Bestaande kaders voor reparatie en recyclebaarheid bieden al een grote kans om stappen te zetten in deze uitdaging, mits deze goed gehandhaafd worden. Vooral bij de import van batterijen en elektrische apparaten zoals vapes is er nog terrein te winnen. Zie hiervoor ook uitdaging 3.

Als **bruggenbouwer** kan de overheid partijen in verschillende stappen in de keten verbinden om informatie over modulair bouwen en de factoren die meespelen bij reparatie en recycling uit te wisselen. Ook kennisontwikkeling op dit gebied door kennisinstellingen in samenwerking met de markt kan hier gestimuleerd worden. Het SSbD kader biedt hiervoor een handleiding en deze factoren kunnen hierin opgenomen worden.

Als **architect** zou de overheid strengere eisen aan standaardisatie, reparatie en recyclebaarheid kunnen stellen. Handhaving van huidige kaders heeft prioriteit.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|---|
| De Architect: <ul style="list-style-type: none"> - Capaciteit vrijmaken voor handhaving bestaande kaders - Strengere standaarden repareerbaarheid en recyclebaarheid via SSbD kader instellen - Onderzoek naar nieuwe verdienmodellen, e.g. statiegeld op batterijen. - Recycling van grondstoffen, waaronder baterijen, promoten door lesprogramma's op scholen en via reclames | De Coach: <ul style="list-style-type: none"> - Aantal en bereikbaarheid inzamelingspunten batterijen en accu's vergroten. - Campagne voor consumenten over juiste verwijdering batterijen. - Globale kennis over zwakke plekken voor veiligheid binnen batterijketen. |
| De Bruggenbouwer: <ul style="list-style-type: none"> - Ontwerpers van baterijen koppelen aan brandweer en ICT-programmeurs (voor BMS) via SSbD kader - Kennisnetwerk voor modulair bouwen en opnemen in SSbD kader - Brandweer en kennisinstellingen onderzoek laten doen naar veiligheid in sector en opnemen in SSbD kader - Geld beschikbaar maken om meer capaciteit te creëren bij recyclers voor de uitvoering van SSbD. | De Auditor: <ul style="list-style-type: none"> - Kaders voor veiligheid en duurzaamheid handhaven voor alle partijen in de keten - Regelgeving met betrekking tot import van kleine elektrische apparaten zoals vapes handhaven |

Uitdaging 3: Grondstoffen van niet-oplaadbare wegwerp batterijen gaan verloren



Voor deze uitdaging is voornamelijk een rol als **auditor** geschikt om in te nemen. Eventueel zou de overheid kaderstellend kunnen optreden als **architect**.

Evenals bij de tweede uitdaging is handhaving van huidige kaders als **auditor** de prioriteit om het gebruik van niet-oplaadbare wegwerp batterijen te verminderen. Het voorkomen van import van batterijen en elektrische producten zoals vapes zonder CE keurmerk of welke niet voldoen aan de aankomende eisen van de EU Batterijenverordening, biedt al mogelijkheden op vooruitgang. Deze eisen worden opgenomen in het SSbD kader.

Als **architect** kan de overheid in de toekomst nog strengere eisen stellen aan het gebruik van niet-oplaadbare wegwerpbatterijen, zoals in het meest verregaande geval een totaal verbod.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|---|
| De Architect: <ul style="list-style-type: none"> - Single-use batterijproducten zoals lampions verbieden via SSbD kader - Investeren in projecten rondom alternatieven voor niet-oplaadbare wegwerpbatterijen laten onderzoeken en ophangen aan SSbD | De Coach: <ul style="list-style-type: none"> - Stibat ondersteunen in verzameling wegwerpbatterijen - Campagne voor consumenten over juiste verwijdering en inlevering batterijen. |
| De Bruggenbouwer: <ul style="list-style-type: none"> - Onderzoek stimuleren naar gebruik en toepassing grondstoffen uit niet-oplaadbare wegwerpbatterijen. | De Auditor: <ul style="list-style-type: none"> - Kaders voor veiligheid handhaven voor alle partijen in de keten |

Uitdaging 4: Innovatieve EOS worden niet ontworpen met het oog op recycling van grondstoffen



Om het ontwerpen met het oog op recycling van innovatieve EOS te stimuleren, kan de overheid zich als **coach**, **bruggenbouwer** en als **auditor** opstellen.

Er is veel innovatie en onderzoek gaande naar grootschalige oplossingen voor energieopslag. Om deze innovatie in de markt de te stimuleren recyclebaarheid mee te nemen in nieuwe ontwerpen, kan de overheid als **coach** met middel van het toevoegen van standaarden specifiek voor EOS aan het SSbD kader en subsidies de juiste richting op sturen.

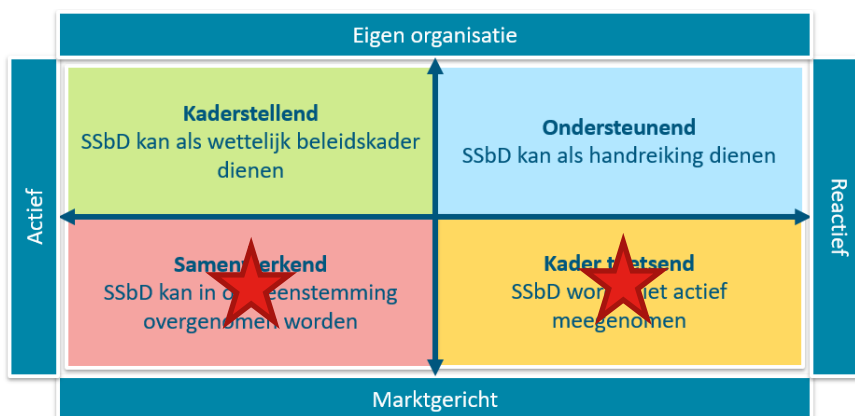
Daarnaast is de rol van **bruggenbouwer** nodig om kennis van ondernemers, onderzoekers en overheidsinstellingen aan elkaar te koppelen. Het SSbD kader kan gebruikt worden om innovatie en onderzoek te verbinden en recyclebaarheid verder te brengen.

Ook is er een rol als **auditor** om voor EOS de EU Batterijenverordening te handhaven zodra deze wordt opgenomen in Nederlandse wetgeving.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|---|
| <p><i>De Architect:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Single-use batterijproducten zoals lampions verbieden door middel van het SSbD kader - Investeren in projecten rondom alternatieven voor niet-oplaadbare wegwerpbatterijen laten onderzoeken | <p><i>De Coach:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Zelf kennis over recycling proces vergroten zodat de overheid mee kan praten. - Onderzoek in lijn met SSbD kader ondersteunen en faciliteren |
| <p><i>De Bruggenbouwer:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - SSbD werkgroepen organiseren tussen ketenpartijen in sector en recyclers organiseren. - Onderzoek tussen kennisinstellingen en recyclers stimuleren naar hoogwaardige recycling van batterijen. - Training van kennisinstellingen aanbieden voor innovatieve batterijenstartups over recycling batterijen binnen SSbD kader | <p><i>De Auditor:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaders voor veiligheid handhaven voor alle partijen in de keten |

Uitdaging 5: Bepaalde type EOS hebben verhoogde veiligheidsrisico's door thermal runaway effecten



Het stimuleren van innovatie van EOS zonder thermal runaway kan het beste met marktgerichte rollen als de **bruggenbouwer** en **auditor** gedaan worden.

De overheid kan als **bruggenbouwer** obstakels voor innovatie wegnemen door mee te denken met marktpartijen, zie hiervoor ook de rol bij uitdaging 6. Het verbinden van marktpartijen en het faciliteren van onderzoek en kennisuitwisseling komt innovatie ten goede. Het SSbD kader, waarin batterijen zonder thermal runaway goed zullen scoren op bepaalde veiligheidscriteria kan hier gebruikt worden als handreiking en om ontwerpers en gebruikers te verbinden.

Voor EOS zonder thermal runaway zal de overheid ook een **auditor** rol moeten vervullen, om huidige kaders te handhaven. Hierdoor zullen batterijen zonder thermal runaway ook aan de veiligheidseisen moeten voldoen en rekening houden met de gestelde kaders.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|---|
| De Architect: <ul style="list-style-type: none"> - Thermal Runaway batterijen verbieden - Belasting op batterijen met giftige elementen (milieu- en veiligheidskosten meerekenen) | De Coach: <ul style="list-style-type: none"> - Innovatie ondersteunen |
| De Bruggenbouwer: <ul style="list-style-type: none"> - Brandweer koppelen aan bedrijven bij ontwerpproces batterijen met thermal runaway - Subsidies voor onderzoek naar verbeteren veiligheid EOS binnen SSbD kader | De Auditor: <ul style="list-style-type: none"> - Kaders voor veiligheid handhaven voor alle partijen in de keten en alle typen batterijen |

Uitdaging 6: Het innovatieproces kan vertraagd worden doordat veiligheidsnormen reactief en te langzaam aangepast worden voor innovatieve batterijen

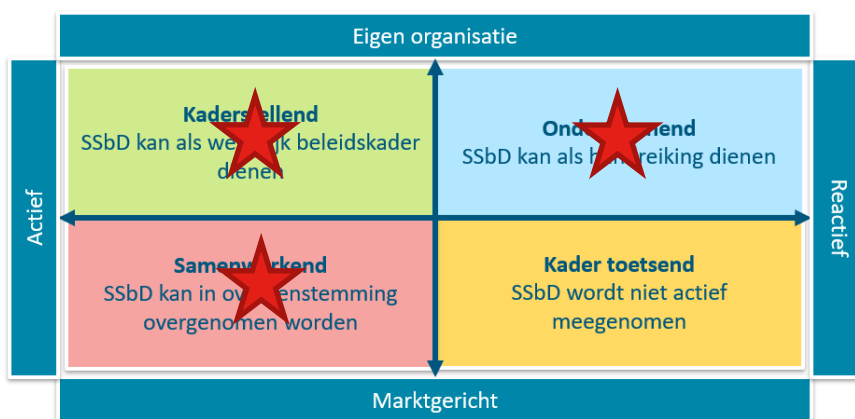


Voor deze uitdaging is aan de overheid bij uitstek de rol van **bruggenbouwer** toebedeeld. Controlerende instanties moeten vanaf een vroeger moment meegenomen kunnen worden bij de beoordeling van innovatieve EOS. Het SSbD kader is de lijn waar langs controlerende instanties en ondernemers samen nieuwe batterijen kunnen beoordelen. Een ondernemer kan in een vroeg stadium van innovatie het kader invullen en laten beoordelen door de instantie.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|--|--|
| De Architect: <ul style="list-style-type: none"> - Bestaande wet- en regelgeving compleet maken voor de hele batterijen life cycle | De Coach: <ul style="list-style-type: none"> - NvT |
| De Bruggenbouwer: <ul style="list-style-type: none"> - Ontwerpers betrekken bij evalueren bestaande wet- en regelgeving veiligheid en milieu | De Auditor: <ul style="list-style-type: none"> - NvT |

Uitdaging 7: De duurzame en veilige optie is vaak niet de meest winstgevende



De overheid wil duurzaamheid en veiligheid stimuleren en zal daarom vanuit haar eigen visie en organisatie zich op deze uitdaging moeten richten. Zowel de rol van **architect** en **coach** zijn hier toepasbaar. Daarnaast is de verbindende rol van **bruggenbouwer** ook inzetbaar.

Als **architect** kan de overheid het SSbD kader gebruiken om kaders te stellen die hoge scores op veiligheid en duurzaamheid financieel belonen, of slechte scores te benadelen. Dit kan bijvoorbeeld door het doorbelasten van milieukosten, en door het stellen van minimum scores om de markt te mogen betreden. Deze acties zullen in het verlengde van de EU Batterijenverordening en het batterijpaspoort komen.

Daarnaast kan de overheid als **architect** financiële prikkels instellen om producten beter herstelbaar of recyclebaar te maken. Een goed ontwerp bespaart later in de keten geld omdat het veiliger en duurzamer is tijdens reparatie of recycling. Instanties als Stibat vragen al hogere bijdrages voor bepaalde types moeilijk te recyclen batterijen, dit zou uitgebreid kunnen worden met het SSbD kader als handleiding.

Als **coach** kan de overheid het SSbD kader gebruiken om innovatie aan te moedigen en subsidies, leningen en ondersteuning te bieden aan innovaties die goed scoren in het kader. De transparantie die het SSbD kader biedt over veiligheid en duurzaamheid helpen ontwerpers om makkelijker rekening te houden met deze aspecten.

Om de business case voor duurzaamheid en veiligheid op een andere manier mogelijk te verbeteren, kan de overheid in de rol van **bruggenbouwer** met de markt in gesprek gaan over nieuwe businessmodellen die deze dingen stimuleren. Interessante uitkomsten van deze dialoog kan de overheid in overeenstemming verder brengen, eventueel in andere rollen.

Mogelijke activiteiten:

| | |
|---|---|
| <p>De Architect:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Milieu- en veiligheidskosten doorberekenen aan batterijen zonder voldoende SSbD score - Minimum scores SSbD om Nederlandse markt te mogen betreden - Financiële prikkels instellen om producten beter herstelbaar en/ of recyclebaar te maken | <p>De Coach:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Duidelijkheid creëren naar ontwerpers toe hoe de overheid de kaders van veiligheid en duurzaamheid ziet, zodat er minder tegenstrijdigheid plaatsvindt - Subsidies voor innovaties die in lijn zijn met SSbD |
| <p>De Bruggenbouwer:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chemici, milieudeskundigen, brandweer en ontwerpers in een vroeg stadium met elkaar in contact brengen door bijvoorbeeld een (online)platform en gemeenschappelijke databases te creëren rondom SSbD - SSbD werkgroepen rondom vernieuwde businessmodellen opzetten, waarin markt, overheid en kennisinstellingen bij elkaar komen | <p>De Auditor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bestaande kaders voor veiligheid en duurzaamheid handhaven |

6.3 Aanbevelingen

Samenvattend, betekent dit dat de Nederlandse overheid zou zich moeten inzetten op de volgende gebieden om SSbD te gebruiken om veiligheid en duurzaamheid in de batterijensector te stimuleren. Voor de uitvoering van onderstaande acties, heeft de overheid al drie belangrijke partners:

- **RIVM:** Ontwikkelt het theoretische kader voor SSbD in de chemie en voor batterijen
- **BCC-NL** (Battery Competence Cluster): Brengt marktpartijen en kennisinstellingen samen en ontwikkelt visie voor het ecosysteem van batterijen in Nederland
- **Stibat / Stichting Open:** Is uitvoeringsverantwoordelijk²² voor de inzameling en verwerking voor recycling van kleine batterijen, elektronica en fietsaccu's²³

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

1. Het verder ontwikkelen van het theoretisch kader, in samenwerking met het RIVM, en de gereedheidskist voor SSbD en vervolgens, in samenwerking met de BCC-NL, het verspreiden van dit kader onder marktpartijen
2. De dialoog in de sector te stimuleren en partijen in verschillende stappen van de batterijenketen met elkaar te verbinden, om kennis uit te wisselen over vooruitgang op SSbD criteria en om in samenspraak met de markt extra hulpmiddelen voor de gereedheidskist te ontwikkelen
3. Het stimuleren van onderzoek en innovatie naar nieuwe technologieën die goed scoren binnen het SSbD kader door middel van subsidies, leningen en andere ondersteuning
4. Het SSbD kader gebruiken als opvulling van gaten in huidige wet- en regelgeving, en wetgevende en controlerende instanties laten anticiperen op technologische innovaties in lijn met SSbD criteria
5. Onderzoeken hoe het bij aanbeveling één ontwikkelde SSbD kader in het verlengde van de EU Batterijenverordening en het batterijenpaspoort gebruikt kan worden om de business case voor duurzaamheid en veiligheid rendabeler te maken, door bijvoorbeeld (financiële) consequenties te hangen aan goede of slechte scores en daarmee een gelijk speelveld te creëren

Daarnaast kan voor de SSbD gereedheidskist ontwikkeld worden:

Als architect:

- Het SSbD kader gebruiken om de business case voor duurzaamheid en veiligheid rendabeler te maken
- Het SSbD framework gebruiken als opvulling van gaten in huidige wet- en regelgeving
- Eventueel aanvullende kaders stellen voor:
 - o Niet oplaadbare wegwerpbatterijen
 - o Repareerbaarheid, herbruikbaarheid en recyclebaarheid

Als coach:

- Opzetten en verspreiden van het SSbD kader
- Innovaties die goed scoren op SSbD stimuleren door middel van subsidies, leningen en/of andere ondersteuning
- Supply Chain inzichtelijk maken
- Onderzoek naar verbetering op SSbD criteria stimuleren door middel van subsidies
- Proactief kennis verspreiden over de consequenties van de EU Batterijenverordening

²² Producenten en importeurs zijn eindverantwoordelijk voor het verantwoord van de markt halen van elke batterij die zij op de Nederlandse markt plaatsen. Veel bedrijven plaatsen de verantwoordelijkheid voor de uitvoering bij Stibat, Stichting Open en ARN

²³ Stichting EPAC is een collectief in de fietsaccu sector die Stibat de opdracht geeft fietsaccu's in te zamelen

Als bruggenbouwer:

- Het borgen van het SSbD kader in de markt
- Het in een vroeger stadium meedenken met ondernemers over veiligheids- en duurzaamheidseisen aan innovatieve oplossingen
- Het verbinden van de markt
 - o Contact in de keten bevorderen
 - o Kennisuitwisseling over SSbD criteria tussen markt, kennisinstellingen en overheid bevorderen
 - o Overleg over invoering batterijpaspoort en consequenties voor innovatieve ondernemers
 - o Onderzoek doen naar alternatieve businessmodellen om circulariteit en veiligheid te verbeteren
 - o Gesprek over modulair ontwerpen, recyclebaarheid en repareerbaarheid stimuleren

Als auditor:

- Import batterijen zonder CE-Keurmerk strenger handhaven
- Import batterijen zonder batterijpaspoort handhaven

Bijlage A - Overzicht van geïnterviewden

Hieronder staat een tabel met de personen die voor dit onderzoek zijn geïnterviewd. In de linker kolom staat de organisatie, gevolgd door de naam van de geïnterviewd en daarnaast het onderwerp van gesprek

| Organisatie | Onderwerp |
|-------------------------------|--|
| Stibat | Recycling |
| RIVM | SSbD kader |
| Battery Competence Cluster NL | Batterijstrategie en BCC-NL netwerk |
| Stichting Open | Reuse en recycling |
| Marktpartij A | Marktperspectief |
| Marktpartij B | Marktperspectief |
| Marktpartij C | Marktperspectief |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: Afval |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: Design |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: LCA |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: Opslag |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: Wettelijke kaders |
| Royal HaskoningDHV | Batterijketenstap: Prototypes & Startups |

Bijlage B – Overzicht van risico's per ketenstap

| | Kansen in design | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|--|--|---|--|--|---|--------------------------------------|--|--|---|
| | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| Productieproces: Grondstofwinning | Optimaliseer & standaardiseer batterijsystemen | Grondstofschaarste, vervuilende afvalstromen | Batterij-inefficiëntie, lage energie dichtheid | Inefficiënt gebruik van materialen | Gebrek aan standaard vergroot kans op foutief gebruik. | Verschillende veiligheidsstandaarden | Verschillende veiligheidsstandaarden, Vertraagd werkzaamheden hulpdiensten bij brand | Verschillende aansluitingen, systeemcomponenten | Verschillende veiligheidsstandaarden, onbekendheid met de chemische samenstelling |
| | Minimaliseer schaarse materialen | Grondstofschaarste, vervuiling door giftige stoffen, landgebruik en ecologisch verlies, watervervuiling | Fossiel energieverbruik tijdens winning | | Prijsstijgingen door schaarste | | Limiteert de opties, waardoor brandbaardere stoffen moeten worden gebruikt | Door gebrek aan modulariteit gaat veel materiaal verloren bij schade | Limiteert de opties, waardoor schadelijkere stoffen moeten worden gebruikt |
| | Vermijd kobalt | Grondstofschaarste, vervuilende afvalstromen, landgebruik en ecologisch verlies | Fossiel energieverbruik tijdens productie | Gebruik inefficiënt en "niet-schoon" materieel | Negatief imago van batterijen door het gebruik van schadelijke processen, instabiliteit van winningslanden, mensenrechten | | Kans op ontbranding in poedervorm | | Onveilige & ongezonde arbeidsomstandigheden |
| | Gebruik ethische sourcen | Logistieke carbon footprint, vervuilende afvalstromen | Fossiel energie-verbruik tijdens productie | Slechte herleidbaarheid grondstoffen | Negatief imago van batterijen door het gebruik van schadelijke processen, instabiliteit van winningslanden, mensenrechten | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Onveilige & ongezonde arbeidsomstandigheden |
| | Gebruik groene stroom | Vermindering waarde van het landschap door extractie | Fossiel energieverbruik tijdens productie | CO2-uitstoot door fossiele brandstoffen | Negatieve invloed op het imago door gebruik fossiele brandstoffen | | | | |

| | Kansen in design | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|---|--|---|--|--|---|---------------------|---|-----------------------------------|--|
| | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| Productieproces: Raffinage en chemische verwerking | Ontwikkelen substituten kobalt en lithium | Grondstofschaarste, vervuilende afvalstromen, landgebruik en ecologisch verlies | Logistieke carbon footprint, Fossiel energieverbruik tijdens productie | Vervuilende afvalstromen | Negatief invloed op imago van batterijen door het gebruik van schadelijke processen | | Instabiliteit van tussenproducten | Instabiliteit van tussenproducten | Onveilige & ongezonde arbeidsomstandigheden, Instabiliteit van tussenproducten |
| | SSbD-assessment als gids voor keuze precursor materialen | Milieuverontreiniging door toxische stoffen | Energiegebruik productieproces afhankelijk van type materiaal | Gebruik niet-hergebruikbare materialen | Instabiliteit van winningslanden | | | | Toxische of vervuilende processen vaak de meest bekende methode. |

| | Kansen in design | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|---|---|---|---|---|---|---------------------|--|--|---|
| | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| Productieproces : componenten en assemblage | Optimaliseer batterijcapaciteit | Grondstofschaarste , vervuilend afvalstromen | Batterij-inefficiëntie | Korte levensduur door het hoge aantal laadcycli | Vermindering gebruik door te weinig capaciteit dan benodigd | | Overmatig watergebruik voor koeling | | Inefficiënt gebruik toxische materialen met vergroot risico bij blootstelling |
| | Gebruik groene energie | CO2-uitstoot door fossiele brandstoffen | Energieverbruik tijdens productie | CO2-uitstoot door fossiele brandstoffen | Negatief invloed op imago van batterijen door het gebruik van schadelijke processen | | | | |
| | Vermijd giftige stoffen | Vervuilend afvalstromen | | | Negatief invloed op imago van batterijen door het gebruik van schadelijke processen | | Kans op ontbranding bij tijdens de assemblage | Ontstaan fouten tijdens de assemblage | Kans op lekkage tijdens de assemblage, vervuiling en overmatig watergebruik |
| | Vermijd producten uit onveilige landen | | Inefficiënt energieverbruik & gebruik fossiele brandstoffen | | Instabiliteit van winningslanden | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Onveilige & ongezonde arbeidsomstandigheden |
| | Brandpreventie systeem met scheidingswanden voor watertoevoeging (om schade te verminderen) | Kans op grootschalige branden en brandgevaar voor de omgeving | Onbalans energienet door wegvallen grootschalige systemen | | Kans op uitval grootschalige batterijsystemen | | Bij ontbranding is het risico op ontbranding bij nabij liggende batterijen en gebouwen groot | | |

| | | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|---|--|--|---|---|---|--|--|---|---|
| Kansen in design | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| Gebruiksfasen | Ontwikkelen batterijen met langere levensduur | Grondstofschaarste | Batterij-inefficiëntie | Beperkte levensduur | Korte levensduur batterijen nog vaak in gebruik | | Ontbrandingsgevaar door gebrek aan ontluchting | Vrijkomen toxische stoffen door foutief gebruik | Vrijkomen toxische stoffen door batterij degradatie |
| | Single-use batterijen makkelijker vervangbaar maken (door hernieuwbare batterijen) | Vervuiling door het weggooien van single-use batterijen | Weggooiden van batterijen die niet geheel leeg zijn. | Meer afval door moeilijk vervangbare batterijen, beperkte levensduur | Single-use batterijen nog vaak geleverd bij elektrische producten | Het niet correct vervangen van de batterij kan leiden tot kortsluiting | Het niet correct vervangen van de batterij kan leiden tot thermische lekkage | Constante vervanging van de batterij kan het apparaat beschadigen | |
| | Batterijen herstelbaar ontwerpen | Vervuiling door het weggooien van kapotte batterijen | Fossiel energiegebruik afvalwerking en/of recycling | Materiaalverspilling door moeilijk te repareren batterijen, beperkte levensduur | | | | | |
| | Batterijen zonder thermal runaway | | | Materiaalverspilling door batterijongevallen | | | | Beschadiging van de thermal runaway kan kans op brand vergroten | |
| | Batterijpaspoort | Vervuiling afvalstromen | Inefficiënte verwerking (en recycling) door onbekende batterijsamenstelling | Ineffectieve verwerking (en recycling) door onbekende batterijsamenstelling | Intransparantie in herkomst van batterijen | Gebrek aan inzicht in de gezondheidsstatus van de batterij | Geen herleidbare samenstelling van de batterij, waardoor een grotere kans op fouten en gebrek aan controle ontstaat | Geen herleidbare samenstelling van de batterij, waardoor een grotere kans op fouten en gebrek aan controle ontstaat | Geen herleidbare samenstelling van de batterij, waardoor een grotere kans op fouten en gebrek aan controle ontstaat |
| | Ontwikkeling nieuwe typen batterijen; LFP's, solid states | Oudere typen batterijen degraderen over tijd en zijn niet goed te recyclen | Veel energieverlies aan warmte bij oudere batterijen | Oudere batterijen zijn niet ontworpen om circulair te kunnen worden gebruikt | | | NMCs kan elektrolyt uit wat brand veroorzaakt, LFPs hebben hogere ontbrandingstemperatuur, solid states hebben lithium in vast elektrolyt voorkoming brand | Losse componenten, fragiele componenten en beweegbare componenten kunnen beschadigd raken tijdens gebruik | Batterijen bevatten toxische componenten |
| | Begrensbare oplader | | | | | Voorkomt overlading | | | |
| Geïntegreerd meetsysteem voor toestand cellen en batterijen | | | Slechte batterijomstandigheden voor levensduur | | Degradatie batterijcapaciteit na meerdere laadcycli | Degradatie componenten batterij door gebruik | Degradatie componenten door gebruik en omgevingsomstandigheden | Degradatie werking en behuizing door gebruik | |

| | Kansen in design | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|-------------|---|--|---|---|---|--|---|--|--|
| | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| Second life | Inspectie op beschadiging & samenstelling batterij | Degraderen bruikbare batterijen tot reststroom | Verlies lading indien de batterij nog werkzaam is | Gebrek aan inzameling, verlies herbruikbare onderdelen van de batterij | Geen kennisvorming over risico's end-of-life van batterijen | Kortsluiting door beschadigde onderdelen | Gebrek aan veiligheidscontroles | Gebrek aan veiligheidscontroles | Kans op lekkage van toxische componenten |
| | Volledig ontladen | Kans op kortsluiting of ontbranding | | | Onveilige arbeidsomstandigheden | Niet volledig ontladde batterijen in recycling | Kans op kortsluiting of ontbranding | Risico op ontlading tijdens verwerking en transport | |
| | Batterijen herstelbaar ontwerpen | Degraderen van bruikbare batterijen tot reststroom | | Verlies grondstoffen door te weinig reparatiemogelijkheden. Veelal door het verlijmen van componenten | Minder draagvlak voor herbruikbare batterijen | | Vergroten kans op veiligheidsrisico's door degradatie niet-ervangbare onderdelen. | Weggoien batterijen door minimale schade aan sub-componenten | Vermindering werking van niet-ervangbare chemische componenten |
| | Batterijen recyclebaar ontwerpen en recycleopties verbreden | Gebrek aan recycle mogelijkheden | | Verlies grondstoffen door te weinig recycling | | | Minder beschadigde batterijen in recycle- en afvalstroom | Minder beschadigde batterijen in recycle- en afvalstroom | |

| | | Duurzaamheidsrisico's | | | | Veiligheidsrisico's | | | |
|------------------|---|---|---|---|--|--|--|---|---|
| Kansen in design | | Milieu | Energie | Circulaire economie | Maatschappelijke invloed | Elektrisch | Elektrochemisch en thermische opwarming | Mechanische beschadiging | Toxisch |
| End of life | Vergroot de vervangbaarheid | Materiaalverspilling door niet vervangbare batterijen | Energiegebruik bij afvalverwerking en recycling | Beperkte levensduur | Image dat "standaard" batterijen single-use zijn | | | Gebrek aan modulariteit waardoor gehele EOS restafval worden, ondanks recyclebare componenten | |
| | Toetsing op duurzaamheidsdoelstellingen | Grote reststromen van materialen die niet duurzaam zijn of worden toegepast | | Materiaalverspilling door geen toetsing op circulariteit | | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Toxiciteit blijft risico ook na gebruik |
| | Recyclebaarheid borgen | Materiaalverspilling door gebrek aan recycling | | Niet recyclebare stoffen in batterijen | | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Lekkage kan recycling lastiger maken door risico op blootstelling |
| | Wegwerpbatterijen verbieden | Materiaalverspilling door wegwerpbatterijen | | Verspilling van recyclebare materialen | Wegwerpbatterijen worden nog vaak als standaard gebruikt/meegeleverd | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Single-use batterijen zijn niet ontworpen voor recycling |
| | Batterijpaspoort | Uitvoering van stappen in landen met lagere milieu eisen | Gebruik van inefficiënte materialen om kosten besparen | Ineffectieve en inefficiënte recycling door onbekende batterijsamenstelling | | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie | Gebrek aan veiligheidscontroles door corruptie |
| | Ontwerp zo eenvoudig mogelijk maken | Inefficiënt materiaalgebruik door complexe batterijsamenstelling | Hoog energiegebruik bij inefficiënt verwerking door onbekende batterijsamenstelling | Ineffectieve en inefficiënte recycling door onbekende batterijsamenstelling | Drempel verlagen voor benodigde kennis voor het werken met batterijen. | | | | |
| | Standaardisatie | | | Gebruik van vele grondstoffen in één batterijtype | Te weinig herkenbaarheid van recyclebare batterijtypes | | | | |