



# Het batterijenlandschap

Onderwerpen, bedreigingen en kansen voor beleidsdoelen

4 oktober 2019  
BATIW117KS  
k.joosten@baxcompany.com

---

## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Vraagstelling en aanpak</b>	<b>4</b>
	2.1 Vraagstelling	4
	2.2 Aanpak	5
	2.3 Beoordeling	6
	2.4 Samenvattende infographic	7
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>8</b>
	3.1 Schaarste grondstoffen	8
	3.2 Productiecapaciteit oplaadbare batterijen	9
	3.3 Supply chain in Nederland	10
	3.4 Energy-as-a-Service	11
	3.5 Werkgelegenheid	12
	3.6 Aanwas gekwalificeerde medewerkers	12
	3.7 Imago	13
	3.8 De rol van data	14
	3.9 Straling	14
	3.10 Nieuwe generatie batterijen	15
	3.11 Ontbranden & explosies	16
	3.12 Inzameling	17
	3.13 Hergebruik in dezelfde toepassing	17
	3.14 Hergebruik voor energie-opslag	18
<b>4</b>	<b>Verantwoording keuzes</b>	<b>19</b>
	<b>Bijlage 1 Landschap</b>	<b>20</b>
	<b>Bijlage 2 Uitwerking van de groslijst onderwerpen</b>	<b>21</b>
	<b>Bijlage 3 Uitwerking van de 14 geselecteerde onderwerpen</b>	<b>31</b>

Bronnen afbeeldingen voorblad:  
<https://www.extremetech.com/extreme/249622-mercedes-joined-tesla-nissan-selling-whole-house-battery-power>  
<https://ultralithium.com/next-gen-porsche-ev-batteries-2020/>

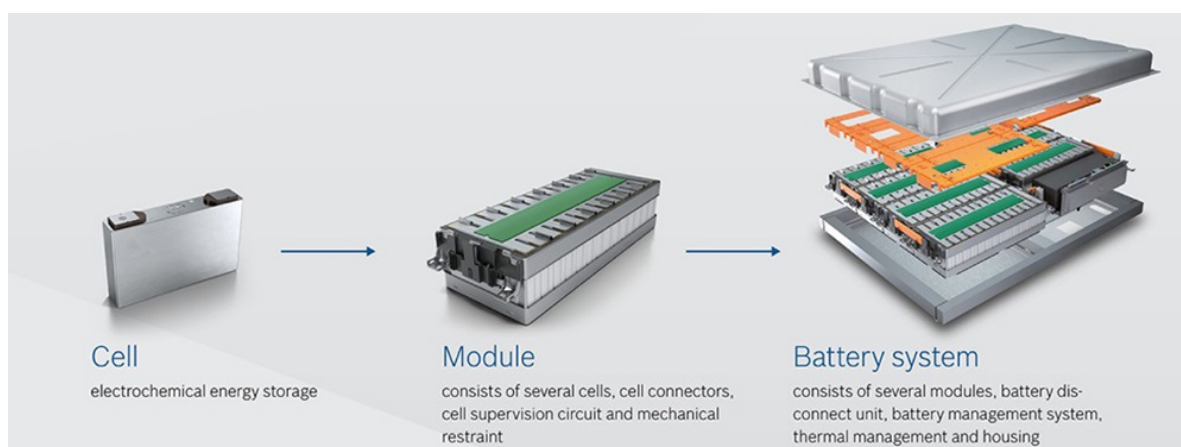
## 1 Inleiding

De afgelopen jaren is het gebruik van oplaadbare batterijen sterk gegroeid. Prognoses voor 2040 laten verdere groei zien met een factor 100 tot 1.000, met name door elektrificatie van vervoer (e-fiets, auto's, schepen) en energieopslag in de gebouwde omgeving. Hiermee komt een aantal vragen naar voren rond leveringszekerheid, data-veiligheid, recycling, brand en explosies, werkgelegenheid en kansen voor nieuwe bedrijvigheid. En in het verlengde daarvan: welke rol moet de overheid spelen?

Deze rapportage geeft een overzicht van de 14 belangrijkste onderwerpen in het batterij-landschap. Ieder onderwerp wordt kort geïntroduceerd, gevolgd door kansen en bedreigingen voor het behalen van nationale beleidsdoelstellingen.

Deze verkenning richt zich vooral op oplaadbare batterijen, en wel in elektromobiliteit (van fiets tot zeeschip) en in stationaire toepassingen (energieopslag, balanceren netwerken), vanwege de grote dynamiek en verwachte ontwikkelingen in de nabije toekomst. Het merendeel van dergelijke grotere batterijen is van het type Lithium-Ion. Deze heeft momenteel de meest gunstige verhouding tussen energiedichtheid, vermogen, laadsnelheid, gebruiksduur, omvang en kosten.

*Disclaimer: alle informatie is samengesteld vanuit primaire bronnen (artikelen, websites, gesprekken met experts, inbreng van dossierhouders binnen de ministeries van I&W, EZK, BZ en BZK). De beoordeling van de mate van bedreiging of kans is tot stand gekomen in expert-sessies.*



Figuur 1 Samenstelling batterijsysteem Bron: [https://www.fic.com.tw/battery-management-system\\_p8.html](https://www.fic.com.tw/battery-management-system_p8.html)

## 2 Vraagstelling en aanpak

### 2.1 Vraagstelling

Mondiaal, Europees en in Nederland is veel gaande op het gebied van batterijen. Met de snelle groei van het aantal elektrische auto's, elektrische fietsen en in de toekomst elektrisch aangedreven vrachtwagens en schepen, neemt de behoefte aan oplaadbare batterijen, de bijbehorende laadinfrastructuur en end-of-life oplossingen ook snel toe. Ook zijn oplaadbare batterijen steeds belangrijker in het elektriciteitsnetwerk, voor het balanceren van vraag en aanbod van duurzaam opgewekte energie.

Binnen de ministeries van Infrastructuur & Waterstaat (IenW) en Economische Zaken & Klimaat (EZK) vindt op diverse plaatsen analyse en beleidsvorming plaats, vanuit verschillende dossiers: energietransitie, duurzame mobiliteit, circulaire economie, high-tech maakindustrie, internationale handel, etc. Gericht op zowel het ontwikkelen van kansen voor het Nederlandse bedrijfsleven, duurzaamheid en de energietransitie, als het identificeren en beheersen van risico's. Zo zijn 'batterijen' in het Meerjarig Missiegedreven Innovatie Programma Duurzame Mobiliteit een sleuteltechnologie en focusgebied. En binnen IenW zijn batterijen van belang voor het behalen van doelen op het gebied van elektro-mobiliteit (van fiets, vracht- en personenauto's tot schepen en vliegtuigen) en schone lucht.

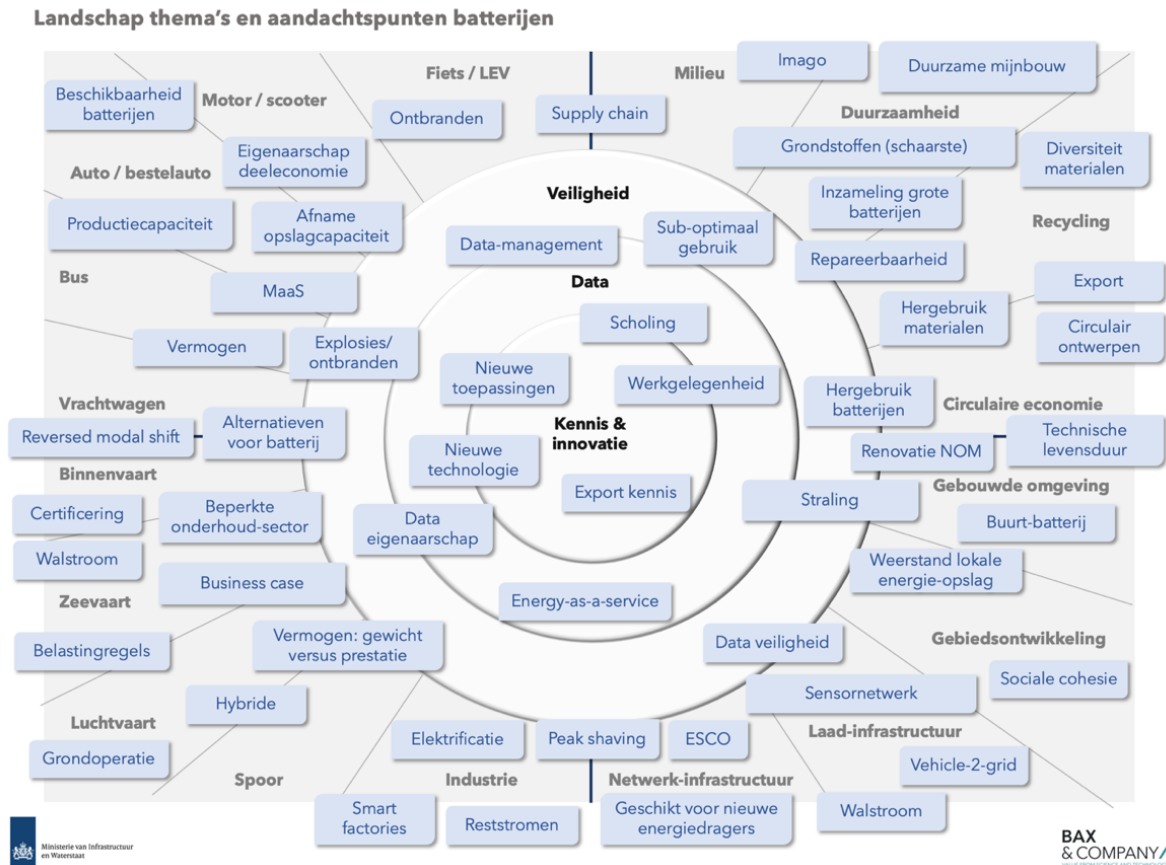
Bij het Rijk is de behoefte ontstaan om een gestructureerd en samenhangend overzicht te maken van de verschillende losse onderwerpen in het 'dossier batterijen' en de ontwikkelingen daarin.

Bax & Company is gevraagd de onderwerpen in een 'landkaart' te zetten, van achtergrondinformatie te voorzien en een beeld te geven van de belangrijkste bedreigingen en kansen voor nationale beleidsdoelstellingen. Dit geeft het Rijk handvatten voor het formuleren van beleid en het ontwikkelen van een strategische aanpak.

## 2.2 Aanpak

Op basis van de voorverkenning van RVO-TNO<sup>1</sup>, bijeenkomsten met dossierhouders van de meest betrokken ministeries, eigen expertise van Bax & Company en aanvullende deskresearch is een overzicht gemaakt van prominente onderwerpen in het batterij-landschap. Deze onderwerpen zijn gesorteerd en geclusterd naar beleidsterreinen.

Dit geeft het volgende beeld:



Figuur 2 Landschap van onderwerpen

Vervolgens zijn de onderwerpen ingedeeld naar vier domeinen: Economie, Sociaal, Technologie en Milieu & Duurzaamheid, om analyse en vergelijking eenvoudiger te maken. Middels desk-research is ieder onderwerp nader uitgediept, zodat het mogelijk werd een inschatting van beleidsrelevantie en onderlinge samenhang te maken.

Op basis hiervan is een short-list van 14 meest beleidsrelevante onderwerpen samengesteld. De onderwerpen zijn opnieuw verder verdiept en uniform uitgewerkt in termen van kansen en bedreigingen voor nationale beleidsdoelen. De conclusies zijn samengevat in een *infographic*, die nader wordt toegelicht in dit hoofdstuk.

1. TNO rapport - RVO Batterijen TSE7180012, concept januari 2019

## 2.3 Beoordeling

De 14 onderwerpen zijn beoordeeld op bedreigingen en kansen voor het behalen van Rijks-doelstellingen op het gebied van mobiliteit, duurzaamheid, klimaat, circulaire economie, veiligheid en gezondheid. De opdrachtgever heeft een overzicht van relevante beleidsdoelen (Doelenplot) samengesteld. Deze plot is als raamwerk gebruikt voor het inschatten van de mate waarin beleidsdoelen negatief, danwel positief worden beïnvloed. Dit levert het volgende beeld op:

	Onderwerp	Bedreigingen	Kansen	Beleidsdoel bedreiging	Beleidsdoel kans
1	Schaarste	4	5	Economische Veiligheid / Innovatie	Circulaire economie / Footprint
2	Productiecapaciteit	3	3		
3	Supply chain	4	5	Economische Veiligheid / Innovatie / Werkgelegenheid	Top6 economiën / Innovatie / Werkgelegenheid
4	EaaS	4	6	Marktordening elektriciteitsvoorziening / Innovatie	Elektrische infrastructuur / Deeleconomie / Innovatie / Digitale economie
5	Werkgelegenheid	4	3		
6	Aanwas gekwalificeerde medewerkers	3	3		
7	Imago	4	3		
8	De rol van data	3	5	Economische veiligheid / Cyber / Eerlijke concurrentie / E-voorziening leveringszekerheid	Digitale economie / Stabiel net / Circulaire economie / Top6 economiën
9	Straling	3	1		
10	Nieuwe generatie batterijen	4	3		
11	Ontbranden	6	2	Veilig: gebruik, opslag, transport, verwerking	
12	Inzameling	5	5	% inzameling / Veilige opslag / Veilige verwerking / 2e handsmarkt / Brandveiligheid	Circulaire economie / % inzameling / Footprint
13	Hergebruik in dezelfde toepassing	2	4		
14	Hergebruik voor energie-opslag	4	3		

Figuur 3 Inschatting mate van bedreigingen en kansen

Concluderend zijn de volgende onderwerpen het meest van belang voor verdere beleidsvorming:

- Schaarste grondstoffen
- Supply chain
- Energy-as-a-Service
- De rol van data
- Ontbranden
- Inzameling

# Het batterijenlandschap 2019

BATIW15KJ

## Kansen en bedreigingen voor nationale beleidsdoelstellingen

De afgelopen jaren is het gebruik van oplaadbare batterijen sterk gegroeid. Prognoses voor 2040 laten verdere groei zien met een factor 100 tot 1.000, met name door elektrificatie van vervoer (e-fiets, auto's, schepen) en energie-opslag in de gebouwde omgeving. Hiermee komt een aantal vragen naar voren rond leveringszeker-

heid, data-veiligheid, recycling, brand en explosies, innovatie en nieuwe bedrijvigheid. En in het verlengde daarvan: welke rol moet de overheid spelen?

Deze infographic geeft een overzicht van de 14 belangrijkste ontwikkelingen of thema's in

het batterij-landschap. Ieder hiervan wordt kort geïntroduceerd, gevolgd door kansen en bedreigingen voor het behalen van nationale beleidsdoelstellingen, met ander woorden: of de impact die de ontwikkeling heeft (zonder aanvullende interventie) de doelen eerder binnen of buiten bereik brengen.

*Disclaimer: alle informatie is samengesteld vanuit primaire bronnen (artikelen, websites, gesprekken met experts, inbreng van dossierhouders binnen de ministeries van IenW, EZK, BZK en BZ). De beoordeling van de mate van bedreiging of kans is tot stand gekomen in expert-sessies.*

1

## Economie



### Schaarste grondstoffen

De vraag naar grotere, oplaadbare batterijssystemen neemt wereldwijd sterk toe. De verkoop van elektrische auto's stijgt van circa 5 mln in 2018 naar 60 mln in 2040. Daarnaast wordt een sterke groei van opslag in het elektriciteitsnetwerk verwacht. De Lithium-ion-batterij is en blijft dominant. De vraag naar lithium en kobalt stijgt met een factor 3 tussen 2017 en 2025. Meer dan 50% van het kobalt wordt gewonnen in Congo. China controleert overgrote deel van de grondstoffenstroom. In Nederland zijn diverse initiatieven voor ontwikkeling van alternatieve materialen en recycling.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- Elektrisch vervoer: stagnatie groei e-mobiliteit door tekort batterijen.
- Energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie groei energieopslag door tekort batterijen.
- Elektrisch vervoer en energietransitie gebouwde omgeving: vertraging transitie door kostenstijging.



#### SCHAARSTE GRONDSTOFFEN



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- R&D en innovatie: markt-rijpe alternatieve batterij-concepten en -materialen.
- Circulaire economie: schaarse grondstoffen winnen uit afval.

### Productiecapaciteit batterijen

Productie van Lithium-ion-batterijen is geconcentreerd in Azië en VS. China domineert de wereldproductie (meer dan 60%) en verzesvoudigt de productiecapaciteit tussen 2016 en 2020. In Europa zijn plannen voor tien giga-fabrieken, voornamelijk voor de automotive-sector in Duitsland en Frankrijk. Focus ligt op Lithium-ion-technologie. European Battery Alliance streeft naar onafhankelijkheid van Europa. Parallele ontwikkelingen kunnen dreigend tekort aan capaciteit afdwenden: alternatieve batterijconcepten, nieuwe materialen, hergebruik.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- Elektrisch vervoer: stagnatie groei e-mobiliteit door tekort batterijen.
- Energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie groei energieopslag door tekort batterijen.
- Internationale betrekkingen: afhankelijk van landen met ondemocratische regimes.



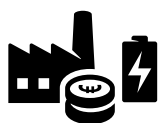
#### PRODUCTIE CAPACITEIT BATTERIJEN



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- R&D en innovatie: export kennis 'slimme' fabrieken (goedkoper produceren).
- Circulaire economie: reparatie en hergebruik van batterijen.
- Werkgelegenheid: ontwikkeling NL-productie o.b.v. nieuwe technologie.

## Economie



### Supply chain in NL

De batterij-waardeketen is lang en complex. Voorkant van de keten (grondstoffen, productie van cellen) is vooral in Azië. Achterkant van de keten (hergebruik en recycling) in ontwikkeling. In de gebruiksfase (opladen en ontladen) is het NL-cluster rond laadinfrastructuur wereldspeler; veel innovaties en export van kennis en producten. Nederland is verder sterk in onderdelen automotive, alternatieve materialen en batterijconcepten, batterij-managementsystemen, hergebruik en recycling. Voorspellingen over nieuwe banen variëren van enkele duizenden tot tienduizenden.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- Economische veiligheid: afhankelijk van derden voor succes bedrijven.
- Economische veiligheid: NL afhankelijk van succes European Battery Alliance.
- R&D en innovatie: onvoldoende investeringen.



#### SUPPLY CHAIN IN NL



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELLEN

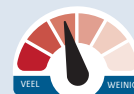
- Werkgelegenheid: batterijenmarkt wordt factor 100 groter.
- R&D en innovatie: groei in segmenten waar NL sterk in is.
- Werkgelegenheid: nieuwe start-ups en scale-ups.
- Economie: export specialistische kennis.

### Energy-as-a-service

In 2050 zal het grootste deel van de energievraag uit elektriciteit bestaan. Dit vraagt (forse) aanpassing van het elektriciteitsnet. Batterij wordt ingezet voor opslag van surplus aan (zonne-)energie en levert bij piekbelasting. Buffercapaciteit wordt een commerciële dienst (Service); consument wordt producent en leverancier. Opslag van energie in het netwerk met buurt-batterijen, home-batteries en elektrische voertuigen (Vehicle-to-Grid / V2G).

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELLEN

- Werkgelegenheid: marktpartijen NL missen de boot.
- R&D en innovatie: banken zijn terughoudend met steun aan nieuwe businessmodellen.
- Economie: conflicterende verdienmodellen netwerk-beheerder en consument.



#### ENERGY-AS-A-SERVICE



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELLEN

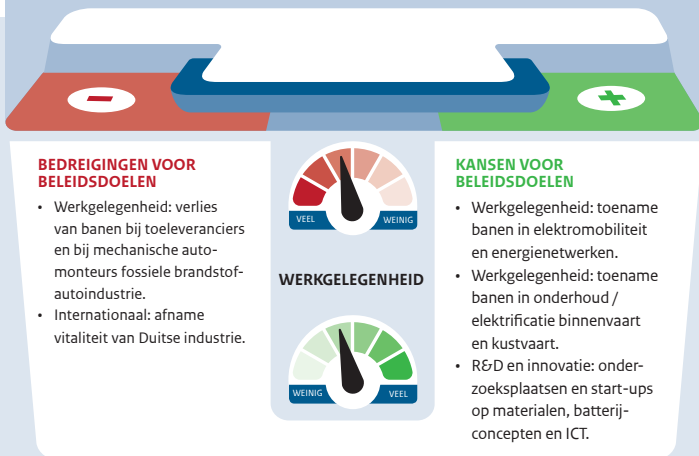
- R&D en innovatie: NL loopt voorop; recent 5 mln euro voor slimme laadpleinen.
- Circulaire economie: verlengen levensduur batterij, door slimmer laden en ontladen.
- Elektriciteitsvoorziening: elektriciteitsnet wordt robuuster.
- Digitale economie: NL loopt voorop.

## Economie



### Werkgelegenheid

Veel arbeidsplaatsen in Nederland zijn sterk afhankelijk van vitaliteit Duitse industrie, met name automotive. Banen vooral in productie / handel van onderdelen, onderhoud en reparatie, laad-technologie en BMS-software. Banen veranderen of verdwijnen: van fossiele brandstoftechnologie naar elektromobiliteit. Ontwikkelingen in de energiesector leiden tot nieuwe banen rond productie, montage en onderhoud van opslag- en laadinfrastructuur en ICT. Dit vraagt aanpassingsvermogen van onderwijs en bedrijfsleven.



## Sociaal



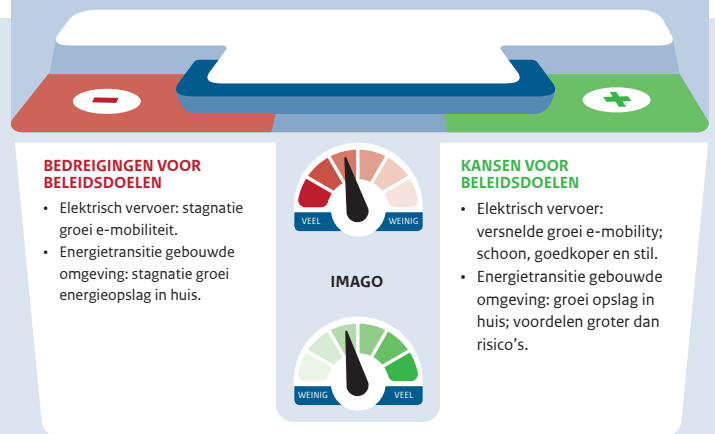
### Aanwas gekwalificeerde medewerkers

Banen door energietransitie zijn vooral in de techniek. Onderhoud van elektrische voertuigen vraagt bijscholing op werken met hoge voltages. Reparatie oplaadbare batterijen is relatief jong vakgebied met nieuwe kennis en skills. Beheer van data uit batterijen staat in kinderschoenen. Snelle ontwikkelingen vragen aanpassingsvermogen van onderwijs (MBO, HBO, WO). Betrokkenheid ministerie van OCV, Techniek Nederland en Techniecpact van belang.



### Imago

En kritische houding van gebruikers gaat vooral over de laadsnelheid, gebruiksduur en actieradius. Ook is er twijfel elektrisch vervoer duurzamer is dan met fossiele brandstof of waterstof. Imagoschade kan ontstaan omdat batterijen steeds vaker ontbranden bij fiets-accu's, auto's en in afvalopslag en bij bewustzijn over de omstandigheden waarin de grondstoffen gewonnen worden. Beperkingen aan het meenemen van e-bikes en laptops in vliegtuigen of aan elektrische auto's in parkeergarages kan bijdragen aan weerstand. Er is weinig bekend over de impact hiervan op het gedrag van consumenten.



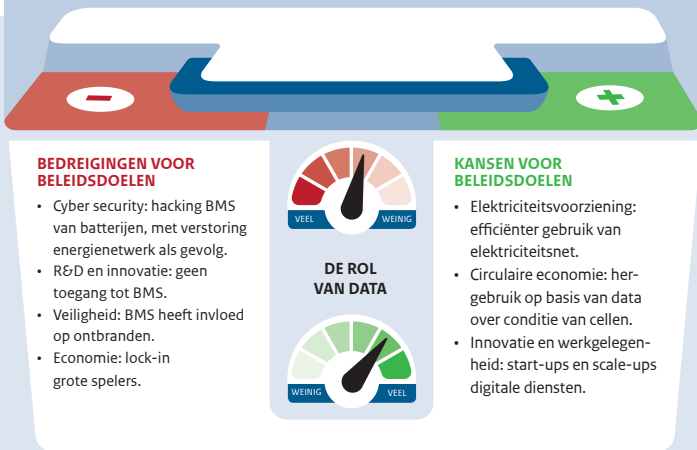


## Technologie



### De rol van data

De batterijcel wordt bestuurd door een Battery Management System (BMS). Deze verzamelt data tijdens gebruik. Belangrijk voor veiligheid, kwaliteit, onderhoud, reparatie en hergebruik. Data zijn nodig voor o.a. R&D en innovatie, optimaal laden en ontladen, voorkomen oververhitting, balanceren elektriciteitsnetwerk, ontwikkelen van energie-diensten en recycling (materiaalpaspoort en conditie). Recht op toegang tot BMS wisselt per producent.



### Straling

Batterijen zenden elektromagnetische (EM) straling uit. Dit heeft mogelijk effect op de gezondheid van mensen en kan tot interferentie met andere apparaten leiden. Momenteel aandacht voor straling in elektrische auto. Is ook in gebouwde omgeving van belang. Onbekend wat het lange-termijn-effect van EM-straling op de gezondheid is. Er loopt NL-onderzoek naar effect EM-straling op gezondheid, gecoördineerd door Kennisplatform 'ElectroMagnetische Velden'.

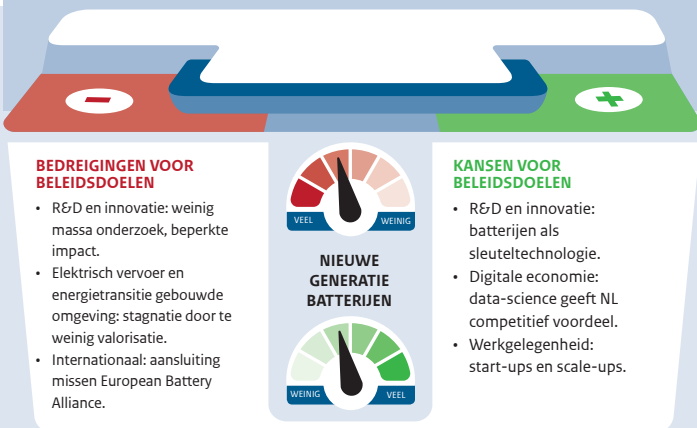


## Technologie



### Nieuwe generatie batterijen

Wereldwijd wordt veel geïnvesteerd in verbetering van de Lithium-ion-batterij: energiedichtheid, laadsnelheid, kosten, veiligheid en (voor EV) bereik. Alternatieve materialen worden gezocht voor kobalt. Nieuwe technologieën en batterij-concepten zijn vaste-stof-batterij, waterig elektrolyt, silicium anodes, flow-batterij, zout-batterij, ijzer-fosfaat en lithium-air-batterijen. Er is vooraanstaand onderzoek in Delft, Eindhoven en Twente, echter met relatief beperkte omvang. Focus op alternatieve materialen, nieuwe batterij-concepten, datamanagement, laadinfrastructuur. Kennis van circulair ontwerpen inzetten voor verlengen gebruik batterijen.



## Milieu en duurzaamheid



### Ontbranden en explosies

Lithium-ion-batterijen kunnen oververhit raken en in brand vliegen. Vaak tijdens opladen, door niet-originele laders, het overladen, vallen, productiefouten of door beschadiging (bijvoorbeeld bij demontage of afvalverwerking). Dit geldt voor zowel kleine oplaadbare batterijen (telefoon) als battery-packs (fietsen, elektrische auto's, energieopslagsystemen). Bij brand ontstaan steekvlammen en komen giftige gassen vrij. Blussen vraagt speciale aanpak. In NL is het aantal incidenten verviervoudigd tussen 2011 en 2018. Afvalbranden nemen toe, oorzaak steeds vaker batterijen. Brandweer en adviseurs intensiveren onderzoek en voorlichting. Opslag van afgedankte batterijen is punt van aandacht.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Veiligheid: Li-Ion-batterijen worden krachtiger; vergroot de impact van brand.
- Circulaire economie: toenemend gevaar bij inzameling en opslag afgedankte batterijen.
- Circulaire economie: toenemend gevaar bij ondeugdelijk refurbishment.



#### ONTBRANDEN EN EXPLOSIES



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELEN

- R&D en innovatie: nieuwe batterij-concepten: waterig of vaste-stof elektrolyt.
- R&D en innovatie: lithium wordt op termijn vervangen.
- Veiligheid: richtlijnen in ontwikkeling, veiligheidsmaatregelen getroffen.

### Inzameling

Autofabrikanten en -importeurs zijn verplicht om de aandrijfbatterijen van elektrische auto's na gebruik terug te nemen. Auto-Recycling Nederland (ARN) organiseert inzameling. Voor fiets-accu's organiseert Stibat inleverpunten, ophalen, sortering en recycling. In 2018 is 45% van fietsaccu's ingezameld. Van overige oplaadbare batterijen percentage niet bekend. Opslag van elke soort oplaadbare batterij vraagt aandacht; er zijn nog geen richtlijnen voor brandveiligheid.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Veiligheid: brandveiligheid opslag afgedankte batterijen.
- Internationaal: verdwijnen van batterijen uit de afvalketen door export.
- Circulaire economie: 50% niet ingezameld: milieuschade en veiligheidsrisico's.



#### INZAMELING



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Circulaire economie: bron van schaarse grondstoffen.
- Circulaire economie: verminderen vervuiling huishoudelijk afvalstroom.
- R&D en innovatie: design for re-use en recycling.

## Milieu en duurzaamheid



### Hergebruik batterijen in dezelfde toepassing

Vanwege de schaarste van grondstoffen, milieubelasting en mogelijke toekomstige tekorten aan batterijen is hergebruik van belang. Een batterij verliest capaciteit gedurende gebruik en cellen gaan stuk. Dit vraagt in de ontwerpfase aandacht voor circulair ontwerpen, slim onderhoud en mogelijkheid tot reparatie. Tijdens het gebruik en bij afhandelen is het bepalen van de conditie van de batterij van belang; dit vraagt toegang tot het BMS.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELEN

- R&D en innovatie: nog weinig data over prestaties van 2e hands batterijen.



#### HERGEBUIK BATTERIJEN ZELFDE TOEPASSING



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Digitale economie: data geven inzicht in conditie batterij. NL sterk in BMS.
- Circulaire economie: NL voorloper in CE.
- Werkgelegenheid: ontwikkelen van nieuw bedrijvencluster.

### Hergebruik voor energie-opslag

Afgedankte batterijen in elektrische mobiliteit (fietsen, auto's, vrachtwagens, schepen, e.d.) kunnen ingezet worden voor energie-opslag in het elektriciteitsnetwerk. Toepassing in de buurt van zonne- of windparken of als home-battery. Niet ieder type batterij is even geschikt. Van belang om de conditie van gebruikte batterijen te kunnen bepalen; vraagt toegang tot BMS. Nieuwe systemen goed testen op brandveiligheid.

#### BEDREIGINGEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Veiligheid: nieuw domein, weinig ervaring.
- Veiligheid: nog geen kwaliteitseisen second-life systemen.



#### HERGEBUIK VOOR ENERGIE-OPSLAG



#### KANSEN VOOR BELEIDSDOELEN

- Circulaire economie: nieuwe EU-batterijrichtlijn.
- Digitale economie: nieuwe diensten, zoals leasing opslagcapaciteit.
- Circulaire economie: verlengen levensduur batterij.

### 3 Resultaten

Uit de groslijst van onderwerpen is een 14-tal thema's nader bekeken. Op basis van feitelijke informatie uit artikelen, beleidsdocumenten, studies, websites en gesprekken is een samenvatting gemaakt van het onderwerp, de kansen en risico's. Met dossierhouders binnen de betrokken ministeries, wetenschappers en deskundigen in het bedrijfsleven is een eerste inschatting gemaakt van de beleidsrelevantie.

*Disclaimer: onderstaande resultaten zijn de uitkomst van een drie-traps proces. In eerste instantie is breed verkend, met een beperkt aantal onderliggende bronnen, die gedocumenteerd zijn (tabellen in bijlage 2). De tweede trap was de uitwerking van 14 onderwerpen in zogenaamde fiches (zie bijlage 1 en 3), met meer bronnen en duidelijke bronvermelding. De laatste trap was middels individuele en groeps gesprekken en aanvullende desk-research, het verfijnen en duiden van de verzamelde informatie. De hiernavolgende samenvatting is daarom niet 1-op-1 af te leiden uit de verschillende bijlagen en heeft zodoende geen specifieke bronvermelding.*

Binnen het domein **Economie** zijn de volgende onderwerpen het meest urgent of interessant:

- Schaarste grondstoffen
- Productiecapaciteit oplaadbare batterijen
- Supply Chain in Nederland
- Energy-as-a-Service
- Werkgelegenheid

#### 3.1 Schaarste grondstoffen

De vraag naar grotere, oplaadbare batterijsystemen neemt wereldwijd sterk toe. De verkoop van elektrische auto's stijgt naar schatting van circa 5 mln in 2018 naar 60 mln in 2040. Daarnaast wordt een sterke groei van opslag in het elektriciteitsnetwerk verwacht. De Lithium-ion-batterij is en blijft dominant. De vraag naar lithium en kobalt stijgt naar verwachting met een factor 3 tussen 2017 en 2025. Meer dan 50% van het kobalt wordt gewonnen in Congo. China controleert overgrote deel van de grondstoffenstroom. De wereldwijde vraag naar oplaadbare batterijen neemt sneller toe dan de toename van de winning van grondstoffen. Hierdoor ontstaan op termijn van 10 jaar (Kobalt) tot 30 jaar (Lithium) tekorten. Producenten beïnvloeden bovendien de beschikbaarheid, waardoor grote prijsfluctuaties zijn opgetreden in het afgelopen jaar.

Aangezien Nederland geen eigen mijnbouw heeft voor grondstoffen én geen eigen batterijenproductie, is de industrie volledig afhankelijk van toelevering uit andere – vaak niet-democratische – landen.

Verwacht wordt dat richting 2025 voor Li-ion batterijen steeds vaker kathodes worden gebruiken die minder afhankelijk zijn van kobalt. In combinatie met andere ontwikkelingen (bijv. de beschikbaarheid van silicium-grafiet voor anode-technologie) zal dit leiden tot een toename van de energiedichtheid en een afname van de kosten.

In Nederland zijn er diverse initiatieven voor ontwikkeling van batterijen bestaande uit alternatieve materialen (ijzer- en koper-fluorides of silicium) en recycling. Bij TNO en de technische universiteiten van Delft, Eindhoven en Twente wordt onder andere onderzoek gedaan naar 1. nano-coatings voor het minimaliseren van gebruik van schaarse grondstoffen en 2. alternatieve materialen die ruimer voorhanden zijn. Een aantal start-ups en nieuwe bedrijven (zoals Spiers) werkt aan het terugwinnen van schaarse materialen uit afgedankte oplaadbare batterijen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Elektrisch vervoer: stagnatie groei e-mobiliteit door tekort batterijen.
- Energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie groei energieopslag door tekort batterijen.
- Elektrisch vervoer en energietransitie gebouwde omgeving: vertraging transitie door kostenstijging.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: marktrijpe alternatieve batterijconcepten en -materialen.
- Circulaire economie: schaarse grondstoffen winnen uit afval.
- Circulaire economie: reparatie en hergebruik van batterijen.

### 3.2 Productiecapaciteit oplaadbare batterijen

Nederland heeft momenteel geen productiefaciliteiten voor oplaadbare batterijen; specifiek Lithium-Ion-batterijen. Productie van oplaadbare batterijen is geconcentreerd in Azië en VS. Productie van cellen en batterijsystemen wordt gedomineerd door Chinese fabrikanten (meer dan 60% van de wereldmarkt) en verzesvoudigt de productiecapaciteit tussen 2016 en 2020.

In Europa zijn er plannen voor tien giga-fabrieken, voornamelijk voor de auto-industrie in Duitsland en Frankrijk. Focus ligt op Lithium-Ion-technologie. De European Battery Alliance streeft naar onafhankelijkheid van Europa en heeft een actie-agenda ontwikkeld. Deze en andere parallelle ontwikkelingen kunnen een dreigend tekort aan productiecapaciteit afwenden. Denk aan alternatieve batterijconcepten, gebruik van nieuwe materialen en intensiveren van reparatie en hergebruik.

Er ontstaat de komende jaren overcapaciteit in fabrieken voor productie van Lithium-Ion-batterijen. Echter, door de explosieve stijging in het gebruik van elektrische voertuigen en opslagsystemen in het elektriciteitsnetwerk, wordt er nog voor 2030 een tekort verwacht. Dit heeft invloed op de prijs (omhoog) en de beschikbaarheid (omlaag) van oplaadbare batterijen en daarmee op het behalen van doelstellingen voor o.a. elektrische automobilitieit (CO<sub>2</sub>-reductie, schone lucht) en de energietransitie in de gebouwde omgeving (balanceren van het netwerk).

De belangrijkste bedreiging voor het behalen van doelstellingen op het gebied elektro-mobiliteit en de energietransitie is een beperkte beschikbaarheid van batterijen, waardoor er een wachtlijst ontstaat voor de aanschaf van bijvoorbeeld een elektrisch auto. Dit heeft een negatieve invloed op het behalen van doelstellingen rond elektrificatie van het wagenpark (uitsluitend verkoop emissievrije nieuwe auto's in 2030). Schaarste kan ook leiden tot duurdere grondstoffen en dus duurdere oplaadbare batterijen, dat impact heeft op het tempo van de energietransitie.

Kansen doen zich voor in de wetenschap en het toegepast onderzoek, bij start-ups en in de circulaire economie. Binnen Nederlandse kennisinstellingen wordt onderzoek gedaan naar nieuwe batterijconcepten, die mogelijk kunnen leiden tot nieuwe bedrijvigheid in Nederland. Diverse bedrijven ontwikkelen alternatieve elektrolyten, coatings voor anodes en batterij-concepten (zoals Elestor, Exergy, Aqua Battery, E-Stone Batteries, LeydenJar, RGS en DSM).

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Elektrisch vervoer: stagnatie groei e-mobiliteit door tekort batterijen.
- Energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie groei energieopslag door tekort batterijen.
- Internationale betrekkingen: afhankelijk van landen met ondemocratische regimes.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: export kennis 'slimme' fabrieken (goedkoper produceren).
- Circulaire economie: reparatie en hergebruik van batterijen.
- Werkgelegenheid: ontwikkeling NL-productie o.b.v. nieuwe technologie.

### 3.3 Supply chain in Nederland

De batterijketen is lang en complex. De winning van grondstoffen vindt vooral plaats buiten Europa, waarbij China de grootste grondstoffenstroom in handen heeft. De productie van cellen, modules en batterijen wordt vooral gedomineerd door China. De achterkant van de keten (hergebruik en recycling) is in ontwikkeling.

Voor het halen van Nederlandse beleidsdoelen zijn er risico's in afhankelijkheid van toelevering van voldoende batterijen (bijvoorbeeld voor de auto en energie-opslag). Verder is een risico dat wetenschappelijke en toegepaste kennis onvoldoende wordt omgezet in succesvolle bedrijven.

Kansen liggen er op vlak van innovatie, nieuwe bedrijvigheid en werkgelegenheid. Rond productietechnologie heeft Nederland veel kennis op het gebied van 'smart manufacturing' en industriële automatisering; slim produceren in de maakindustrie. In de gebruiksfase (opladen en ontladen) is het Nederlandse bedrijvencluster rond laadinfrastructuur wereldspeler. De Rijksoverheid heeft voor EV een Nationale Agenda Laadinfrastructuur (NAL) ontwikkeld met verschillende stakeholders, met acties voor betrokken partijen inclusief de overheid. De Rijksoverheid investeert onder andere in pilot-projecten voor slimme laadpleinen. Er zijn veel innovaties en er is toenemende export van kennis en producten. Nederland is verder sterk in productie van onderdelen voor de auto-industrie, alternatieve materialen, nieuwe batterijconcepten, batterij-managementsystemen, hergebruik en recycling. Elestor ontwikkelt een redox-flow-batterij op basis van waterstof en broom, die gemakkelijk schaalbaar is en ook voor langere termijn opslag geschikt is. De high-tech start-up LeydenJar ontwikkelt batterijmaterialen. Tot slot is Nederland is koploper in de ontwikkeling van circulaire businessmodellen; deze positie kan te gelde worden gemaakt door het ontwikkelen van secundaire mijnbouw (grondstoffen terugwinnen uit afgedankte batterijen) en hergebruik van batterijen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Economische veiligheid: afhankelijk van derden voor succes bedrijven.
- Economische veiligheid: NL afhankelijk van succes European Battery Alliance.
- R&D en innovatie: onvoldoende investeringen.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: batterijenmarkt wordt naar verwachting factor 100 groter.
- R&D en innovatie: groei in segmenten waar NL sterk in is.
- Werkgelegenheid: nieuwe start-ups en scale-ups.

### 3.4 Energy-as-a-Service

In 2050 zal grootste deel van de energievraag uit elektriciteit bestaan. Vraagt (forse) aanpassing van het elektriciteitsnet. De oplaadbare batterij wordt ingezet voor opslag van surplus aan (zonne-)energie en leveren bij piekbelasting. Buffercapaciteit wordt een commerciële dienst (Service); de consument is producent en leverancier. In het huidige elektriciteit netwerk wordt energie centraal opgewekt in grote elektriciteitscentrales en volgens verspreid naar steden – wijken – bedrijven en woningen.

In toenemende mate wordt energie decentraal en op kleinere schaal opgewekt, bijvoorbeeld met kleinschalige windparken, zonnepanelen op daken en warmtekrachtkoppeling. Vanwege de intermitterende aard van wind/zonne-energie, is het voor netbeheerders lastig om vraag en aanbod in het net in balans te houden. Smart-grid technologieën bieden een uitkomst door op een slimme manier vraag en aanbod met elkaar af te stemmen. Geavanceerde diensten om het real-time aanbod en vraag in op een gedecentraliseerde manier te balanceren, worden essentieel.

De ontwikkeling van deeleconomie-concepten, zoals energy-as-a-service, leidt tot gezamenlijk gebruik van (buurt-)batterijen, auto's als onderdeel van het elektriciteitsnetwerk (vehicle-to-grid) en lease van opslagcapaciteit. Dit is een nieuw terrein waarin nog veel onderzocht en ontwikkeld wordt. De ontwikkelingen gaan snel en Nederland lijkt actief een rol te willen (en kunnen) spelen in dit domein. Een bedreiging ligt de terughoudendheid van banken om te investeren in nieuwe businessmodellen. De kansen liggen in het voorkomen van forse investeringen in het elektriciteits-netwerk en het flexibeler en robuuster maken van het net. Batterijen gaan langer mee, door slimmer opladen en ontladen, wat de druk op schaarste enigszins kan verlichten. De Nederlandse leveranciers van batterijmanagement-systemen lopen reeds voorop in de wereld en kunnen deze positie verstevigen.

Het inzetten van in-gebruik-zijnde batterijen biedt perspectieven. Bij het zogenoemde vehicle-to-grid (V2G) functioneert de batterij van een elektrisch voertuig (tijdelijk) als buffercapaciteit in het netwerk om zo (lokale) piekbelastingen in het netwerk op te kunnen vangen. Deze buffercapaciteit kan enerzijds ingezet worden om stroom naar andere voertuigen te sturen (in het lokale netwerk) die eerder opgeladen moeten zijn; anderzijds kan deze buffercapaciteit benut worden om een overschot aan energie op te slaan als er meer energie wordt opgewekt dan wordt gevraagd (zon overdag, wind 's nachts) en deze op een later moment wordt terug geleverd. De slimme inzet van deze voertuigen voor het energienet zal daarnaast niet alleen de economische opbrengst per batterij laten toenemen, het kan ook de benodigde investeringen voor het elektriciteitsnet verminderen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: marktpartijen NL missen de boot.
- R&D en innovatie: banken zijn terughoudend met steun aan nieuwe businessmodellen.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: NL loopt voorop; recent 5 mln euro voor slimme laadpleinen.
- Elektriciteitsvoorziening: elektriciteitsnet wordt robuuster.
- Digitale economie: NL loopt voorop.
- Circulaire economie: verlengen levensduur batterij, door slimmer laden en ontladen.

### 3.5 Werkgelegenheid

Veel arbeidsplaatsen in Nederland zijn sterk afhankelijk van de vitaliteit van de Duitse industrie, met name de automotive. Banen zijn er vooral in productie en handel van onderdelen, onderhoud en reparatie, laadtechnologie en BMS-software. Banen veranderen of verdwijnen: van fossiele brandstoftechnologie naar elektromobiliteit. Ontwikkelingen in de energiesector leidt tot nieuwe banen rond productie, montage en onderhoud van opslag- en laadinfrastructuur en ICT. Dit vraagt aanpassingsvermogen van onderwijs en bedrijfsleven. Voorspellingen van het potentieel aantal nieuwe banen variëren van enkele duizenden tot tienduizenden.

Het ontstaan van Lithium-Ion-celproductie in Europa zal volgens een Duitse studie 1.000 tot 1.300 nieuwe directe banen opleveren per 13 GWh/jaar-fabriek. Meer dan 3.000 indirecte banen kunnen worden gecreëerd in de onmiddellijke nabijheid van de cel-producerende fabriek voor leveranciers, onderaannemers, logistiek, machinebouw, bouw en automatiseringsbedrijven.

De Energy-as-a-Service-markt biedt kansen voor leveranciers, distributienetwerkbeheerders en innovatieve ondernemingen die nieuwe niche-technologie, financierings-of aanbestedingsoplossingen ontwikkelen. Er wordt ook voorspeld dat een sterke groei van het aantal elektrische auto's nadelige gevolgen heeft voor onderhoudsbedrijven; een dergelijk voertuig heeft slechts 10% van het aantal onderdelen van een fossiele-brandstof-auto en vraagt veel minder onderhoud.

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: verlies van banen bij toeleveranciers fossiele brandstofauto-industrie.
- Internationaal: afname vitaliteit van Duitse industrie.

Kansen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: toename banen in elektromobiliteit en energienetwerken.
- Werkgelegenheid: toename banen in onderhoud / elektrificatie binnenvaart en kustvaart.
- R&D en innovatie: onderzoeksplaatsen en start-ups op materialen, batterijconcepten en ICT.

Twee onderwerpen vragen aandacht in het domein **Sociaal**:

- Imago
- Aanwas gekwalificeerde medewerkers

### 3.6 Aanwas gekwalificeerde medewerkers

De elektrificatie van mobiliteit en energievoorziening leidt tot nieuwe bedrijvigheid in hard- en software, nieuwe specialisaties, vaardigheden, kennis en daarmee nieuwe banen. Onderhoud van elektrische voertuigen vraagt bijscholing op werken met hoge voltages. Reparatie van oplaadbare batterijen is relatief een jong vakgebied met nieuwe kennis en skills. Beheer van data uit batterijen staat in de kinderschoenen. Snelle ontwikkelingen vragen aanpassingsvermogen van het onderwijs (MBO, HBO, WO). Betrokkenheid ministerie van OC&W, Techniek Nederland en Techniekpact van belang.

Kansen liggen op het gebied van onderwijs en innovatie. Diverse onderwijs- en kennisinstellingen spelen in op de ontwikkelingen. Binnen de Topsectoren zijn Human Capital Agenda's opgesteld en concrete acties in gang gezet. Rond elektro-mobiliteit hebben diverse hogescholen hun curricula in het afgelopen decennium stapsgewijs aangepast. Een bedreiging voor het halen van beleidsdoelen rond innovatie en werkgelegenheid is de beperkte vernieuwing van MBO-onderwijs. Daar wordt de vraag groot

(bijvoorbeeld onderhoud elektrische voertuigen en opslagsystemen in elektriciteitsnetwerken, de recycling-sector en data-science), maar zijn de ontwikkelingen vooralsnog beperkt.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: tekort aan geschikte medewerkers voor nieuwe banen.
- R&D en innovatie: vertrek jonge afgestudeerden naar buitenland.
- R&D en innovatie: onvoldoende onderzoekers om kennis op peil te houden.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- Werkgelegenheid: creëren van nieuwe specialismes.
- R&D en innovatie: start-ups en scale-ups.
- Digitale economie: NL loopt voorop.

### 3.7 Imago

Een kritische houding van gebruikers t.o.v. batterijen betreft in eerste instantie de snelheid van het laden en de actieradius. Ook is het publiek nog niet volledig overtuigd dat elektrisch vervoer (over de hele levenscyclus) duurzamer is dan fossiele brandstof of waterstof.

Ander aandachtspunt is het ontbranden van batterijen. De affaire met de Galaxy Note 7 leidde kortstondig tot groter veiligheidsbewustzijn, maar heeft weinig invloed gehad op aanschaf van producten met Lithium-Ion-batterijen. Van recenter datum is het ontbranden van fiets-accu's in opslagplaatsen, het ontbranden van batterijen op de weg bij Tesla en BMW en afvalbranden veroorzaakt door afgedankte batterijen.

Imagoschade kan ook ontstaan uit bewustzijn over de omstandigheden waarin de grondstoffen gewonnen worden. Beperkingen aan het vervoer van e-bikes en laptops in vliegtuigen of aan elektrische auto's in parkeergarages kan bijdragen aan weerstand.

Er is weinig bekend over de mogelijke impact van imago op het gedrag van consumenten specifiek voor batterijen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Elektrisch vervoer: stagnatie groei e-mobiliteit.
- Energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie groei energieopslag in huis.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- Elektrisch vervoer: versnelde groei e-mobility; schoon, goedkoper en stil.
- Energietransitie gebouwde omgeving: groei opslag in huis; voordelen groter dan risico's.



In het domein van **Technologie** is veel activiteit. We onderscheiden:

- Nieuwe generatie batterijen
- De rol van data
- Straling

### 3.8 De rol van data

De batterijcel wordt bestuurd door een Battery Management System (BMS). Deze verzamelt data tijdens gebruik. Belangrijk voor veiligheid, kwaliteit, onderhoud, reparatie en hergebruik. Data zijn nodig voor o.a. R&D en innovatie, optimaal laden en ontladen, voorkomen van oververhitting, balanceren van het elektriciteitsnetwerk, ontwikkelen van energie-diensten en recycling (materiaalpaspoort en conditie van de batterij). Recht op toegang tot het BMS wisselt per producent.

Kansen voor toegevoegde waarde kunnen gecreëerd worden met ontwikkeling van diensten, gebaseerd op informatie uit het batterijmanagementsysteem.

Huidige BMS-systemen zijn nog relatief simpel ontworpen. In de toekomst zal er behoefte ontstaan om veel complexere BMS-systemen te ontwikkelen met embedded software en een veelvoud aan sensoren, zodat er veel beter gereageerd kan worden op veranderingen in individuele batterijcellen binnen een batterijpakket. Nu kan 1 mindere batterijcel de levensduur van een volledig batterijpakket dramatisch beperken. Producenten van batterij-systemen hebben echter niet altijd toegang tot of controle over de data. Met als risico's afhankelijkheid, beperkte mogelijkheden voor ontwikkeling van data-diensten of verbetering van de performance van batterijen.

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Cyber security: hacking BMS van batterijen, met verstoring energienetwerk als gevolg.
- R&D en innovatie: geen toegang tot BMS.
- Veiligheid: BMS heeft invloed op ontbranden.

Kansen voor beleidsdoelen

- Elektriciteitsvoorziening: efficiënter gebruik van elektriciteitsnet.
- Circulaire economie: hergebruik op basis van data over conditie van cellen.
- Innovatie en werkgelegenheid: start-ups en scale-ups digitale diensten.

### 3.9 Straling

Batterijen zenden elektromagnetische (EM) straling uit. Dit heeft mogelijk effect op de gezondheid van mensen en kan tot interferentie met andere apparaten leiden. Sterke EM-straling kan leiden tot gezondheidsklachten, zoals duizeligheid, het zien van lichtflitsen of zenuwpijn. Er zijn maximale stralingslimieten vastgesteld waar apparaten aan moeten voldoen om te voorkomen dat er gezondheidsklachten ontstaan.

Momenteel is er aandacht voor straling in elektrische auto's. In gebouwde omgeving wordt aandacht voor straling van belang, bij het toenemend gebruik van energie-opslagsystemen met oplaadbare batterijen.

Het is niet bekend wat het lange-termijn-effect van EM-straling op de gezondheid is. Volgens het RIVM: "Lange-termijn gezondheidseffecten worden niet goed begrepen. Onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten op lange termijn van (langdurige) blootstelling aan EM-straling onder de blootstellingslimieten is nog gaande. Er is nog geen bewijs voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequent elektromagnetisch veld van mobiele telefoons en het optreden van kanker

in het hoofd. Er is voortdurend onderzoek gedaan naar mogelijke niet-specifieke gezondheidseffecten zoals vermoeidheid, concentratieverlies, slaapstoornissen, hoofdpijn en 'elektrohypersensitiviteit'. Er is echter geen oorzakelijk verband met blootstelling aan EMV-straling vastgesteld. <sup>18,3</sup>

Er loopt NL-onderzoek naar effect EM-straling op gezondheid, gecoördineerd door Kennisplatform 'ElectroMagnetische Velden'. Er wordt onderzoek gedaan aan de faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht, het Erasmus MC en TU Eindhoven. Twee nieuwe leerstoelen zijn toegekend in het ZonMW-onderzoeksprogramma *Elektromagnetische velden (EMV) & Gezondheid*: een biologische en een technische leerstoel parttime bekleed door drie hoogleraren. Doel is een academisch platform te creëren voor multidisciplinair onderzoek naar gezondheidseffecten van EMV.

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Gezondheid: gebrek aan kennis over lange-termijn-effect.
- Elektrisch vervoer en energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie door angst voor batterijen.

Kansen voor beleidsdoelen

- Niet van toepassing

### 3.10 Nieuwe generatie batterijen

Momenteel zijn de belangrijkste toepassingen van batterijen 'mobiliteit', 'draagbare elektronica' en 'stationaire energieopslag'. Om in te kunnen spelen op specifieke uitdagingen (energiedichtheid, kosten, veiligheid), wordt mondiaal geïnvesteerd in het ontwikkelen van nieuwe technologie. In Europa wordt de innovatie-agenda voornamelijk bepaald door de European Battery Alliance. Ook is er een Europese samenwerking in het Battery2030+ programma voor nieuwe generatie batterijen. Nederland is nog geen partner. Andere industriële / onderzoeksorganisaties die intensief op batterijen werken zijn: RECHARGE (Advanced rechargeable batteries association), EUROBAT (European association of automotive and industrial batteries manufacturers), EASE (European Association for Storage of Energy) en EERA (European Energy Research Alliance) en ETIP Batteries Europe.

In Europa is er veel aandacht voor (het stimuleren van) onderzoek en innovatie (R&D). De focus in Europa ligt op nieuwe technologieën als de solid-state batterij, waterig elektrolyt, betere Lithium-Ion-batterijen, duurzame winning van grondstoffen en recycling. Doel van Europa is een leidende positie te ontwikkelen op duurzame batterijtechnologie. Wereldwijd wordt momenteel veel geïnvesteerd in de verbetering van de Lithium-Ion-batterij: energiedichtheid, laadsnelheid, kosten, veiligheid en (voor e-mobiliteit) bereik. Alternatieve materialen worden gezocht voor kobalt. Nieuwe technologieën en batterij-concepten zijn vaste-stof-batterij, waterig elektrolyt, silicium anodes, flow-batterij, aluminiumbatterij, zout-batterij, ijzerfosfaat en lithium-air-batterijen.

In Nederland vooraanstaand onderzoek bij TNO en in Delft, Eindhoven en Twente, echter met relatief beperkte omvang. Focus op alternatieve materialen, nieuwe batterij-concepten, datamanagement, laainfrastructuur. Kennis van circulair ontwerpen kan ingezet worden voor het verlengen van de gebruiksduur van oplaadbare batterijen.

Bedreiging voor het halen van beleidsdoelen worden gezien in het laat actief betrokken raken in de European Battery Alliance, te weinig investeringen in (wetenschappelijk en toegepast) onderzoek en onvoldoende valorisatie van kennis, waardoor te weinig impact en onafhankelijkheid van derde landen. Kansen zijn er in economisch opzicht: in Europa worden grote budgetten gecreëerd voor onderzoek en

business development. In Nederland wordt gesproken over het benoemen van ‘batterijen’ als een sleuteltechnologie, waardoor er potentieel meer middelen beschikbaar komen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: weinig massa onderzoek, beperkte impact, geen aansluiting bij CSA Battery2030+, CSA, IPCEI.
- Elektrisch vervoer en energietransitie gebouwde omgeving: stagnatie door te weinig valorisatie.
- Internationaal: aansluiting missen European Battery Alliance.

#### Kansen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: batterijen als sleuteltechnologie.
- Digitale economie: data-science geeft NL competitief voordeel.
- Werkgelegenheid: start-ups en scale-ups

Rond **milieu en duurzaamheid** is een aantal onderwerpen relevant voor de Rijksoverheid:

- Ontbranden & explosies
- Inzameling van afgedankte (grotere) oplaadbare batterijen
- Hergebruik in dezelfde toepassing
- Hergebruik voor energie-opslag

### 3.11 Ontbranden & explosies

Lithium-Ion-batterijen kunnen oververhit raken en in brand vliegen. Vaak tijdens opladen, door niet-originele laders, het overladen, vallen, productiefouten of door beschadiging (bijvoorbeeld bij demontage of afvalverwerking). Dit geldt voor zowel kleine oplaadbare batterijen als battery-packs (fietsen, elektrische auto's, energieopslagsystemen). Ondeugdelijk gebruik en verstoring van het batterij-managementsysteem zijn de belangrijkste oorzaken. Het eerste vraagt meer bewustzijn bij de gebruiker, het tweede continue verbetering van software.

Volgens de brandweer komt brand en explosies in mobiliteit, waar Lithium-Ion-batterijen bij zijn betrokken, zelden voor (1 op 1 miljoen batterijen). Echter, door de snelle groei van het gebruik van oplaadbare batterijen neemt de kans op een calamiteit toe. In Nederland is het aantal incidenten minimaal vervijfvoudigd tussen 2011 en 2018. Brandweer en adviseurs intensiveren onderzoek en voorlichting. Een voorbeeld van een onderzoeksfaciliteit op dit onderwerp is de Twente Safety Campus.

Bij brand ontstaan steekvlammen en komen giftige gassen vrij. Blussen vraagt een speciale aanpak. Zo wordt een elektrische auto ondergedompeld in een grote bak met water, om de accu te koelen.

#### Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Veiligheid: Li-Ion-batterijen worden krachtiger; vergroot de impact van brand.
- Circulaire economie: toenemend gevaar bij inzameling en opslag afgedankte batterijen.
- Circulaire economie: toenemend gevaar bij ondeugdelijk refurbishment.

#### Kansen

- R&D en innovatie: nieuwe batterij-concepten: waterig of vaste-stof elektrolyt.
- R&D en innovatie: lithium wordt op termijn vervangen.
- Veiligheid: richtlijnen in ontwikkeling, veiligheidsmaatregelen getroffen.

### 3.12 Inzameling

Vanwege de schaarste van grondstoffen, milieubelasting en mogelijke toekomstige tekorten aan oplaadbare batterijen is hergebruik van belang. Inzameling van oplaadbare batterijen heeft twee doelen: terugwinnen van kostbare materialen (zoals kobalt) en gecontroleerde opslag en verwerking om brand en explosies te voorkomen. Daarom moet worden voorkomen dat afgedankte batterijen (met name van fietsen, steps, ed.) in het huishoudelijk afval komen (met tevens kans op toxische vervuiling) of door particulieren ondeugdelijk bewaard worden in schuurtjes of op zolder.

Als de inzameling stagneert op de huidige circa 50% is er een risico dat batterijen in de reguliere afvalstroom komen, wat kan leiden tot milieuschade en veiligheidsrisico's.

Een Lithium-Ion-batterijpakket (voor elektrische auto's) is een complex systeem en bevat in veel gevallen meer dan 100 afzonderlijke cellen. In een Tesla zitten circa 5.000 cellen. Binnen de cellen is de chemische samenstelling van de actieve materialen - met name de kathode - verschillend per fabrikant en batterijfunctie. Dit maakt hergebruik complex. Een Lithium-Ion-batterij kan bij ondeskundige behandeling in brand vliegen. Dat vraagt extra maatregelen bij demontage en reparatie. Dit maakt dat de kosten van ontmanteling flink hoger zijn dan dat de restmaterialen nu opbrengen.

Een aandachtspunt is niet-reguliere inzameling voor export van afgedankte batterijen naar het buitenland. Opgeknapte batterijen kunnen terugkomen in de tweedehands markt, zonder duidelijke garantie op kwaliteit en veiligheid.

Autofabrikanten en -importeurs zijn verplicht om de aandrijfbatterijen en startaccu's van elektrische auto's na gebruik terug te nemen. Auto-Recycling Nederland (ARN) organiseert inzameling. Voor fietsaccu's organiseert Stibat inleverpunten, ophalen, sortering en recycling. 45% van fietsaccu's in ingezameld in 2018. Van overige oplaadbare batterijen percentage niet bekend. Opslag van elke soort oplaadbare batterij vraagt aandacht; er zijn nog geen richtlijnen voor brandveiligheid.

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Veiligheid: brandveiligheid opslag afgedankte batterijen.
- 50% niet ingezameld, kan leiden tot milieuschade en veiligheidsrisico's
- Internationaal: verdwijnen van batterijen uit de afvalketen door export.

Kansen voor beleidsdoelen

- Circulaire economie: bron van schaarse grondstoffen.
- Circulaire economie: verminderen vervuiling huishoudelijk afvalstroom.

### 3.13 Hergebruik in dezelfde toepassing

Vanwege de schaarste van grondstoffen, milieubelasting en mogelijke toekomstige tekorten aan batterijen is hergebruik van belang. Dit vraagt in de ontwerpfase aandacht voor circulair ontwerpen, slim onderhoud en mogelijkheid tot reparatie. Tijdens het gebruik en bij afdanken is het bepalen van de conditie van de batterij van belang; dit vraagt toegang tot het BMS.

Nederland kent een aantal organisaties dat zich specialiseert in het opknappen van kapotte batterijen (vervangen van een aantal cellen of het batterij-managementsysteem upgraden). Nederlandse bedrijven die zich hiermee bezighouden zijn oa: EK ACCU, Time Shift Energy Storage, Scholt Energy, VDL, Alfen en Peter Ursem. Het bedrijf Spiers New Technologies (SNT) is in november in Ede gestart en biedt diensten aan om batterijen her te gebruiken. Het bedrijf verwacht 1.000-1.500 aandrijf-batterijen uit Nederland en

omringende landen te verwerken in 2019. Risico's zijn er bij ondeugdelijke refurbishment. Van de buitenkant is niet te zien hoe de conditie van de cellen is. Certificering is er nog niet.

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- R&D en innovatie: nog weinig data over prestaties van 2<sup>e</sup> hands batterijen.

Kansen voor beleidsdoelen

- Digitale economie: data geven inzicht in conditie batterij. NL sterk in BMS.
- Circulaire economie: NL is voorloper in circulaire economie.
- Werkgelegenheid: ontwikkelen van nieuw bedrijvencoluster.

### 3.14 Hergebruik voor energie-opslag

Tot slot bieden cross-over toepassingen mogelijkheden voor verlenging van de gebruiksduur van batterijen. Dit bespaart grondstoffen en kosten. Batterijen uit de elektromobiliteit met onvoldoende capaciteit (bijvoorbeeld minder dan 80%) kunnen mogelijk ingezet worden als opslagmedium bij zonne- en windparken. Of als home-battery. Niet ieder type batterij is even geschikt. Van belang om de conditie van gebruikte batterijen te kunnen bepalen; dat vraagt toegang tot het BMS.

De verwachting is dat in 2050 het grootste deel van de energievraag uit elektriciteit bestaat, waarvan een toenemend gedeelte duurzaam wordt opgewekt. Om de toenemende vraag naar elektriciteit en het aanbod aan duurzaam opgewekte elektriciteit aan te kunnen, is uitbreiding van het elektriciteitsnet vereist. Pieken in de elektriciteitsvraag en aanbod versterken deze uitdaging. Afdankte batterijen uit elektro-mobiliteit bieden een mogelijkheid om buffercapaciteit te creëren in het elektriciteitsnetwerk.

Er bestaan echter veel verschillende soorten batterijen, met ieder eigen karakteristieken en voor- en nadelen. Dit is mede afhankelijk van het ontwerp en de materiaalkeuze van de batterij. Rondom de verschillende types en zelfs materialen zijn eigen batterijketens gevormd. Wanneer toepassingsdomeinen met dezelfde vereisten worden gelinkt, geeft dit mogelijkheden tot hergebruik van oplaadbare batterijen en de ontwikkeling van nieuwe toepassingen (buurt-batterij, thuis-batterij).

Bedreigingen voor beleidsdoelen

- Veiligheid: nieuw domein, weinig ervaring.
- Veiligheid: nog geen kwaliteitseisen second-life systemen.

Kansen

- Circulaire economie: nieuwe EU-batterijrichtlijn.
- Digitale economie: nieuwe diensten, zoals leasing opslagcapaciteit.
- Circulaire economie: verlengen levensduur batterij.

## 4 Verantwoording keuzes

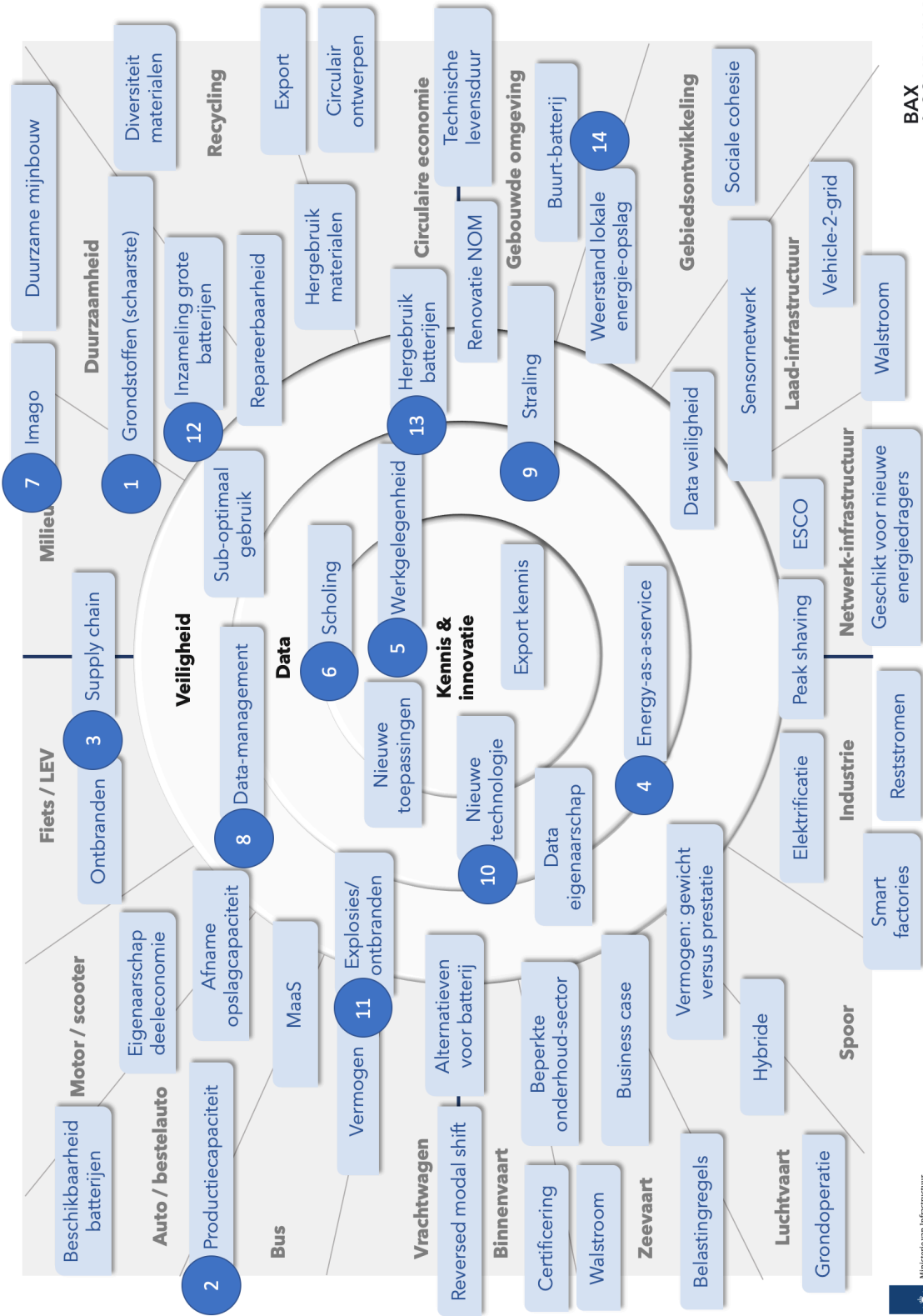
De gebundelde informatie is een momentopname. Het landschap van batterijen is volop in beweging. Deze rapportage kan worden benut voor dialoog, samenwerking en nader onderzoek van specifieke onderwerpen.

Er zijn verschillende keuzes gemaakt tijdens dit project. Hier volgt een verantwoording en toelichting.

1. De eerste visualisatie met mogelijk beleidsrelevante ontwikkelingen in het veld (de 'onderwerpen') gaf een goede weergave van wat er speelt in de wereld van batterijen (long list). De veelheid en verscheidenheid maakte het lastig om een keuze te kunnen maken van de meest beleidsrelevante onderwerpen.
2. De long list van onderwerpen is daarom geclusterd met behulp van de *PESTLE*-methode: *Political, Economical, Social, Technological, Legal* en *Environmental*. Dit heeft geresulteerd in een segmentatie van onderwerpen, die onderling vergelijkbaar waren. Daarmee werd het mogelijk een evenwichtige keuze te maken van onderwerpen voor de short-list. Overigens is tijdens de analyse ervoor gekozen om de clusters *Legal* en *Political* achterwege te laten, aangezien de onderwerpen veelal over instrumentarium en beleidsuitvoering gingen. De opdracht was immers nadrukkelijk om een landkaart van de situatie in de samenleving ('buiten') te maken, om pas daarna te bepalen welke aanvullende publieke interventies eventueel wenselijk zijn.
3. Veertien onderwerpen (short list) zijn verder uitgewerkt. Ze zijn geselecteerd op basis van de volgende criteria:
  1. De Rijksoverheid kan invloed uitoefenen op het onderwerp.
  2. Het onderwerp staat op zichzelf en is geen deelonderwerp van een groter onderwerp.
  3. Er zijn voldoende aanknopingspunten gevonden voor verdere verdieping.Van de afgefallen onderwerpen is toegelicht waarom ze niet voldeden aan bovenstaande criteria. Elk onderwerp is daarna uitgewerkt en beschreven in een 'fiche' met een introductie, trends en ontwikkelingen, problemen, risico's, kansen en bronnen.
4. De belangrijkste informatie uit de fiches is samengevat in een *infographic*, zodat de informatie laagdrempelig gedeeld kan worden binnen overheden, met kennisinstellingen, belangenorganisaties en private partijen.

# Bijlage 1 Landschap

## Landschap thema's en aandachtspunten batterijen



## Bijlage 2 Uitwerking van de groslijst onderwerpen

*Onderstaande resultaten zijn de uitkomst van de eerste stap in het proces. In eerste instantie is breed verkend, met een beperkt aantal onderliggende bronnen, die gedocumenteerd zijn.*



PESTEL-analyse Batterijen		Economie				Battery value chain												Domeinen																		
Categorie	Thema's / Issues	Omschrijving	Toelichting indien afgevallen	Risico's	Kansen	Equipment manufacturing	Raw materials	Cell component production	Battery cell manufacturing	Battery system components	Battery system manufacturing	System integration	Use, operation / application (service)	Re-use and recycling	Fiets	Motor / scooter	Auto	Bus	Vrachtwagen	Binnenvaart	Zeevaart	Luchtvaart	Spoor	Industrie	Gebouwde omgeving	Netwerk-infrastructuur	Data-infrastructuur	Gebiedsontwikkeling	Leefomgeving	Circulaire economie	Recycling	Duurzaamheid	Milieu			
1	Schaarste grondstoffen	De materialen en metalen in batterijen zijn schaars (koper, nikkel, lithium, kobalt). De vraag naar deze grondstoffen groeit exponentieel. Een groot deel wordt gedolven in mijnen. Deze industrie kampt met een tekort aan investeringen. Er wordt verwacht dat er tekorten gaan ontstaan.  De productie van batterijen wordt vooral gedomineerd door Aziatische spelers waaronder China. Deze landen onderhouden ook de grondstofstromen vanuit Australië, Afrika en Zuid-Amerika.		Door het ongelijk batterijenveld (Azië beheerst de grondstofstromen voor 50%) worden veel landen afhankelijk. Geen toegang meer hebben tot voldoende grondstoffen of er een hoge prijs voor moeten betalen.  Het delven van grondstoffen in mijnen wordt vaak gedaan in slechte arbeidsomstandigheden. De grote vraag naar grondstoffen stimuleert dit.  Beleidsdoelstellingen niet halen (20% EV in 2030).	Innovatie batterijtechnologieën op basis van nieuwe materialen waarbij schaarste geen issue is.  Gebruik nikkel in plaats van cobalt voor EV batterijen. Volgens Elon Musk (Tesla) heeft nikkel een beter effect op de economie, volksgezondheid en milieu.  'Urban Mining' en recycling van (lithium) batterijen kan (voor een gedeelte) afhankelijkheid en prijsstijging voorkomen. Het Koreaanse bedrijf <i>SungEel HiTech</i> is in staat om 8000 ton lithium te recyclen in de volgende materialen: 830 ton lithium fosfaat, 1000 ton cobalt en 600 ton nikkel.  Drie oplossingen voor het grondstoffenprobleem (volgens BZK): 1) innovatie, 2) internationale samenwerking en 3) effectievere omgang met onze grondstoffen.																															
2	Productiecapaciteit EV-batterijen	Er is een wereldwijde toename in batterijfabrikanten voor EV. Steeds meer fabrieken worden gebouwd en geopend. BCG voorspeld dat de productiecapaciteit harder zal groeien dan de vraag, wat zal leiden tot een overschot van 40% in 2021.		Het overschot aan productiecapaciteit leidt tot een significante daling in de prijs voor EV batterijen (>50% in 10 jaar). Dit brengt batterijproducenten in een moeilijke positie. 40% van de wereldwijde productiecapaciteit in 2021 zal niet worden gebruikt. Voor China is dit zelfs geschat op 60%. Batterijfabrieken komen leeg te staan. Nieuwe batterijfabrieken worden gebouwd voor de huidige batterijtechnologieën die over over een aantal jaar al achterhaald zijn. Negatieve effecten op werkgelegenheid, omdat batterijproducten en werknemers hun baan kwijt kunnen raken.	Productiekosten voor de celproductie verlagen. Dit kan door het verbeteren van de chemische processen in de batterijcel en het verhogen van de energiedichtheid, waardoor de relatieve productiekosten omlaag gaan. Een tweede oplossing is het (om)bouwen van <i>factories of the future</i> , waarin internet-of-things het gehele productieproces efficiënter en goedkoper maakt. Voorbeelden hiervan zijn: onderhoud voorspellen, slimme kwaliteitscontroles en verhogen van de nauwkeurigheid in machines. Als Nederland inzet op het (om)bouwen van <i>factories of the future</i> , kan het een voorsprong krijgen op Azië en Oost-Europa waar hier nog nauwelijks aan gewerkt wordt en de productiekosten daardoor hoger zullen zijn.																															
3	Onjuiste inschatting voor- en nadelen van batterijen	Overschatting / onderschatting van het potentiële voordeel van batterijen. Soms is de perceptie dat batterijen nuttig zijn voor alles, terwijl ze niet altijd kostencompetitief of circulair zijn. Soms zijn de grondstoffen niet beschikbaar of zijn er veiligheidsrisico's.	Afgevallen omdat: buiten de scope van I&W	Techno-optimisme.  Er worden nieuwe fabrieken gebouwd voor bestaande technologieën die over een aantal jaar al achterhaald zijn. De fabrieken komen leeg te staan en batterijproducenten komen in problemen.  Producten hebben geen goede lange-termijn visie op hun product en de geschikte batterij, waardoor er teveel ontwikkeld wordt voor bepaalde batterijtechnologieën.  Er ontstaat een wijdverspreid landschap van verschillende batterijen, toepassingen, recyclingstechnologie	Verlengen levensduur door cross-over toepassingen.																															
4	Werkgelegenheid	Verschuiving van banen en werkgelegenheid. Verlies oude banen in de fossiele modaliteiten (onderhoud aan benzineauto's). Nieuwe banen ontstaan buiten Europa, bijv. in Azië in de batterijenproductie.		Verlies van banen in de onderhoudssector en een verschuiving van werkgelegenheid naar Azië.	Elektrificatie leidt tot nieuwe banen. Vraagt aanpassen onderwijs, her- en omscholing.																															

5	De Supply chain in NL	Er is geen volledige batterijketen in Nederland, waardoor Nederland in een afhankelijke positie verkeert. De meeste materialen ( koper, nikkel, lithium, cobalt) komen uit China, Afrika, Australië en Zuid-Amerika. De Li-ion productie vindt grotendeels plaats in China. China zal 70% van de globale markt aan batterijen in handen hebben in 2020, incl. de grondstoffenstromen vanuit Zuid-Amerika en Australië. Verwacht wordt dat Azië dominantier wordt in de toekomst.		Nederland komt in een afhankelijke positie. Dit kan een slechte invloed hebben op de handelspositie van Nederland. De samenwerking tussen de verschillende stappen in de keten wordt moeilijker door de wijde verspreiding. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de efficiëntie, duurzaamheid en veiligheid van de keten. Bovendien wordt het moeilijker om het circulair te maken.	Investeer in de ontwikkeling van nieuwe batterij technologieën, zoals de solid-state batterij, en de productie hiervan. Nederland en Europa kunnen een belangrijke rol spelen in de toekomstige keten van deze batterijen. Neem hier 'circulair ontwerpen' in mee, zodat de keten vanaf het begin goed ontwikkeld wordt.  Nederland kan er ook voor kiezen om te focussen op een deel van de keten (bijv. tweede helft) en daar een sterke positie in te verkrijgen.	
6	Energy-as-a-service	Energy-as-a-service biedt mogelijkheden voor toekomstig batterijgebruik. Voorbeelden hiervan zijn: - Peer-to-peer energy trading platforms met gedecentraliseerde energieopslag (energienet). Buren verkopen / kopen energie aan elkaar dat ze zelf hebben opgewekt met bijv. zonnepalen. - Het delen van elektrische auto's, scooters, motors etc. - Product service systemen waarbij energieopslagsystemen, smartphones, laptops en elektrisch vervoer gehuurd / geleasd worden. Dit kan ook specifiek voor alleen de batterij in het product, zoals bij Tesla het geval is.		Het gebrek aan eigendom middels een product-service-systeem heeft als risico dat het product minder lang meegaat door onzorgvuldig gebruik door de consument. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de elektrische deelsteps in Parijs. Deze gaan gemiddeld niet langer meegaan dan 3 maanden.  Peer-to-peer energy trading kan kwetsbaar zijn voor hacking. Goed onderhoud en continue updates van het systeem / logaritmes zijn van belang.	Kansen voor nieuwe (circulaire) bedrijvigheid. Batterijen zijn langer in gebruik, wat resulteert in een hogere materiaalefficiëntie en minder afval. Peer-to-peer energy trading platforms maakt burgers minder afhankelijk van nutsbedrijven. Bovendien wordt energie efficiënter gebruikt, omdat het overschot aan energie kan worden verkocht aan anderen.	
7	Ownership-model / producenten-verantwoordelijkheid	Voor batterijen en accu's geldt een producentenverantwoordelijkheid; zie 'Besluit beheer batterijen en accu's 2008' en 'Regeling beheer batterijen en accu's 2008'. Hieronder vallen ook startaccu's en de HV-batterijen uit hybride en volledig elektrische auto's	Afgefallen omdat: ondergebracht bij Hergebruik	Verplichte producentverantwoordelijkheid brengt kosten met zich mee, zoals het opzetten van een individueel of collectief inname- en verwerkingsstructuur en de verplichte verslaggeving aan de overheid. Dit wordt doorberekend aan de klant, waardoor de verkoopprijs stijgt.	Productenverantwoordelijkheid kan een duurzamere en veiligere keten tot gevolg hebben.  Voorbeeld: gebruik van gemeenschappelijke batterijen in lokale energiesystemen. Coöperaties van burgers worden eigenaar van de batterij. KMO's leasen de technologie via innovatieve bedrijfsmodellen.  Vehicle 2 grid case: gebruik de EV-batterij als energieopslag wanneer dat nodig is. Duidelijke structuur voor wie er verantwoordelijk is voor het vervangen van de batterij.	
8	Batterijlandschap dynamisch en versnipperd	Weinig interactie tussen organisaties. Als gevolg hiervan heeft geen enkele organisatie een althans redelijk uitgebreid overzicht en wordt kennis verdeeld over vele partijen (indien aanwezig). Het landschap is zeer dynamisch: veel bedrijven zijn onlangs in het veld gekomen en een aantal belangrijke innovaties, plannen en toezeggingen zijn aangekondigd in 2018. Dit is normaal voor een zich snel ontwikkelende markt en het is te verwachten dat dit de komende jaren zal doorgaan .  Er zijn veel start-ups en MKB-bedrijven in de waardeketen. Veel zitten nog in de vroege fase van ontwikkeling en er zijn weinig grote gevestigde spelers in de Nederlandse markt.	Afgefallen omdat: ondergebracht bij Supply chain	Veel belanghebbenden en organisaties lijken zich niet bewust van de aanhoudende snelle ontwikkelingen en kansen, en de bijbehorende politieke, industriële en R & D-dynamiek.  De meeste huidige spelers bevinden zich in het hogere deel van de waardeketen (systemen, werking). Er is momenteel weinig kennis of activiteit met betrekking tot normale batterijcellen en celproductie.  Er is meer aandacht besteed aan opslag dan mobiliteitstoepassingen (ondanks de (veel) grotere marktkansen van laatstgenoemde)  Het batterijgerelateerde activiteitsniveau en kennis in aangrenzende delen van de waardeketen, die een onmisbaar onderdeel vormen van het ecosysteem (regulering, standaardisatie, certificering, veiligheid, onderwijs, training, ...) lijkt laag.	Verschillende startups / scale-ups / R & D-organisaties ontwikkelen innovatieve technologieën, maar ook lager in de waardeketen, op materiaal- en celniveau, en Lithium Works heeft ambitieuze doelstellingen.  Er is een sterke positie in EV-laadinfrastructuur en aanverwante technologieën. In het midden van de waardeketen (batterijsysteem, integratie in EV) is een cluster van (grote) bedrijven die zich richten op zwaar transport (VDL, DAF, LithiumWerks, ...).  Re-cycling en hergebruik wordt door een aantal bestaande en nieuwe bedrijven nagestreefd in dit domein. Verschillende bedrijven in maritieme toepassingen (boten, grootschalige schepen) hebben producten en activiteiten met betrekking tot elektrificatie.	

9	Aanwas gekwalificeerde medewerkers	<p>Is er voldoende aandacht in het onderwijs voor elektrificatie van de samenleving? En specifiek voor onderhoud van batterijen in auto's, schepen, etc.</p> <p><i>Wat betreft snel internet en digitale overheidsdiensten staat Nederland aan de top. Het midden- en kleinbedrijf blijft echter achter bij (grensoverschrijdende) verkoop via internet. Het vinden van voldoende werknemers met digitale vaardigheden op bijvoorbeeld het vlak van cyberbeveiliging en kunstmatige intelligentie blijft een uitdaging. Vorig jaar waren er meer dan 33.000 ict-vacatures. Het blijkt lastig het onderwijs aan te passen aan de digitale veranderingen in veel sectoren, staat in het rapport. Wel is het percentage vrouwelijke ict-specialisten de afgelopen jaren iets toegenomen, ook al blijft het relatief laag.</i></p> <p><i>De opkomst van elektrische auto's heeft impact op (toeleveranciers van) de automotive industrie. Er ontstaan groeikansen voor bedrijven die zich richten op elektrische aandrijving zoals batterijen, onderdelen voor koeling, elektronica en elektromotoren. Maar hier lijken Azië en Amerika voor te lopen op Europa. Keerzijde is dat vermindering van diesel- en benzinemotoren de toeleverende industrie van bestaande automotive bedreigt. Het gaat om onderdelen die bij de elektrische auto geen of een veel kleinere rol spelen. Voorbeelden zijn motoronderdelen, transmissie en uitlaat. Europa heeft juist hierin een sterke positie. Hier ligt dus een uitdaging voor de Europese industrie.</i></p>		<p>Tekorten op de arbeidsmarkt.</p> <p><i>Te weinig instroom in technische opleidingen, dit speelt vooral op het mbo. Waarschijnlijk hebben veel jongeren (nog steeds) geen goed beeld van technische beroepen. Werken in de techniek is vaak veel meer 'high tech' dan veel jongeren denken. Ook de fysieke belasting in sommige technische beroepen kan een rol spelen in de studiekeuze. Extra knelpunt is dat mbo-instellingen vaak niet de middelen hebben om nieuwe en geavanceerde installaties aan te schaffen.</i></p>	<p><i>De regering heeft met de vorig jaar gepresenteerde digitaliseringsstrategie stappen gezet om de digitale infrastructuur verder te versterken.</i></p> <p><i>Robotisering van beroepen zal de aard van het werk veranderen. Wat in ieder geval wel vaststaat is dat voornamelijk de aard van het werk zal veranderen, omdat vooral veel nu bestaande taken zullen worden geautomatiseerd. Die trend is overigens niet nieuw een speelt al jaren op de arbeidsmarkt voor vele beroepen. Opleiding en ontwikkeling van nieuwe vaardigheden en competenties is een thema dat voor iedereen zeer actueel is.</i></p>	
---	------------------------------------	--	--	---	---	--











PESTEL-analyse Batterijen		Milieu & klimaat																																				
Categorie	Thema's / Issues	Omschrijving	Risico's	Kansen	Battery value chain										Domeinen																							
					Equipment manufacturing	Raw materials	Cell component production	Battery cell manufacturing	Battery system components	Battery system manufacturing	System integration	Use, operation / application (service)	Re-use and recycling	Fiets	Motor / scooter	Auto	Bus	Vrachtwagen	Binnenvaart	Zeevaart	Luchtvaart	Spoor	Industrie	Gebouwde omgeving	Netwerk-infrastructuur	Data-infrastructuur	Gebiedsontwikkeling	Leefomgeving	Circulaire economie	Recycling	Duurzaamheid	Milieu						
1	Winning van grondstoffen	<p>Grondstoffenwinning is milieubelastend.</p> <p><i>De extractie van een aantal essentiële batterijmaterialen, zoals nikkel, vormt een uitdaging voor de leefomgeving: dit jaar moesten meer dan 20 mijnen worden gesloten in de Filippijnen en vorig jaar sloot het Russische bedrijf Norilsk een van de meest vervuilende mijnen en gaf toe dat een morsing in een van zijn fabrieken een plaatselijke rivier had verontreinigd.</i></p> <p><i>De productie van lithium heeft ook een aanzienlijke ecologische impact, omdat het wordt geëxtraheerd uit crushing gesteenten (bijvoorbeeld in Australië) of uit de pekel die beschikbaar is in zoutmeren (bijvoorbeeld in de Zuid-Amerikaanse lithium-driehoek). In het eerste geval worden chemicaliën en hoge temperaturen gebruikt om lithium van de rotsen te scheiden, waarvoor een aanzienlijke hoeveelheid energie nodig is. In het geval van lithium dat wordt verkregen uit pekels, wordt het uit de grond gepompt en met chemicaliën voor de zuivering ervan.</i></p> <p><i>In de Jiangxi mijn in China graven arbeiders gaten en gieten er ammoniumsulfataat in om de zandige klei op te lossen. De klei-modder wordt omhoog gehaald en gaat door verschillende zuurbaden. Bij deze mijn bedraagt de opbrengst zeldzame grondstoffen 0,2 procent van wat er uit de grond wordt gehaald. De overige 99,8 procent - nu vervuild met giftige chemicaliën - wordt gedumpt.</i></p> <p><i>55% van het in 2008 geproduceerde lithium werd ontgonnen in de 'Lithium driehoek', een gebied met verschillende zoutvlaktes in Argentinië, Bolivia en Chili. De ontginning van lithium in deze zoutvlaktes is echter slecht voor het milieu, er wordt heel veel water verbruikt en het is luchtverontreinigend omdat er giftige stoffen vrijkomen. Boeren in de omgeving hebben al problemen om gewassen te kweken en hun veestapel te onderhouden omwille van tekort aan water.</i></p>	Afgevallen omdat: ondergebracht bij Imago	<p>Imagoschade.</p> <p>Risico dat Nederland onbedoeld meewerkt aan vervuiling van milieu en leefomgeving in landen waar grondstoffen worden gewonnen.</p> <p><i>De omstandigheden waarin die metalen worden verwijnd, zorgen voor milieuproblemen. Als de samenstelling van EV-onderdelen hetzelfde blijft, kan de situatie dramatisch verslechteren. Geschat wordt dat één ton zeldzame aarde, 75 ton zuur afval produceert. Met milieurampen zoals de vorming van toxische meren als gevolg.</i></p>	Inzetten op recycling en hergebruik van batterijen en grondstoffen kan de behoefte aan virgin materialen beperken.																																	
2	Inzamelsysteem voor afgedankte grotere batterijen	<p>Er ontbreekt een overkoepelend plan voor het inzamelen van end-of-life grote batterijen. Wat zijn de verschillende mogelijkheden voor inzameling en hoe deze te operationaliseren?</p> <p>Voor auto's / EVs is ARN momenteel de aangewezen partij.</p> <p><i>ARN is de uitvoeringsorganisatie voor het Besluit beheer batterijen (Bbb). Dit besluit schrijft een aantal verplichtingen voor aan fabrikanten en producenten van accu's. Voor de inzameling en verdere verwerking van deze accu's heeft ARN de krachten gebundeld met Stichting Batterijen (Stibat). Samen zorgen de partijen ervoor dat batterijen uit elektrische en hybride auto's in Nederland zonder schadelijke gevolgen voor het milieu worden hergebruikt of gerecycled.</i></p> <p><i>Dat betekent dat onder andere lithium-ion (Li-ion)-batterijen uit een elektrische of een hybride auto na hun toepassing in de auto kunnen worden hergebruikt. Autobedrijf Peter Ursem uit Hoom heeft als eerste partij deze procedure doorlopen en heeft de eerste Li-ion-batterij daadwerkelijk omgebouwd voor een nieuw leven.</i></p> <p><i>In België: Bebat legt zich reeds sinds enkele jaren ook toe op het recyclen van EV-batterijen. Het wil nu inspelen op de groeiende vraag van de auto-industrie, die een sterke stijging in het aantal elektrische- en hybride voertuigen kent. Naar verwachting zullen tegen 2020 10% van alle nieuwe voertuigen elektrisch zijn. "Bebat zal de rol van after-care partner voor de auto-industrie vervullen dankzij haar jarenlange ervaring in het recyclen van zowel huishoudelijke, industriële als EV-batterijen. In onze meer dan 24.000 inzamelpunten kunnen gebruikte batterijen gratis worden gedeponeerd. In 2017 zamelde Bebat meer dan 3.000 ton batterijen in. Over In het totaal heeft Bebat in de laatste vijf jaar 10.000 EV-batterijen opgehaald en laten recycleren door de beste recyclagebedrijven in België en Europa," zegt Peter Coonen, gedelegeerd bestuurder van Bebat.</i></p>		<p>Risico dat batterijen verdwijnen in het (huishoudelijk /bedijfs-)afval en deze stroom vervuilen.</p> <p>Onvoldoende verwerkingscapaciteit.</p> <p><i>Omdat het voordeliger is een li-ion-accu te dumpen dan hem te laten verwerken, wordt op de juiste verwerking scherp toegezien. In Nederland is ARN (voorheen Auto Recycling Nederland) belast met de recycling van auto-accu's en als de Rijksdienst Wegverkeer (RDW) meldt dat er een auto is ingeleverd met een E op het kentekenbewijs, wordt de accu in de gaten gehouden. In 2016 volgde ARN 223 li-ion-accu's. Meestal accu's die defect waren of accu's uit schadeauto's. Van die 223 accu's kregen 32 een tweede leven, 191 accu's werden naar een verwerkingsbedrijf gebracht.</i></p>	<p>Georganiseerde inzameling levert commercieel interessante schaal op voor refurbishment en recycling.</p> <p>Voldoende verwerkingscapaciteit organiseren voordat de grote stroom aan afgedankte batterijen op gang komt.</p>																																	
3	Inzameling kleine batterijen	<p>Doelstelling ten aanzien van inzamelen kleine batterijen is 45%. Wat gebeurt er met de overige 55%? Blijkt erg afhankelijk van consumentengedrag. Hoe voorkomen van 'dumpen' van batterijen?</p>	Afgevallen omdat: buiten de scope van dit onderzoek	<p>Risico dat batterijen niet ingeleverd worden, kans op ontbranding, vervuiling van milieu en leefomgeving, geen hergebruik materialen.</p> <p>Brandgevaar op afvalstation.</p>	Combineren van afvalstromen kleine en grote batterijen kan schaalvoordelen opleveren.																																	



4	Duurzaamheid / energiebehoefte recycling	<p>Verwerking batterijen voor terugwinning metalen is energie-intensief en maakt gebruik van chemicaliën.</p> <p><i>Hydrometallurgie is een chemisch uitloogproces waarbij lithium, aluminium en andere hoogwaardige materialen kunnen worden teruggewonnen. Het proces wordt voorafgegaan door mechanische scheiding en pletten van batterijen. Een oplosmiddel wordt toegevoegd aan de gebroken batterijen en dit mengsel wordt gefilterd. Zuur wordt vervolgens gebruikt om metalen te scheiden.</i></p> <p><i>Pyrometallurgie is een thermisch behandlingsproces, dat pyrolyse, smelten, destillatie en raffinage omvat. Hoogwaardige materialen zoals nikkel, kobalt en koper kunnen worden teruggewonnen. Batterijen worden versnipperd en langzaam verwarmd, waarna bij pyrolyse plastics en oplosmiddelen worden verbrand, waarbij organisch materiaal wordt afgebroken. De rest wordt in een oven gesmolten en gecombineerd met kalksteen om slakken te maken. Metalen worden vervolgens gescheiden door destillatie. Nikkel, kobalt en koper worden teruggewonnen, terwijl lithium en mangaan meestal in slakken terecht komen.</i></p>	Afgevallen omdat: ondergebracht onder Circulair ontwerpen	<p>Vervuiling, energieverspilling</p> <p><i>De literatuur concludeert dat met 'state of the art' recycling, een groot deel van de materialen kan worden teruggewonnen: meer dan 90% van lithium, kobalt, mangaan, nikkel, koper en aluminium. In de huidige praktijk zijn de recyclingpercentages echter veel lager.</i></p>	Ontwikkeling en toepassing van technologie voor duurzaam ontleden in oorspronkelijke materialen.	
5	Hergebruik van end-of-life, nog werkende batterijen	<p>Onduidelijkheid en onzekerheid over mogelijkheden hergebruik en restwaarde.</p> <p><i>EcarAccu is onderdeel van Autobedrijf Peter Ursem, dat in vier plaatsen in Noord-Holland dealer is van Mitsubishi, Nissan en Hyundai. Inderdaad, dat zijn drie merken die elektrische auto's of hybrides leveren. Sinds 2015 is Autobedrijf Peter Ursem ook officieel het accu-repaircenter van Mitsubishi. EcarAccu is het eerste bedrijf in Europa dat, in samenwerking met Auto Recycling Nederland (ARN), deze batterijen een tweede leven mocht geven. Via ARN, dat de milieuvriendelijke verwerking van auto-wrakken in Nederland coördineert, worden accu's aangeleverd. Telkens als een elek-trische of hybride auto bij een autodealer of -sloperij wordt binnengebracht, zorgt ARN ervoor dat de afgedankte batterijen naar EcarAccu in Zwaag worden gebracht. Zelfs van Britse Mitsubishi-dealers worden de oude accu's naar Zwaag gestuurd wanneer ze zijn afgedankt.</i></p> <p><i>Directe recycling - een veelbelovende nieuwe aanpak:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vang het volledige actieve kathodemateriaal terug in plaats van afzonderlijke elementen.</li> <li>- Fysisch plof batterij elektroden, scheiden materialen met behulp van zeven of magneten, en dan zuiveren.</li> <li>- Directe recycling staat echter nog in de kinderschoenen en het matchen van verkoopbare batterijontwerpen met gerecyclede materialen is moeilijk.</li> </ul> <p><i>Bottom Line: recycling van geavanceerde batterijen zoals lithium, nikkel en andere chemische stoffen, is technisch haalbaar, maar moeilijk. (Pyrometallurgie werkt economisch voor lood, maar niet voor lithium. Bovendien is er weinig stimulans voor batterijfabrikanten om recycleerbaarheid te integreren in productontwerp.</i></p>		<p>Niet duidelijk hoe batterijen zich onder 20/10% restcapaciteit gedragen.</p> <p>Wildgroei aan kleine initiatieven, geen schaalvoordelen. Geen standaardisatie.</p> <p>Handhaving inzameling en verwerking moeizaam.</p> <p><i>RECHARGE highlighted the lack of coherence in a number of definitions across the waste stream Directives, or even indicated a complete absence of definitions. It has requested the EU Commission and EU Parliament to introduce a much clearer stance on producer responsibilities, particularly concerning the second life of products, and to ensure that the Batteries Directive prevails over other waste stream Directives at any time reference is made to batteries. In this regard, it is important for defining re-use and second life to make first a clear distinction between the different types of batteries (portable, automotive, industrial) as some legal requirements are different per type (collection or take-back obligations), and to clearly understand and accept the borderline between a battery as a product, and a battery as a waste.</i></p>	<p>Een batterij met 10-20% gebruiken voor lichte voertuigen.</p> <p>Benutten van restcapaciteit in de vorm van een buffer-systeem, buurt-accu o.i.d.</p> <p><i>Bepaalde batterijpakketten zijn één geheel en daardoor kunnen niet alle onderdelen worden gewisseld of hergebruikt. Deze accu's doen het echter ook prima als stroomopslag voor zonnecellen of windturbines. Zo is kort geleden het wind-molenpark Prinses Alexia in Zeewolde voorzien van twee containers vol accu's van BMW. Elektriciteits- maatschappij Vattenfall is de eigenaar van het windmolenpark. Eén batterij heeft een capaciteit van 34 kWh. Er zijn genoeg accu's geplaatst voor een vermogen van 3 megawatt, het equivalent van het stroomverbruik van 2.200 huishoudens. Het windmolenpark Prinses Alexia telt totaal 36 windturbines, die samen 122 megawatt kunnen produceren. Het accupakket maakt het mogelijk om de windturbines zo veel mogelijk te laten draaien als er wind is en zo veel mogelijk energie uit wind te winnen. Op dezelfde manier kunnen accu's dienst- doen in woonhuizen of bedrijven die zonnepanelen op het dak hebben.</i></p>	
6	Export van batterijen	Export batterijen door verkoop 2e-hands auto's aan buitenland: wat gebeurt er end-of-life? Oudere EVs hebben een kleine range, verouderde laadtechnologie en minder capaciteit. Een tweedehands markt lijkt zich nog maar mondjesmaat te ontwikkelen.	Afgevallen omdat: lijkt vooralsnog geen issue; wel monitoren!	<p>Ongewild export van afval.</p> <p>Geen zicht op daadwerkelijk hergebruik of verantwoorde verwerking.</p>	Tweedehands EVs niet concurrerend met nieuw, waardoor export klein is.	
7	Invloed op modal shift	Doordat vrachtwagen 'schoon' wordt door elektrificatie, mogelijk verschuiving van binnenvaart terug naar wegtransport.	Afgevallen omdat: keuzes voor modaliteit inderdaad afhankelijk van CO2-prestatie, echter keuze voor binnenvaart wordt om andere redenen gemaakt (congestie op de weg, kosten)	Geen reëel risico, omdat de logistieke eisen in de praktijk belangrijker zijn dan de duurzaamheidseisen. Angst voor toename files en dat de verduurzaming in de binnenvaart stopt.	De trend in transportland is richting multi-modaal organiseren van transport, met slimme software wordt de meest kosten-effectieve route berekend. Of elektrisch rijden veel voordelen heeft ten opzichte van varen valt te betwijfelen.	

8	Ontbranden / explosiegevaar	<p>Zowel tijdens gebruik als in het afval kan een batterij ontvlammen of ontploffen. Specifiek in vliegtuigen (meenemen van Lilon batterijen is niet toegestaan).</p> <p><i>Lithium accu's kunnen spontaan in brand vliegen, bijvoorbeeld door kortsluiting na een val. Doordat ze veel energie bevatten kunnen ze na een val of door overbelading thermisch op hol slaan. Daardoor kan het elektrolyt vlam vatten. Vervolgens kan de ene accu de volgende in brand zetten, en ontstaat een kettingreactie waarbij temperaturen tot 600 graden Celsius mogelijk zijn.</i></p> <p><i>De behuizing van deze lithium-ion-accu's is vaak nauwsluitend en/of zit ingepakt in het apparaat. Hierdoor is de ventilatie minder en kan de warmte niet weg. Bij een beschadiging van het pakket of de bedrading of bij het gebruik van een verkeerde oplader, kan de accu zodanig verhit raken dat deze spontaan ontbrandt. "Branden door accu's van elektrische fietsen komen daardoor relatief wat vaker voor. Gebruikers zijn zich lang niet altijd bewust van de risico's. Wanneer de accu in de volle zon staat te laden of wordt gebruikt, ontstaat het risico op oververhitting. Ook bij gebruik van fietstassen, of wanneer de accu wordt afgedekt met een jas of iets dergelijks, kunnen ze de warmte onvoldoende kwijt. Als er binnen uw bedrijf mensen zijn die elektrische fietsen gebruiken voor het woon-werk verkeer, is het wijs om hier even aandacht aan te schenken", licht Hans toe.</i></p> <p><i>Gelukkig heeft de ontwikkeling van lithium-ion-accu pakketten niet stil gestaan. Als antwoord op de verschillende accu branden worden de nieuwe pakketten tegenwoordig uitgerust met bewakings- en beveiligingselektronica, die ingrijpen als oververhitting dreigt.</i></p> <p>Het aantal accubranden stijgt snel: van circa 20 in 2011 naar meer dan 100 in 2018.</p> <p><i>Lithium-ion-batterijen hebben de hoogste energiedichtheid van oplaadbare batterijsystemen op de markt. Met de levensduur en bijbehorende kalendertijd is het gebruik ervan uitgebreid van draagbare elektronische toepassingen naar elektrische voertuigen en stationaire energieopslagsystemen. Het hergebruik van autobatterijen in stationaire energieopslaginstallaties is een nieuwe trend. Maar de veiligheid van de oude cellen en batterijen is niet goed bestudeerd.</i></p>	Schade aan gebouwen, voertuigen en infrastructuur.	<p>Ontwikkelen preventieve oplossingen.</p> <p>Letsel.</p> <p>Doden.</p>	<p><i>Bij de opslag van lithium-ion batterijen kan onderscheid worden gemaakt in een passieve of actieve opslag. Bij passieve opslag worden de batterijen opgeslagen zoals ze binnenkomen. Bij een actieve opslag worden lithium-ion batterijen in de opslagvoorziening opgeladen of ontladen tot ongeveer 60%-70% van de maximale capaciteit.</i></p> <p><i>Misschien zouden de accu's in ontladen toestand vervoerd kunnen worden, als dit de levensduur van de batterij niet beïnvloedt, zegt batterijonderzoeker Marnix Wagemaker van de TU Delft. Dan kan er minder of geen energie vrijkomen na kortsluiting en is de kans op brand kleiner. Het gevaar van het brandbare elektrolyt blijft wel bestaan. De zogenoemde vaste stof polymeer elektrolyten, die al veel minder brandgevaar opleveren, komen nu op de markt.</i></p> <p><i>Rond 2020 de eerste accu's op de markt met een anorganisch elektrolyt, dat vrijwel onbrandbaar is. Deze accu's zijn niet alleen veiliger tijdens transport, maar ook voor toepassing in smartphones en elektrische auto's. Verder wordt gewerkt aan brandwerende containers waarin de accu's bewaard worden. ICAO</i></p>	
9	Circulair ontwerpen	<p>Ontwerpprincipes CE als uitgangspunt: van grondstof, via ontwerp naar recycling. Grondstof-schaarste en hergebruik meenemen in ontwerp van zowel batterij zelf als het product waarin het wordt opgenomen. Belangrijk: materiaalpaspoort, traceerbaarheid en modulariteit.</p>	Het is een lange-termijn oplossing.		<p>Voorkomen van kostbare verwerking door slim ontwerpen, gebruik van andere materialen en andere energie-principes.</p> <p>Kennis wordt ontwikkeld in het platform Circular Economy of Batteries Production and Recycling (CEB) <a href="http://www.ceb2018.org/topics/">http://www.ceb2018.org/topics/</a></p>	

## Inhoudsopgave

1. Schaarste grondstoffen / Scarcity raw materials	33
2. Productiecapaciteit / Production capacity	37
3. Werkgelegenheid / Labour market	40
4. Supply chain in NL	43
5. Energy-as-a-Service	47
6. Aanwas gekwalificeerde medewerkers / Human Capital	50
7. De rol van data / The role of data	52
8. Straling / Radiation	54
9. Nieuwe generatie batterijen / Next generation batteries	56
10. Hergebruik batterijen / Re-use batteries	59
11. Imago / Public opinion	62
12. Inzameling / Collection large batteries end-of-life	64
13. Ontbranden en explosies / Fire and explosions	66
14. Hergebruik van batterijen voor energie-opslag / Re-use for energy storage	70

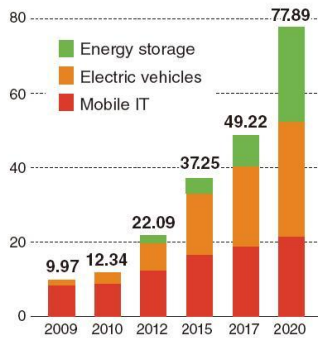
## 1. Schaarste grondstoffen / Scarcity raw materials

### Introductie

Het gebruik van batterijen stijgt al jaren explosief. Aanvankelijk in mobiele apparaten (telefoons, laptops, luidsprekers, ed.) en steeds meer in elektromobiliteit en stationaire toepassingen<sup>1.12, 1.14</sup>. Lithium-Ion is veruit de meest gebruikte batterij vanwege energiedichtheid, laadsnelheid en levensduur.

#### Lithium-battery market outlook

(Unit: \$billion)



Source: International Information Technology

In 2018 groeide de wereldwijde vloot elektrische voertuigen naar ruim 5,1 miljoen auto's; 2 miljoen meer dan in 2017<sup>1.1</sup>. Eind 2018 waren er wereldwijd circa 300 miljoen elektrische twee/drie-wielers in gebruik, waarvan het merendeel in China.<sup>1.1</sup> In 2018 waren er circa 460.000 elektrische bussen op de weg, bijna 100.000 meer dan in 2017. Het inzetten van elektrische deel-steps groeide zeer snel in 2018 over de hele wereld. Circa 250.000 elektrische lichte bedrijfsvoertuigen (LCVs) werden ingezet in 2018.

Daarnaast groeit het gebruik van batterijen in stationaire toepassingen voor opslag van elektriciteit. Deze groei in batterijgebruik vergroot de productie van batterijen en daarmee de vraag naar de vijf essentiële grondstoffen voor de productie van batterijen: lithium, nikkel, kobalt, mangaan en grafiet. Schaarste kan een probleem zijn voor lithium, nikkel en kobalt.

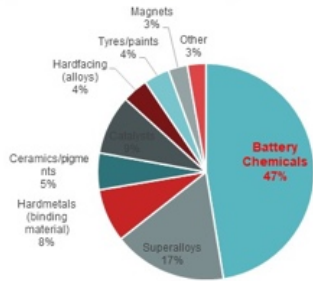
#### Schaarste aan grondstoffen

**Lithium:** circa 2% van een oplaadbare batterij bestaat uit lithium<sup>14.7</sup> De zal de vraag naar lithium verdrievoudigen tussen 2017 en 2025 van 214kt naar 669kt.<sup>1.4</sup> Meer dan 95% van de wereldwijde extractie/productie van lithium vindt plaats in Chili, Argentinië en Australië.<sup>1.4, 1.7</sup> Lithium wordt gewonnen door het oppompen van lithium-rijk water uit de bodem. Na verdamping blijft lithiumzout over. Deze vorm van extractie vraagt veel water, vaak in landen waar water schaars is.<sup>1.4</sup>

**Kobalt:** Wordt gebruikt op kathodes, vanwege de hoge energiedichtheid.<sup>6.5</sup> De vraag naar kobalt zal naar verwachting stijgen van 136 kt naar 222 kt tussen 2017 en 2025.<sup>1.4</sup> In de Democratische Republiek Congo vindt meer dan 50% van de wereldwijde delving van kobalt plaats. 14% van de wereldwijde kobalt-reserves is in Australië. Het overgrote gedeelte wordt geëxporteerd naar China.<sup>1.7</sup> Kobalt wordt vooral als bijproduct in koper- en nikkel-mijnen gedolven en moet met energie-intensieve technieken gescheiden worden van deze metalen.<sup>1.4</sup> De meeste reserves van kobalt bevatten maar 0,003% kobalt, waardoor het delven duur is. Een concentratie van meer dan 0,1% is nodig om de delving kosteneffectief te laten zijn. Daardoor is slechts 0,000001% van het potentiële beschikbare kobalt in de aardkorst winstgevend genoeg om te mijnen.<sup>1.7, 1.13</sup>

## Cobalt Cathode

Demand For Cobalt By Application



Cobalt Mined And Refined Production



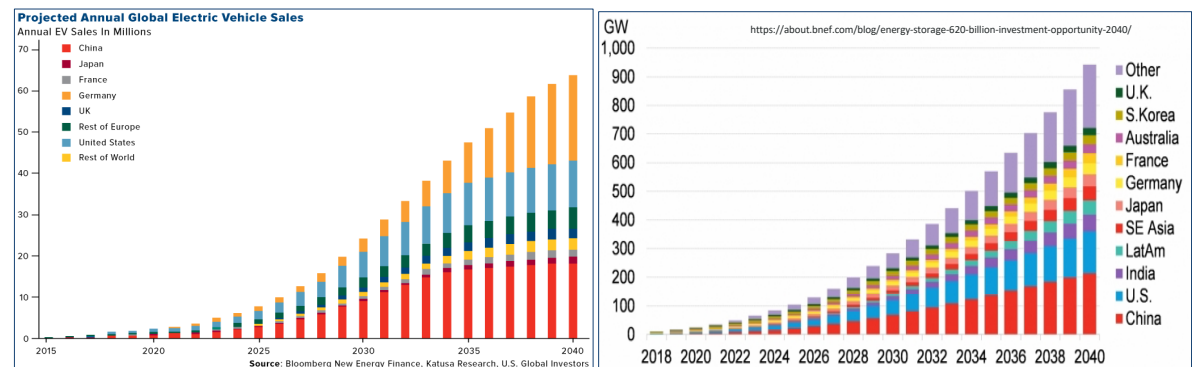
CORE CONSULTANTS | 2017

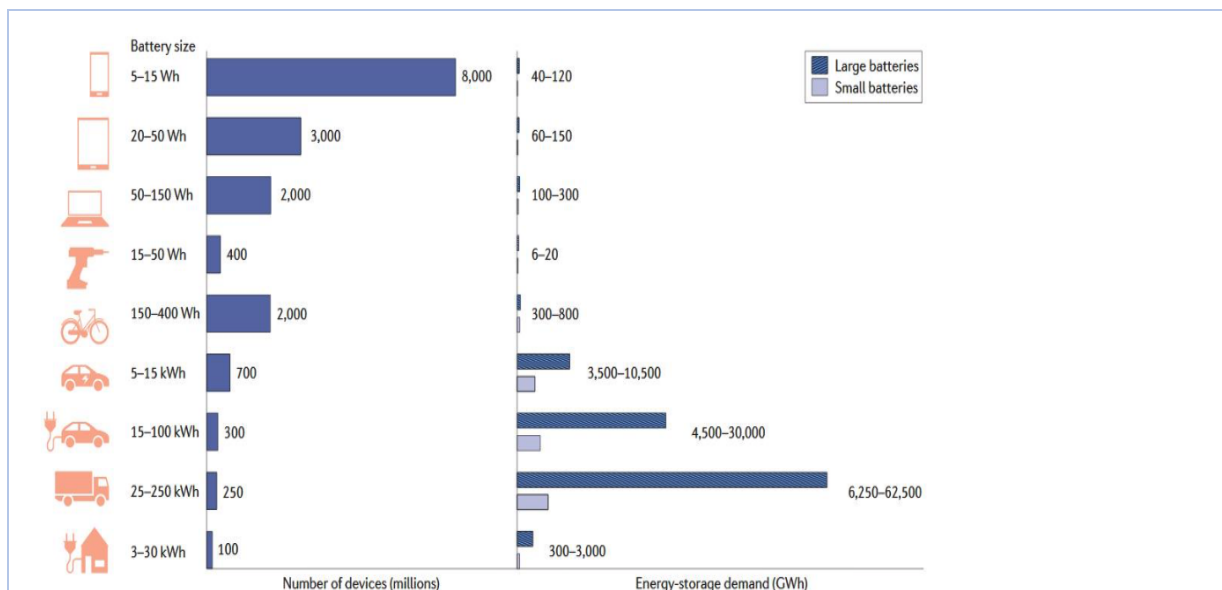


**Nikkel:** Een belangrijk component in li-ion batterijen en wordt toegepast op de kathode. De (jaarlijks) 2.1 miljoen ton nikkel komt voornamelijk uit de Filipijnen, Rusland, Canada en Australië.<sup>1,7</sup> Slechts 10% wordt gebruikt voor de productie van batterijen, de rest wordt gebruikt voor staal en elektronica. Net als bij kobalt, is nikkel niet gemakkelijk te delven vanwege de lage concentratie in de aardkorst en het dure extractieproces. Slechts 0,0001% van de voorraad nikkel in de aardkorst is commercieel gezien aantrekkelijk genoeg om te delven.

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

De jaarlijkse (wereldwijde) verkoop van elektrische auto's loopt op van 1,1 miljoen in 2017, naar circa 25 miljoen in 2030 en naar schatting 60 miljoen in 2050<sup>1.1, 1.11</sup>. Volgens Duitse wetenschappers zullen er tussen 2016 en 2050, in totaal 13 miljard batterijen geproduceerd gaan worden voor elektronica, 1 miljard batterypacks voor (volledig en hybride) elektrische auto's, 250 miljoen voor elektrische vrachtwagens en 100 miljoen thuis-batterijen (zie figuur).<sup>1.5</sup>





Estimates of the number of battery packs (large and small) produced from 2016 to 2050, in the researchers' scenario. Source: Vaalma et al., Nature Reviews Materials, 2018.

Verwacht wordt dat richting 2025 in accu's steeds vaker kathodes worden gebruikt die minder afhankelijk zijn van kobalt. In combinatie met andere ontwikkelingen (bijv. de beschikbaarheid van silicium-grafiet voor anode-technologie) zal dit leiden tot een toename van de energiedichtheid en een afname van de kosten.<sup>1.1</sup>

De totale vraag naar lithium en kobalt voor elektrische voertuigen zal naar verwachting stijgen met een factor 25 in 2050.<sup>1.2</sup> Als er geen actie ondernomen zal worden, zal er binnen 20 jaar een tekort optreden. Voor kobalt zal dit naar verwachting in 2030 zijn, nikkel in 2037<sup>1.7</sup> en voor lithium zal er naar verwachting rond 2050 een tekort ontstaan.<sup>1.5</sup>

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Twee-derde van de wereldwijde batterij-productie, en daarmee ook de grondstofstromen, is in handen van China. <sup>1.8</sup> Hierdoor bevindt Europa zich in een afhankelijke positie.	Door monopolies op de grondstoffen, kan de productie van batterijen stagneren, met een tekort aan batterijen als gevolg. Stagnatie groei EV en energieopslag.
De kobalt en lithium mijnindustrie kampt met een tekort aan investeringen.	Er ontstaat een tekort aan grondstoffen en daarmee een tekort aan batterijen, waardoor de energietransitie wordt vertraagd.
Delving van kobalt en lithium vindt plaats in beperkt aantal landen. Vaak, zoals in Congo, met politieke instabiliteit. <sup>1.3</sup>	Politieke instabiliteit kan de aanvoer van essentiële grondstoffen verstoren of belemmeren, door bijvoorbeeld hoge belastingen en invoerrechten. <sup>1.3</sup> Daarmee de productie van batterijen in gevaar brengen, waardoor energietransitie vertraagd.
De toenemende vraag naar kobalt stuwt de prijs op.	Stagnatie van productie van batterijen, waardoor energietransitie vertraagd. Kosten elektrificatie gaan sterk omhoog, waardoor energietransitie vertraagd.

## Kansen

- Er wordt in Europees verband veel onderzoek gedaan naar het minimaliseren van gebruik van lithium, nikkel en kobalt (bijvoorbeeld door nano-coatings van de kathode en anode) en het vervangen van schaarse metalen door andere metalen.<sup>1.6</sup> Voorbeelden van alternatieven zijn ijzer- en koper-fluorides of silicium. Deze innovaties staan echter nog in de kinderschoenen, vanwege de stabiliteit, oplaadsnelheid en productie.<sup>1.7</sup>
- Kansen liggen op het gebied van recycling van metalen uit afgedankte batterijen. Technisch haalbaar, maar energie-intensief en relatief duur. Om bij te dragen aan onafhankelijkheid van nieuwe grondstoffen. Met als doel binnen Europa substantieel, onafhankelijke batterijproductie te ontwikkelen.
- Inzet van overheid op recycelen in combinatie met prikkel voor duurzame productie en circulair ontwerpen.
- Traceerbaarheid en transparantie (bijv. met een materialenpaspoort) in de keten is nodig om duurzame inkoop van materialen te bevorderen. De ontwikkeling van (internationale) wetgeving is daarbij nodig om de uitdagingen effectief aan te pakken<sup>1.1</sup>
- De Wereld Bank lanceerde recent de ‘Climate-Smart Mining Facility’, het allereerste fonds dat zich toelegt op het bevorderen van duurzame mijnbouw voor de mineralen die nodig zijn voor Electromobilititeit en hernieuwbare energie. Het Fonds richt zich op landen die een groot deel van de mijnbouw doen. Het initiatief zal mijnbouwprojecten bevorderen die hernieuwbare energie betrekken bij hun activiteiten, cruciaal omdat mijnbouw goed is voor circa 11 procent van het wereldwijde energiegebruik. Het zal ook proberen materialen te recycelen en ervoor te zorgen dat de mijnbouw niet leidt tot ontbossing.<sup>1.8</sup>

## Bronnen

- 1.1 IEA (2019), "Global EV Outlook 2019", IEA, Paris, [www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/](http://www.iea.org/publications/reports/globalevoutlook2019/).
- 1.2 Deetman, S., Pauliuk, S., van Vuuren, D. P., van der Voet, E. & Tukker, (2018). A. Scenarios for Demand Growth of Metals in Electricity Generation Technologies, Cars, and Electronic Appliances. *Environ. Sci. Technol.* 52, 4950–4959 (2018).
- 1.3 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0176&from=EN>
- 1.4 McKinsey & Company, June 2018, Lithium and cobalt – a tale of two commodities, *Metals and Mining*.
- 1.5 Vaalma, C., Buchholz, D., Weil, M. & Passerini, S. (2018), A cost and resource analysis of sodium-ion batteries *Nature Reviews Materials* volume 3, Article number: 18013
- 1.6 The European Environment Agency (2018). Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report
- 1.7 Ten year left to redesign lithium-ion batteries, 26 JULY 2018 | VOL 559 | NATURE <https://www.nature.com/magazine-assets/d41586-018-05752-3/d41586-018-05752-3.pdf>
- 1.8 [https://finance.yahoo.com/news/really-facing-battery-metal-shortage-170000022.html?guccounter=1&guce\\_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce\\_referrer\\_sig=AQAAAMnQcNah1tPtMYgpjDht7m2Nt1vJxnZJebUM\\_co5jnBDum\\_7lenXfGvglm2msYsLKBmOVwP4E27-gpK6BQeeChukVa\\_48OKjPabwZw10XhyDk7RQy7YgYmBYKcBY15almS226WfuHbHWVteQ-kT1P0DPxBEH6vsOniV9OEb0DJ](https://finance.yahoo.com/news/really-facing-battery-metal-shortage-170000022.html?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAMnQcNah1tPtMYgpjDht7m2Nt1vJxnZJebUM_co5jnBDum_7lenXfGvglm2msYsLKBmOVwP4E27-gpK6BQeeChukVa_48OKjPabwZw10XhyDk7RQy7YgYmBYKcBY15almS226WfuHbHWVteQ-kT1P0DPxBEH6vsOniV9OEb0DJ)
- 1.9 Amnesty International 2017, Time to recharge; corporate action and inaction to tackle abuses in cobalt supply chain.
- 1.10 <https://www.bloomberg.com/news/features/2018-12-05/almost-every-electric-scooter-comes-from-this-chinese-company>
- 1.11 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-11-14/china-is-about-to-shake-up-the-world-of-electric-cars-quicktake>
- 1.12 <https://www.mseshop.com/blogs/news/53646980-state-of-the-art-of-lithium-battery-research-market-outlook-and-research-reviews>
- 1.13 <https://www.coreconsultantsgroup.com/lithium-batteries-outlook-summary/>
- 1.14 <https://www.greentechmedia.com/articles/read/three-hockey-stick-charts-that-illustrate-the-coming-impact-of-evs#gs.wolqhf>



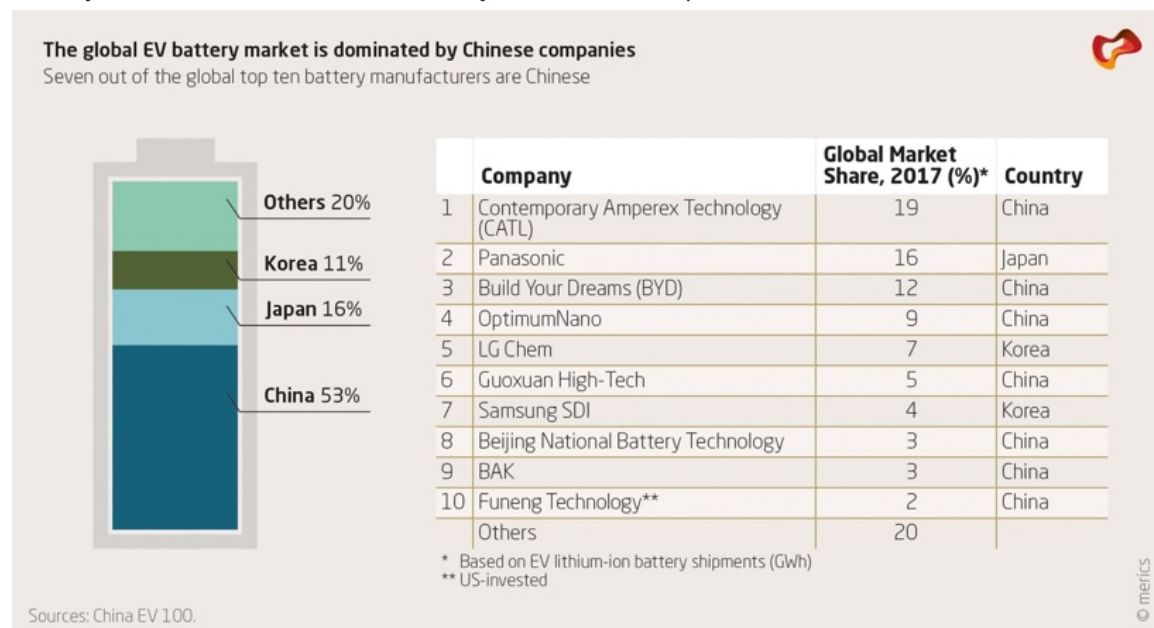
## 2. Productiecapaciteit / Production capacity

### Introductie

Nederland heeft momenteel geen productiefaciliteiten voor Lithium-Ion-cellen en modules, wel voor de productie van batterijsystemen (accu's).

Wereldwijd groeit het aantal fabrikanten van batterijen voor elektrische voertuigen. Door internationale klimaat- en milieufspraken en nationale regelgeving neemt de druk toe op de automobiellindustrie om te elektrificeren. Daardoor zien stakeholders buiten de automobiellindustrie kansen voor toelevering van componenten, waaronder de batterijen.<sup>2,3</sup>

Er is momenteel wereldwijde overcapaciteit in cel productie met een duidelijke dominantie van Chinese batterijcel-fabrikanten.<sup>1,7</sup>. Voorbeelden zijn BYD, CATL en OptimumNano.<sup>2,5, 2,6, 2,7, 2,8</sup>

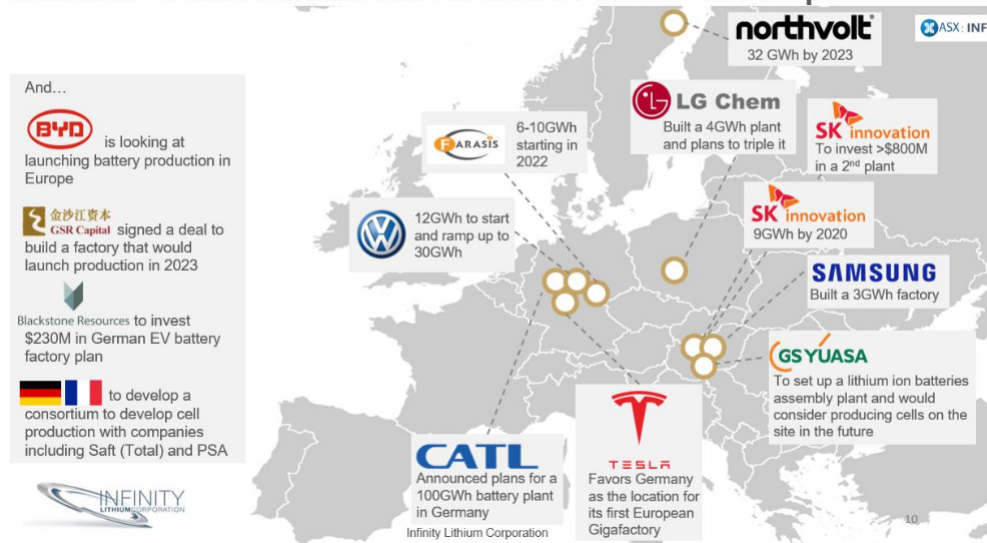


In toenemende mate worden er investeringen gedaan in China en Europa door verschillende bedrijven, zoals BYD en CATL (Chinees), LG Chem, Samsung SDI, SK innovatie (Koreaans) en Panasonic (Japans). Dit draagt bij aan een toenemende productiecapaciteit en een toename in batterijproducenten wat heeft geleid tot overcapaciteit. Grote fabrikanten hebben vertrouwen in de stijgende vraag naar batterijen. Desondanks is de verwachting dat er een tekort aan batterijen zal ontstaan op de langere termijn.

In Europa worden ten minste 8 nieuwe fabrieken gebouwd, met geraamde investeringen van 5 miljard euro<sup>2,8</sup>. Duitsland en Frankrijk zijn van plan om samen een fabriek te bouwen. Deze fabrieken zijn voornamelijk gericht op de traditionele Li-ion batterij.



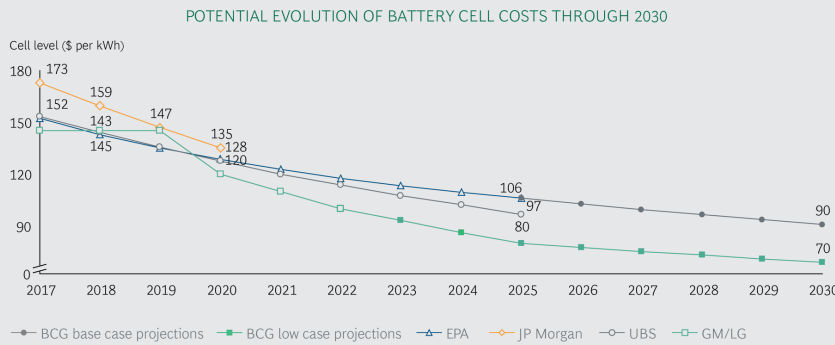
## A Number of New Lithium-ion Factories Planned in Europe



### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

In 2030 is het doel van de Nederlandse overheid dat alleen emissieloze auto's worden verkocht. Daarvoor is een grote hoeveelheid batterijen nodig.<sup>2,1</sup> De trends die zijn afgeleid uit de routekaart van Lithium-Ion-batterijen laten zien dat in de komende tien jaar verbeteringen met betrekking tot energiedichtheid en veiligheid kunnen worden verwacht. De kosten halveren, waardoor de grens van 100 dollar/kWh zal worden bereikt in 2020 – 2025 voor Li-ion met Si rijke anode accu's en in 2025 – 2030 voor NMC-kathode-accu's.<sup>2,1, 2.4</sup>

EXHIBIT 2 | Battery Cost Is the Largest Driver of TCO for BEVs and PHEVs



Sources: EPA; JP Morgan; UBS; GM/LG; analyst communications; expert interviews; BCG analysis and forecast.

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
40% van de totale productiecapaciteit zal naar verwachting in 2021 niet gebruikt worden. Voor China wordt dit zelfs geschat op 60%. <sup>2,2</sup> Daarna zal er snel een tekort aan productiecapaciteit ontstaan.	Risico: lange levertijden batterijen, afhankelijkheid China, groei EV in Nederland stagneert.
Nieuwe batterijfabrieken worden overwegend gebouwd voor de huidige batterijtechnologieën. Zij zullen in een paar jaar verouderd zijn, als bijvoorbeeld de vaste-stof-batterij op de markt komt.	Lock-in van productietechnologie kan leiden tot vervroegde afschrijvingen van installaties.

## Kansen

- Valorisatie van kennis: Smart factory / high-tech cluster Eindhoven-Twente
- Om te concurreren moeten batterijproducenten het concept van *de fabriek van de toekomst* omarmen, met zgn. (smart) industrie 4,0-technologieën. (Zie de fabriek van de toekomst, BCG focus, december 2016.)
- Met Internet of Things kan het gehele productieproces efficiënter en goedkoper worden.
- Voorbeelden zijn: het voorspellen van onderhoud, slimme kwaliteitscontroles en het verhogen van de nauwkeurigheid in machines. Als Nederland inzet op toeleveren aan slimme fabrieken, kan het een voorsprong krijgen op Azië en Oost-Europa, waar hier nauwelijks aan gewerkt wordt en de productiekosten hoger zullen zijn. De totale batterijkosten per kWh aan capaciteit kunnen met maximaal 20% worden verlaagd, boven en buiten de besparingen die voortvloeien uit verbeteringen in de productienauwkeurigheid. Productiegerelateerde kosten (met uitzondering van materialen) kunnen worden verlaagd met 25% in de elektrodeproductie, 20% in de cel assemblage en 35% in cel finishing. Bovendien verbetert de energiedichtheid op het celniveau met 10% tot 15%.<sup>2,2</sup>

## Bronnen

- 2.1 Cost Projection of State of the Art Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles Up to 2030 - Gert Berckmans et al
- 2.2 BCG [https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20\(1\)\\_tcm81-202396.pdf](https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20(1)_tcm81-202396.pdf)
- 2.3 Bakker, Maat, van Wee et al - Stakeholders interests, expectations, and strategies regarding the development and implementation of electric vehicles: The case of the Netherlands
- 2.4 <https://www.bcg.com/publications/2018/electric-car-tipping-point.aspx>
- 2.5 [http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user\\_upload/Redaktion/NPE\\_AG2\\_Roadmap\\_Zellfertigung\\_final\\_bf.pdf](http://nationale-plattform-elektromobilitaet.de/fileadmin/user_upload/Redaktion/NPE_AG2_Roadmap_Zellfertigung_final_bf.pdf)
- 2.6 <http://knowledge.ckgsb.edu.cn/wp-content/uploads/2018/08/lithium-production-capacity.jpg>
- 2.7 <https://www.merics.org/en/blog/chinas-battery-industry-powering-global-competition>
- 2.8 <https://seekingalpha.com/article/4265367-european-battery-plant-expansion-implied-lithium-demands>
- 2.9 <https://www.visualcapitalist.com/china-leading-charge-lithium-ion-megafactories/>

### 3. Werkgelegenheid / Labour market

#### Introductie

De verwachte sterke groei van gebruik van batterijen in elektrische voertuigen, back-up systemen in elektriciteitsnetwerken en andere (industriële) toepassingen heeft invloed op de arbeidsmarkt. Uit scenario's van de Europese Commissie komt een marginale toename van werkgelegenheid (0,3-1,7%), als batterijen al dan niet deels in Europa of uitsluitend buiten Europa worden geproduceerd <sup>3.1</sup>.

Het creëren van een Lithium-Ion-celproductie-industrie zal volgens de Europese Commissie naar verwachting een groot effect hebben op de werkgelegenheid in de EU. Een Duitse studie schat het ontstaan van 1.000 tot 1.300 nieuwe directe banen voor een 13 GWh/y-capaciteitscentrale die een investering van 1,3 miljard € vereist: 750-900 werknemers die in 4 ploegen werken, 150-200 in administratie, inkoop en verkoop en nog eens 150-200 in R&D. Meer dan 3.000 indirecte banen kunnen worden gecreëerd in de onmiddellijke nabijheid van de cel producerende fabriek voor leveranciers, onderaannemers, logistiek, machinebouw, bouw en automatiseringsbedrijven. <sup>3.16</sup>

LIB cell production plant	Capacity (GWh/y)	expected job creation
NPE	13	1.300 direct, 3.000 indirect
Tesla (Nevada)	35	6.500
Panasonic (China)	2,5	500
Northvolt (SE)	32	2.500-3.000 direct, 20.000+ indirect
TerraE (DE)	8	400 direct
Boston Energy and Innovation (Australia)	15	1.000 in manufacturing, 1.000 direct support, 5.000 indirect
VW (DE)	150	9.000

De opkomst van elektrische auto's heeft impact op (leveranciers van) de auto-industrie. Er ontstaan groeikansen voor toeleverende bedrijven die zich richten op batterijen, onderdelen voor koeling, elektronica en elektromotoren. Keerzijde is dat vermindering van het aantal diesel- en benzineauto's, door vervanging door Elektrische voertuigen, een bedreiging is voor Europese autofabrikanten, leveranciers en dienstverleners (garages, dealers). Europa heeft hierin een sterke positie. Hier ligt dus een uitdaging voor de Europese industrie om te profiteren van groei in EV.

In Europa zijn momenteel zeker 8 batterij-fabrieken in ontwikkeling, waarvan het gezamenlijke project van Duitsland en Frankrijk alleen al 3.000 mensen werk gaat bieden <sup>3.2</sup>. Nederland heeft nog geen plannen voor batterij-productie. Werkgelegenheid is voornamelijk te verwachten in onderhoud, reparatie, hergebruik en recycling van batterijen. Specifiek in Nederland worden door het CBS kansen gezien in met nieuwe laadpalen, maar ook om de ontwikkeling van batterijen, software, aandrijftechniek en maatwerk-voertuigen, zoals bussen en light electric vehicles <sup>3.3</sup>.

Daarnaast zijn er start-ups die mogelijk sterk gaan groeien (denk aan Dr Ten, Leyden-Jar, ed.). Banen in onderzoek en ontwikkeling zijn afhankelijk van budgetten van overheid, de Europese Commissie en het bedrijfsleven.

De Nederlandse maakindustrie is sterk in laadpalen <sup>3.15</sup> en software. Die industrie zorgt voor werkgelegenheid, <sup>3.10, 3.11</sup> naast ontwikkelingen rond smart-grids, smart-grid applicaties en het verzwaren van netwerken. <sup>3.13</sup>

De ambitie van de Nederlandse overheid is dat in 2030 uitsluitend emissievrije auto's worden verkocht. Elektrische auto's hebben substantieel minder onderdelen (1.200 versus 12.000) dan benzine/diesel auto's en vergen minder mechanisch onderhoud.<sup>3,9</sup> Productie van Elektrische voertuigen is tevens eenvoudiger en vraagt minder arbeid (mechanisch monteurs). Tegelijkertijd biedt de toename in energieopslag nieuwe werkgelegenheidskansen (installatie en onderhoud).

Batterijen gaan in de toekomst naar schatting 35% tot 50% van de waarde van de auto uitmaken en 10-15 % de elektrische aandrijflijn. Het is niet duidelijk hoeveel batterijen er in Europa geconstrueerd gaan worden en waar deze waarde dus zal worden gecreëerd.

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Onderzoek van de Europese Commissie geeft aan: "prognoses voor de wereldmarkt gaan uit van een significante groei in de vraag naar Lithium-Ion-batterijen: 660 GWh in 2023, 1.100 GWh in 2028 en mogelijk 4.000 GWh in 2040. Momenteel is dat slechts 78 GWh. Voor Europa wordt verwacht dat de capaciteit in 2023 207 GWh zal bedragen, terwijl alleen al de Europese vraag naar accu's voor elektrische voertuigen in 2028 rond de 400 GWh zal komen te liggen, waardoor minimaal 3 à 4 miljoen banen zouden ontstaan."<sup>3,6</sup>

Na elektrische voertuigen, zullen ook schepen - en later vliegtuigen - elektrificeren. De maatschappelijke druk om emissies te beperken is immers groot. De verladers staan onder druk om aan te tonen dat ze hun lading groen laten transporteren. Overheden willen emissies beperken om de luchtkwaliteit in dichtbevolkte gebieden te verbeteren.<sup>3,12</sup>

Tijdens het WEEE-forum (2017) presenteerde OCAD3E dat voor elke extra 1.000 ton recycling van e-afval zeven tot acht nieuwe banen worden gecreëerd. Recycling van Lithium-Ion-batterijen is naar verwachting arbeidsintensiever dan recycling van e-afval, vanwege de meer gecompliceerde procedure.<sup>3,14</sup> Dit biedt daarom kansen op meer werkgelegenheid.

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Klimaatbeleid leidt tot snellere groei van de elektrificatie van mobiliteit.	Onvoldoende gekwalificeerd personeel voor productie, onderhoud en hergebruik van batterij-systemen.

### Kansen

- Valorisatie van kennis op het gebied van alternatieve materialen voor kathodes, anodes en elektrolyten biedt potentiële werkgelegenheid in start-ups, scale-ups en de industrie.
- De overgang naar een circulaire economie door inzameling, hergebruik en recycling biedt kansen voor nieuwe bedrijvigheid en werkgelegenheid.
- Het stellen van de juiste doelen voor energie-transitie, gepaard met voldoende middelen leidt tot om- en bijscholing, groeiende arbeidsmarkt en mobiliteit van kenniswerkers in Europa.
- Het Innovatie & Acceleratie Programma elektrische mobiliteit kan helpen de werkgelegenheid te verbeteren. Snelle introductie van elektrisch rijden is goed voor de BV Nederland.<sup>3,10</sup>
- De maritiem-technologische sector in Nederland staat bekend om haar innovatieve karakter, goede kwaliteit en lage kosten over de totale levensduur van de producten. Deze sector kan een belangrijke bijdrage leveren aan de vergroeningsopgave voor zowel de binnenvaart als de kustvaart.

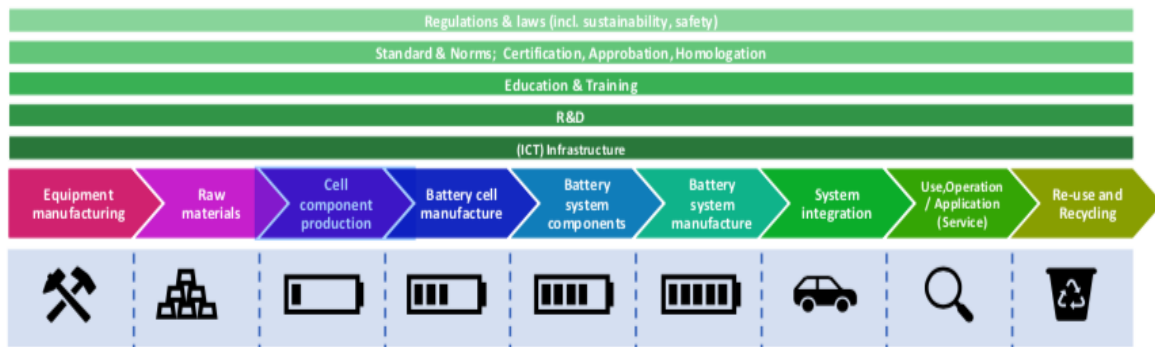
## Bronnen

- 3.1 <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2017/EN/SWD-2017-650-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- 3.2 <https://fd.nl/achtergrond/1284043/wedloop-om-de-nieuwe-batterij>
- 3.3 <https://automotive-online.nl/management/laatste-nieuws/overig/23285-investeringen-in-elektrisch-vervoer-zorgen-voor-groei-werkgelegenheid>
- 3.4 <https://www.fticonsulting.com/~media/Files/us-files/intelligence/intelligence-research/impact-electrically-chargeable-vehicles-jobs-growth-eu.pdf>
- 3.5 <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/10102/2017/EN/SWD-2017-650-F1-EN-MAIN-PART-1.PDF>
- 3.6 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/HTML/?uri=CELEX:52019DC0176&from=EN>
- 3.7 <https://europe.autonews.com/article/20180906/ANE/180909870/eu-underestimates-job-losses-through-ev-push-industry-group-says>
- 3.8 <https://ik-rij-elektrisch.be/de-elektrische-auto-bedreigt-de-werkgelegenheid/>
- 3.9 <https://www.trouw.nl/nieuws/wat-er-zo-moeilijk-is-aan-batterijen~b8c41aa8/>
- 3.10 <https://www.iape-mobility.nl/steinbuch-kans-bv-nederland/>
- 3.11 Gesprek: prof. dr. ir. Marnix Wagemaker, TU Delft
- 3.12 <http://www.maritiemnederland.com/techniek-innovatie/elektrificatie-in-scheepvaart-is-onoverkomelijk/item2799>
- 3.13 [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Algemeen/Eindrapport\\_Kwalitatieve\\_impact\\_Energieakkoord\\_op\\_werkgelegenheid%5B1%5D.pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Algemeen/Eindrapport_Kwalitatieve_impact_Energieakkoord_op_werkgelegenheid%5B1%5D.pdf)
- 3.14 [https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2018/07/RR%202018\\_05\\_Circular%20Impacts\\_batteries.pdf](https://www.ceps.eu/wp-content/uploads/2018/07/RR%202018_05_Circular%20Impacts_batteries.pdf)
- 3.15 [https://www.acea.be/uploads/publications/Study\\_ECV\\_barriers.pdf#page=8](https://www.acea.be/uploads/publications/Study_ECV_barriers.pdf#page=8)
- 3.16 <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC108043/kjna28837enn.pdf>

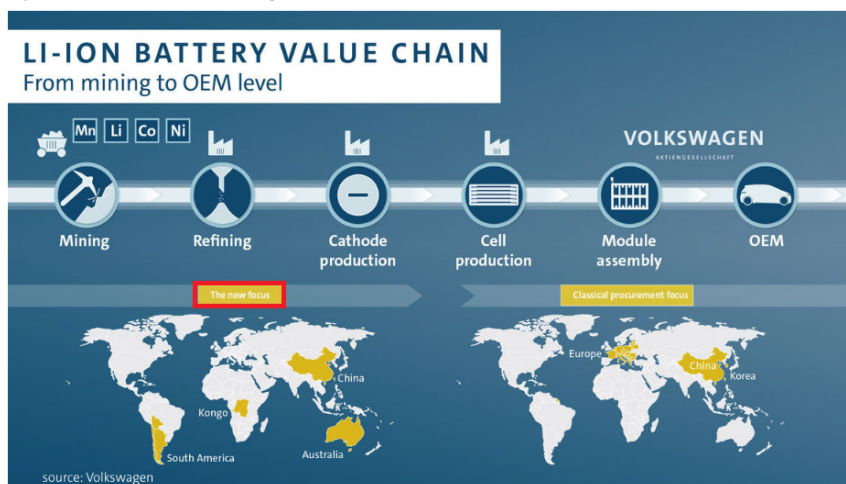
## 4. Supply chain in NL

### Introductie

TNO heeft in opdracht van RVO<sup>4.1</sup> de volgende batterijketen gedefinieerd:



Op een andere manier gevisualiseerd<sup>4.14</sup>:



Er is geen complete batterijketen in Europa en Nederland. “Hoewel Europa sterke Europese industriële bedrijven heeft in het stroom-opwaartse deel van de waardeketen van de batterij (bijv. fabrikanten van batterijmaterialen, leveranciers van productieapparatuur) en in het stroom-afwaartse deel (leveranciers zoals Bosch of Continental, autofabrikanten, recycling), is er vandaag geen sterke Europese speler gepositioneerd in het kernontwerp en grootschalige productie van batterijcellen voor toepassingen in elektrische voertuigen.”<sup>4.11</sup>

Het begin van de keten ‘raw materials’ en ‘cell component production’ vindt plaats buiten Europa. De ‘raw materials’ (koper, nikkel, lithium, kobalt) worden gewonnen in China, Afrika, Australië en Zuid-Amerika. China heeft hierbij de meeste materiaalstromen in handen.

De Lithium-Ion batterijproductie vindt grotendeels plaats in Azië. China, Japan en Korea hebben 88% van de wereldwijde productie en 79% van de EV-batterijproductie. China is de grootste speler met 60%. Amerika neemt 17% van de globale Lithium-Ion-batterijproductie op zich.<sup>4.2,4.6, 4.8</sup> Europa is een kleine speler met maar 3%.<sup>4.7</sup>

Belangrijke spelers in de batterijketen zijn uiteengezet in onderstaande figuur. Europese partijen zijn gemarkeerd met een ster.

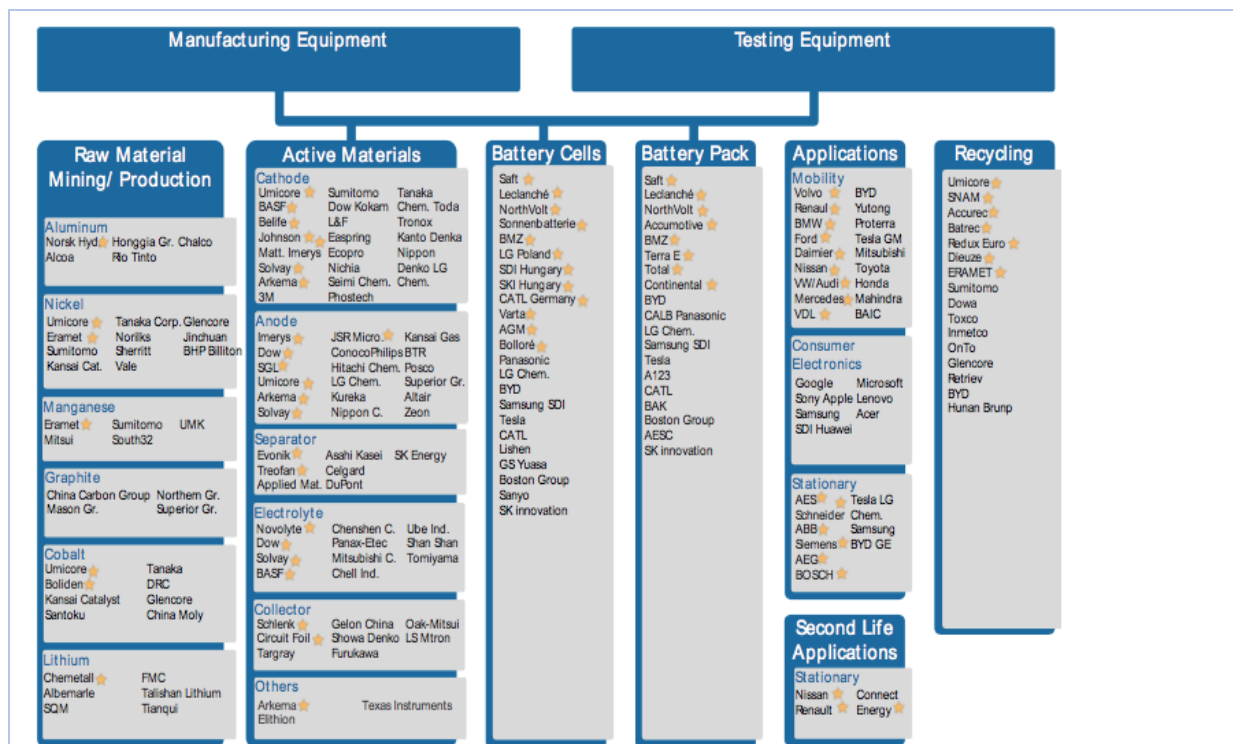


Figure 16: Battery value chain and main players (non-exhaustive) (adapted by Bax & Company, sources: EC<sup>10</sup>, InnoEnergy<sup>5</sup>, GTM Research, Meeus, Sarkar et al<sup>19</sup>)

Een aantal Aziatische spelers is van plan om fabrieken in Europa te bouwen (Samsung, LG Chem, SK Innovation) door de goede ligging van het continent.<sup>4,1,4,5</sup>

RVO <sup>4,14</sup> heeft in 2017 een indicatie gegeven van de sterkte van Nederland in het cluster Elektrisch Vervoer:

- Het marktcluster ‘Aandrijftechniek en componenten, batterijmanagement en informatiesystemen’ heeft een sterke groei doorgemaakt in 2016. Qua volume is het marktcluster ‘nieuwbouw en ombouw van voertuigen’ het grootst.
- Het cluster rond laadinfrastructuur heeft een erkende leidende positie in de wereld. Zij exporteert haar kennis en producten wereldwijd en zet toonaangevende innovaties in de markt. Deze bedrijven maken nu een kanteling van de ontwikkeling van hardware naar bredere dienstverlening.
- Elektrische aandrijving wordt na initiële groei in de markt voor personenvoertuigen steeds breder toegepast, zoals bij light electric vehicles, deelauto’s, bussen en op termijn zelfs in vrachtovervoer. Door deze verbreding worden nieuwe markten ontsloten, in het geval van de markt voor bussen ontwikkelt dit zich al binnen 10 jaar naar 100% zero emissie.
- Nederlandse bedrijven exporteren steeds meer kennis, producten en diensten naar het buitenland. De opgebouwde ervaring met de grote thuismarkt is hiervoor een stevige basis gebleken. Internationale samenwerkingsprogramma’s dragen bij aan deze export.
- Grotere partijen beginnen posities in te nemen in deze groeiende sector. Dit uit zich onder meer in een aantal overnames van Nederlandse bedrijven.

Nederland heeft een sterke positie op het gebied van nieuwe batterijtechnologieën. Energy Storage NL noemt een aantal voorbeelden: “In Nederland wordt bijvoorbeeld door DrTen de zeezoutbatterij ontwikkeld, op basis van grondstoffen die ruim voorhanden zijn.



Elestor ontwikkelt een redox-flow-batterij op basis van waterstof en broom, die gemakkelijk schaalbaar is en ook voor langere termijn opslag geschikt is. Zulke technologieën bieden alternatieven voor Lithium-Ion-batterijen.”<sup>4.3</sup> Nederland is verder voorloper in het hergebruik van grote batterijen.<sup>4.12,4.13</sup>

Raadschelders (Energy Storage NL): “Nederland heeft een aantal wereldspelers op het gebied van materiaaltechnologie voor batterijen –onder andere DSM en Sabic- en daarnaast een bewezen track-record in fabricagetechnologie en productieautomatisering –onder meer in de regio Eindhoven. Daarnaast zien we recent een aantal high-tech start-ups voor batterij-materialen (LeydenJar) en nieuwe batterijconcepten (Elestor, DrTen). Samen met partijen voor industriële automatisering hebben we een sterk ecosysteem waarbinnen batterijproductie een plaats kan vinden en sterk kan ontwikkelen.”<sup>4.3</sup>

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Er wordt verwacht dat Lithium-Ion de meest populair batterijsoort blijft tot 2030. Daarna wordt Lithium-Ion ingehaald door nieuwe batterijtechnologieën die nu in ontwikkeling zijn. De nieuwe soorten (o.a. solid-state) hebben een andere keten waarin de grootste spelers nog niet gedefinieerd zijn.<sup>4.8</sup>

“In oktober stelde Eurocommissaris Maroš Šefčovič dat batterijen cruciaal zijn voor de toekomstige industriële ontwikkelingen in Europa, 'en dus moet Europa zich verzekeren van eigen toegang tot deze technologie'. Die eigen toegang ontbreekt vooralsnog. Snel en collectief handelen was essentieel, en daarom riep de Eurocommissaris de European Battery Alliance in het leven.”<sup>4.3</sup>

“Energy Storage NL ziet graag dat de batterij-alliantie een ketenbenadering kiest. ‘Je kunt wel alleen een batterijfabriek in Europa neerzetten, maar daarmee ben je alleen maar concurrent van batterijfabrieken in China. Het is beter om echt toegevoegde waarde te leveren’, aldus de voorzitter van de brancheclub. ‘Om als land maximaal te kunnen profiteren van een technologie is een eigen kennis- en innovatiepositie nodig.’”<sup>4.3</sup>

### Problemen en risico's

Nederland heeft geen li-ion batterijproductie.	Risico: de toekomstige li-ion batterijproductie vindt plaats buiten Europa (Azië) met onzekere toeleveringsketens tot gevolg. <sup>4.7</sup>
De aanwezige kennis in NL op materiaaltechnologie voor batterijen (o.a. TUE, TUDelft, Twente University, TNO, DSM, Sabic) wordt niet optimaal benut en ontwikkeld. <sup>4.3</sup>	Risico: Nederland speelt geen belangrijke rol in de toekomstige batterijketens voor nieuwe typen batterijen. Verlies aan banen, gemist potentieel.
Nederlandse industrie (met name toeleverende maakindustrie) is afhankelijk van vitaliteit Duitse industrie, met name de auto-industrie.	Stagnatie elektrificatie mobiliteit in Duitsland of haperen van auto-industrie heeft effect op werkgelegenheid in Nederland.



## Kansen

- Nederland heeft sterke spelers in materiaaltechnologie voor batterijen (o.a. DSM) en kan daarom voorloper worden in Europa en / of de wereld.
- Er zijn veel nieuwe batterijtechnologieën in ontwikkeling, waarbij het nog niet duidelijk is wie de dominante spelers van de toekomst worden. Dit schept ruimte voor NL en Europa.
- Nederland heeft verschillende spelers in het ontwikkelen van nieuwe batterijtechnologieën en kan een belangrijke rol spelen in de toekomstige ketens van deze batterijen.
- De batterijmarkt groeit met een factor 100; biedt ruimte voor NL-ondernemers en toename in banen.

## Bronnen

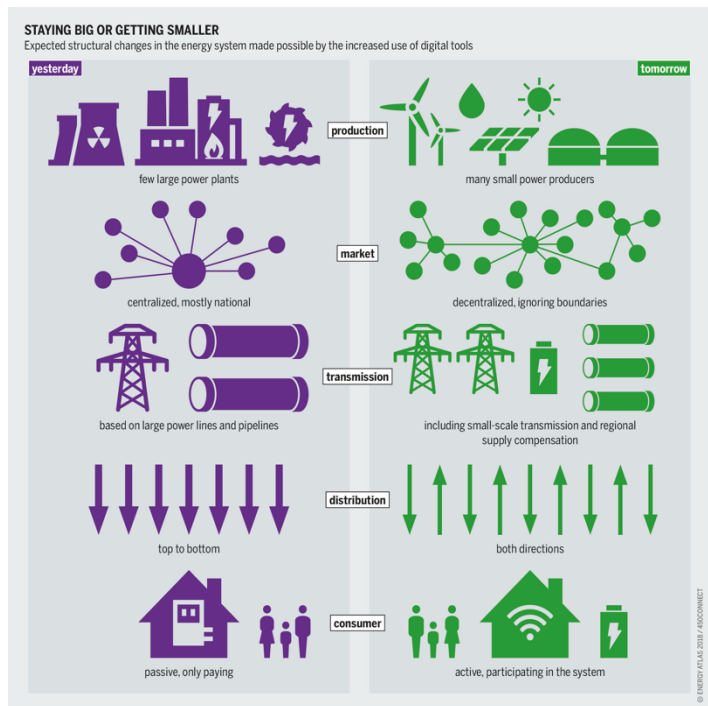
- 4.1 RVO BATTERIES TSE7180012, Inventory of the Dutch Battery Landscape, Nov 2018 – Jan 2019
- 4.2 <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f23/Lithium-ion%20Battery%20CEMAC.pdf>
- 4.3 <https://www.dnvgl.nl/news/-nederland-moet-centrum-van-de-europese-batterij-industrie-worden--104184>
- 4.4 <https://innovationorigins.com/nl/de-strijd-om-de-batterij-de-eu-wil-concurreren-met-china-maar-zijn-we-nog-op-tijd/>  
Tejs Vegge van Technische Universiteit Denemarken Department of Energy Conversion and Storage (DTU Energy)
- 4.5 <https://frontera.net/news/asia/chinas-share-of-global-battery-production-to-hit-70-by-2020-but-japans-panasonic-still-leads/>
- 4.6 <https://www.nrel.gov/docs/fy15osti/63354.pdf>
- 4.7 [https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/report-building-strategic-battery-value-chain-april2019\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/report-building-strategic-battery-value-chain-april2019_en.pdf)
- 4.8 [https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010\\_161214\\_li-ion\\_battery\\_value\\_chain\\_jrc105010.pdf](https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/jrc105010_161214_li-ion_battery_value_chain_jrc105010.pdf)
- 4.9 <https://cdn.ihs.com/www/pdf/IHS-Markit-Lithium-Battery-Supply-Chain.pdf>
- 4.10 <https://hollandonenl.com/de-strijd-om-de-batterij-de-eu-wil-concurreren-met-china-maar-zijn-we-nog-op-tijd/>
- 4.11 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blogposts/how-big-data-and-ai-can-help-batteries-future>
- 4.12 Gesprek Gert Jan van de Have, Spiers New technologies
- 4.13 Gesprek Jean-Denis Curt afdelingshoofd Circulaire Economie Renault
- 4.14 <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2017/12/22/rapport-verzilvering-verdienpotentieel-ev-2017>
- 4.15 <https://seekingalpha.com/article/4265367-european-battery-plant-expansion-implied-lithium-demands>

## 5. Energy-as-a-Service

### Introductie

In de afgelopen 10 jaar is er aanzienlijke technologische vooruitgang geboekt in de ontwikkeling van duurzame energie. Daarmee is duurzame energie steeds betaalbaarder geworden, wat heeft geleid tot een toename van wind- en zonne-energieproductie. Naast een CO<sub>2</sub> neutrale economie kan een land middels duurzame energie (gedeeltelijk) onafhankelijk worden in energievoorziening.

In het huidige elektriciteit netwerk wordt energie centraal opgewekt in grote elektriciteitscentrales en volgens verspreid naar steden – wijken – bedrijven en woningen. In toenemende mate wordt energie decentraal en op kleinere schaal opgewekt, bijvoorbeeld met kleinschalige windparken, zonnepanelen op daken en warmtekrachtkoppeling. Vanwege de intermitterende aard van wind/zonne-energie, is het voor netbeheerders lastig om vraag en aanbod in het net in balans te houden. Smart-grid technologieën bieden een uitkomst door op een slimme manier vraag en aanbod met elkaar af te stemmen. Geavanceerde diensten om het real-time aanbod en vraag in op een gedecentraliseerde manier te balanceren, worden essentieel.



Met de verschuiving van centraal naar decentrale energieopwekking en-opslag zijn nieuwe bedrijfsmodellen ontstaan. Energie wordt in toenemende mate aangeboden als een dienst ("Energy-as-a-Service", EaaS) in plaats van traditionele energie-inkoop overeenkomsten en energiebeheer diensten.<sup>5,4</sup> EaaS wordt ook wel gezien als het beheer van de energie portefeuille van een klant (bijv. energievoorziening & gebruik, activa), door het toepassen van nieuwe producten, diensten, financieringsinstrumenten en technologische oplossingen<sup>5,4</sup>. Hoewel de EaaS-markt zich nog in een vroeg stadium bevindt, omvat het externe leveranciers, distributienetwerkbeheerders en innovatieve ondernemingen die nieuwe niche-technologie, financierings-of aanbestedingsoplossingen ontwikkelen. Voorbeelden van Energie-as-a-service zijn:

- Lokale "peer-to-peer" energiehandel-platformen met gedecentraliseerde energieopslag
- Het delen van elektrische vervoersmiddelen, zoals auto's/scooters/motoren etc.
- Product-service-systemen: verhuur/lease van bijv zonnepanelen of opslagcapaciteit.
- Geaggregeerde participatie van lokale energiecorporaties.

## Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Volgens het marktonderzoek van MarketsandMarkets<sup>5,5</sup> naar EaaS, wordt de wereldwijde EaaS-markt geschat op ongeveer 52 miljard USD (2019). Deze zal naar verwachting aanzienlijk groeien tot 87 miljard USD in 2024.

Belangrijke groei-drijfveren zijn:

- Het genereren van nieuwe inkomstenbronnen voor elektriciteitsbedrijven
- Verhoging van de geïnstalleerde capaciteit in gedistribueerde hernieuwbare energiebronnen (op het dak gemonteerde zonne-PV-en micro-windturbines) en opslag (bijv. woningen/wijk batterijen))
- Dalende kosten voor duurzame energie en opslagstechnologien.
- Subsidies en belastingvoordelen voor energie-efficiëntie-initiatieven.

Belangrijke mondiale marktspelers in de EaaS-markt zijn onder andere: Schneider Electric (Frankrijk), Engie (Frankrijk), Siemens (Duitsland), Honeywell (VS), Veolia (Frankrijk), Enel X (Italië), EDF Renewable Energy (Californië) en Ørsted (Denemarken). Een aantal SME's heeft een aanzienlijk marktaandeel verworven, met name Enertika (Spanje) en Solarus (Nederland).

## Problemen en risico's

De meeste EaaS bedrijfsmodellen verkeren in een vroeg marktstadium waarop het beleid van veel bedrijfs-/overheids organen nog niet is aangepast.<sup>5,6,5.7</sup>

Politiek: Inconsistent en onvoorspelbaar beleid.	De stabiliteit dergelijke beleidskaders is beperkt tot regionale/nationale verkiezingscycli en is afhankelijk van de steun van de gekozen regering en beleidsmakers. Het risico is dat wisselende regeringspartijen wijzigingen aanbrengen.
Juridische: Beperkingen & regulering voor projectplanning.	Particuliere EaaS-initiatieven hebben last van of komen niet van de grond door het lange projectplanningstraject (conceptfase, haalbaarheidsbeoordeling, investeringsplanning, goedkeuring)
Economisch: Toegang tot financiering (subsidies, subsidies & leningen, 3e partijfinanciering)	Als gevolg van de vroege marktphase en onbewezen bedrijfsmodellen van EaaS, eisen banken grotere zekerheden die gepaard gaan met hoge rentetarieven. Startende EaaS-bedrijven zijn met name gebaat bij subsidies om de hoge (initiële) investeringen mee te financieren.

## Kansen

- EaaS-modellen kunnen van toegevoegde waarde zijn bij zowel particuliere huishoudens als commerciële/industriële entiteiten<sup>5,8</sup>:
  - Operationele en onderhouds-besparingen
  - 'Off-Balance-Sheet' financiering
  - Lagere operationele risico's
  - Verschuiving naar gedistribueerde energiebronnen
- Valorisatie van Nederlandse kennis op het gebied van nieuwe businessmodellen, alternatieve materialen en batterijen, hergebruik van end-of-life batterijen, circulaire economie.

## Bronnen

- 5.1 Intergovernmental Panel on Climate Change, „Climate Change 2014 Mitigation of Climate Change,“ Cambridge University Press (2014)
- 5.2 International Energy Agency, A Snapshot of Global PV 1992-2016 (2017)
- 5.3 <https://www.i-scoop.eu/smart-grids-electrical-grid/>
- 5.4 <https://www.navigantresearch.com/reports/energy-as-a-service>
- 5.5 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/energy-as-a-service-market-23172723.html>
- 5.6 Honeywell, Renewables & Distributed Assets - Americas HUG (06/2019)
- 5.7 MPP Capstone Project Analytical Report, Understanding Challenges for Community Energy Service Companies in the UK (2016)
- 5.8 American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE), Emerging Opportunities Series - Energy As A Service (2016)

## 6. Aanwas gekwalificeerde medewerkers / Human Capital

### Introductie

“De Energietransitie is een banenmotor en vraagt om andere vaardigheden. Het Nationaal Energieakkoord (NEA) stimuleert forse extra werkgelegenheid: 15.000 netto banen in 2020. De Topsector Energie verwacht op grote schaal nieuwe competenties nodig te hebben en spant zich in voor betere scholing, omdat banen van inhoud veranderen en om andere, aanvullende en/of hoger niveau vaardigheden vragen”.<sup>6.1</sup>

Maarten Steinbuch, hoogleraar TU Eindhoven verwoordt de uitdaging op het gebied van Human Capital als volgt: “We moeten talent ontwikkelen op alle niveau’s. De auto als iPad op wielen vergt andere disciplines. We moeten echt systeemgericht opleiden. De auto als systeem. Op de TU/e doen we dat inmiddels al 12 jaar. Hierin werken we samen met het HBO. En het HBO werkt weer samen met het MBO. Bovendien: e-mobility systemen van de toekomst inspireren studenten. We stimuleren met deze systeembenadering ondernemerschap. In Eindhoven zijn er al een paar lichtende voorbeelden van startups zoals Amber Mobility en LightYear.”<sup>6.2</sup>

“De vraag naar technisch personeel blijft onveranderd bestaan, maar er wordt meer van ze geëist: additionele competenties die passen binnen complexe systemen waar meer samenwerking tussen partijen en afstemming van subsystemen verwacht wordt (bijvoorbeeld soft skills zoals omgang met klanten en collega’s, plannen, en samenwerken). Ook wordt meer kennis gevraagd van (embedded) ICT-systemen die onderling verbonden zijn, hetgeen ook zijn weerslag heeft op de systeemintegratie. Daarnaast zullen ook voor niet-technici meer elementen van techniek in werk een belang spelen”.<sup>6.3</sup>

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

De krapte zal de komende jaren nog voortduren. Dit heeft te maken met:

De aantrekkende economie. Er zijn steeds meer (vak-)mensen nodig. Wel blijft de vraag naar personeel sterk afhankelijk van de conjunctuur en voortgaande automatisering/robotisering.

Vergrijzing en ontgroening. Er gaan de komende jaren technische vakmensen met pensioen. Vanwege automatisering hoeft (wellicht) niet iedereen te worden vervangen.

Te weinig instroom in technische opleidingen, dit speelt vooral op het mbo.<sup>6.3</sup>

Robotisering van beroepen zal de aard van het werk veranderen, omdat vooral veel nu bestaande taken zullen worden geautomatiseerd. Die trend is overigens niet nieuw een speelt al jaren op de arbeidsmarkt voor vele beroepen. Opleiding en ontwikkeling van nieuwe vaardigheden en competenties is een thema dat voor iedereen zeer actueel is.<sup>6.3</sup>

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Onvoldoende gekwalificeerde docenten die up-to-date les kunnen geven in de laatste ontwikkelingen rond batterijen.	Tekort aan (hoger) opgeleide technologen voor wetenschappelijk en toegepast onderzoek. Nederland gaat aansluiting missen met Europese kennisinstellingen.

Vacatures die lang openstaan: tekort aan geschikte medewerkers.	Tekorten kunnen tot belemmeringen in de productie leiden. Eind 2017 had in de industrie 1 op de 6 à 7 werkgevers te maken met personeelstekort, vaak leidend te vertraging van groei.
Het vinden van voldoende werknemers met digitale vaardigheden op bijvoorbeeld het vlak van cyberbeveiliging en kunstmatige intelligentie blijft een uitdaging. In 2018 waren er meer dan 33.000 ICT-vacatures.	Risico: achterlopen in Europees en mondiaal verband / de boot missen op onderwerpen als batterijmanagementsystemen, laadsystemen en data-science.

### Kansen

- Nederland heeft op bepaalde thema's een voorsprong wat betreft kennis en opleidingen. Diverse automotieve opleidingen hebben in de afgelopen jaren hun curricula vernieuwd, met elektrificatie centraal in het (project-)onderwijs.
- Aan de technische universiteiten vindt vooruitstrevend onderzoek plaats op gebieden als alternatieve materialen voor elektrodes en elektrolyten, small particle deposition, laadinfrastructuur en elektrische mobiliteit in zwaar transport.<sup>6.5, 6.6</sup>
- Nederland sterk in digitale diensten en producten, zoals rond laadinfrastructuur en BMS.
- Dit kan leiden tot ontwikkeling van een nieuwe industrietak; startups en snellere groei van scale-ups.

### Bronnen

- 6.1 <https://www.topsectorenergie.nl/human-capital-agenda>
- 6.2 <https://www.iape-mobility.nl/steinbuch-kans-bv-nederland/>
- 6.3 [https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Algemeen/Eindrapport\\_Kwalitatieve\\_impact\\_Energieakkoord\\_op\\_werkgelegenheid%5B1%5D.pdf](https://www.topsectorenergie.nl/sites/default/files/uploads/Algemeen/Eindrapport_Kwalitatieve_impact_Energieakkoord_op_werkgelegenheid%5B1%5D.pdf)
- 6.4 Factsheet\_arbeidsmarkt\_Technische\_beroepen, UWV 2018
- 6.5 Gesprek prof. di. ir. Marnix Wagemaker

## 7. De rol van data / The role of data

### Introductie

Data spelen een belangrijke rol in batterijtechnologie, de batterijketen en in het gebruik van de batterij.

Elke batterij cel wordt bestuurd door een BMS (Battery Management System). Dit systeem verzamelt data over de batterij tijdens het gebruik en controleert en stuurt het batterijsysteem aan. Deze informatie is belangrijk voor o.a. veiligheid, kwaliteit, onderhoud en mogelijke toepassingen voor een tweede levensfase. Nauwkeurige kennis van de levensloop van een batterij cel maakt het bijvoorbeeld makkelijker om batterijen te onderhouden, op te knappen, na te bewerken en te re-integreren.<sup>7.1</sup>

Ook kan de levensduur van batterijen tegenwoordig voorspeld worden aan de hand van data.<sup>7.5</sup> “Het combineren van uitgebreide experimentele gegevens en kunstmatige intelligentie maakt het mogelijk om de bruikbare levensduur van li-ion batterijen nauwkeurig te voorspellen, ontdekten wetenschappers aan the Stanford University, the Massachusetts Institute of Technology en het Toyota Research Institute. Nadat de onderzoekers hun machine-learning model hadden getraind met een paar honderd miljoen gegevenspunten van het laden en ontladen van batterijen, voorspelde het algoritme hoeveel cycli elke batterij zou leven, op basis van spanningsdalingen en een aantal andere factoren uit vroegere cycli.”<sup>7.5</sup>

Data worden tegenwoordig ook ingezet bij het zoeken naar nieuwe materialen voor batterijen (veiliger, langere levensduur, hogere energie-efficiëntie). Zo gebruiken onderzoekers aan the University of Stanford machine learning: een computer graaft door jaren aan data en papers, op zoek naar optimale materiaalcombinaties en -eigenschappen voor li-ion batterijen en solid-state batterijen.<sup>7.6,7.8,7.11</sup>

De batterijketen (van productie tot recycling) genereert zelf ook veel data. Deze data kunnen worden ingezet om de keten te optimaliseren en / of efficiënter te maken. Dit vereist in sommige gevallen samenwerking tussen verschillende partijen. Zo kan een producent van batterijcellen een materialenpaspoort ontwikkelen dat door de recycler gebruikt kan worden.

Data spelen een belangrijke rol in het gebruik van de batterij. Goed data-management kan het de energiegebruik efficiënter maken. Een voorbeeld hiervan is slim laden bij energienetten, waar het tijdstip van het laden afgestemd wordt op het energiegebruik van de buurt. Zo kunnen energiepieken en -dalen in het net voorkomen worden.<sup>7.2,7.9</sup> Ook zijn data van belang bij ‘energy-as-a-service’-concepten, waar gebruikers elektrische voertuigen of producten leasen of huren.<sup>7.10</sup>

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Data worden steeds belangrijker. Er worden steeds meer data gegenereerd door een toename van batterijen (vooral EV) en algoritmes worden steeds geavanceerder.

In toekomstige batterijfabrieken zullen data en internet-of-things de efficiëntie en veiligheid verhogen. Voorbeelden hiervan zijn: het voorspellen van onderhoud aan machines, slimme kwaliteitscontroles en het verhogen van de nauwkeurigheid in machines. Dit zorgt o.a. voor een hogere veiligheid en lagere kosten.<sup>7.7</sup>

## Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Het is moeilijk om de snelle ontwikkelingen in het datalandschap bij te houden en algoritmes constant up-to-date te houden.	Gevoeligheid voor hacking door slechte updates leidt tot grote, en mogelijk gevaarlijke, storingen in het energienet / fabrieken / andere toepassingen.
Onduidelijk wie welke data beheert en verantwoordelijk is voor het gebruik en/of onderhoud.	Lekken van data, onjuist gebruik, gebrek aan onderhoud. Leidend tot risico's in gebruik, transport, opslag en verwerking van batterijen, door ontbreken adequaat inzicht.
Onduidelijke privacyrichtlijnen	Ongewenst gebruik van data door de ongewenste personen / bedrijven.
Geen toegang tot BMS en niet willen delen van data, door bijvoorbeeld autofabrikanten. Geen toegang tot BMS.	Beperking op ontwikkelen van slimme concepten in energieopslag in het netwerk, vehicle-to-grid oplossingen en balanceren van vraag en aanbod.

## Kansen

- Efficiënter gebruik van het energienet. Voorkomen van energiepieken en -dalen in het net door slim opladen, leveren en delen.<sup>7.2</sup>
- Inzicht verkrijgen in het gebruik van elektrische apparatuur, zoals fietsen, scooter, auto's, trucks door het delen van data. Gericht verbeteringen aanbrengen in bijv. het wegennetwerk en data gebruiken voor hergebruik en circulair ontwerp.
- Betrekken / motiveren van burgers door hen inzicht in hun persoonlijk energiegebruik te geven, inclusief tips.
- Data-infrastructuur en -development up-to-date houden om veiligheid te waarborgen.
- Het (om)bouwen van (bestaande) fabrieken tot internet-of-things fabrieken kan Europa / Nederland een voorsprong geven op Azië waar hier nog nauwelijks aan gewerkt wordt<sup>7.7</sup>
- Ontdekken van nieuwe materialen voor batterijen met behulp van data en machine learning.<sup>7.6,7.8,7.11</sup>

## Bronnen

- 7.1 RVO BATTERIES TSE7180012, Inventory of the Dutch Battery Landscape, Nov 2018 – Jan 2019
- 7.2 Tu, C., He, X., Shuai, Z., & Jiang, F. (2017). Big data issues in smart grid—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1099-1107.
- 7.3 [https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20\(1\)\\_tcm81-202396.pdf](https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20(1)_tcm81-202396.pdf)
- 7.4 <https://asia.nikkei.com/Economy/China-guzzles-real-time-data-on-electric-vehicle-use>  
<https://www.sciencedaily.com/releases/2019/03/190325122014.htm>
- 7.5 Sendek, Austin D., et al. "Holistic computational structure screening of more than 12000 candidates for solid lithium-ion conductor materials." *Energy & Environmental Science* 10.1 (2017): 306-320.
- 7.6 [https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20\(1\)\\_tcm81-202396.pdf](https://eu-smartcities.eu/sites/default/files/2018-10/BCG-The-Future-of-Battery-Production-for-Electric-Vehicles-Sep-2018%20(1)_tcm81-202396.pdf)
- 7.7 <https://tomkat.stanford.edu/seed-grant-spotlight-better-batteries>
- 7.8 [https://docstore.entsoe.eu/Documents/News/THEMA\\_Report\\_2017-03\\_web.pdf](https://docstore.entsoe.eu/Documents/News/THEMA_Report_2017-03_web.pdf)
- 7.9 <https://www.raconteur.net/sustainability/energy-as-a-service>
- 7.10 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blogposts/how-big-data-and-ai-can-help-batteries-future>



## 8. Straling / Radiation

### Introductie

Batterijen zenden elektromagnetische (EM) straling uit. Dit leidt tot mogelijke gevolgen voor de gezondheid van mensen en tot interferentie met andere apparaten.

#### Het effect van EM-straling op de gezondheid

Mensen worden constant blootgesteld aan EM-straling dat uitgezonden wordt door bijv. keukenapparatuur, telefoons of elektrische voertuigen. Sterke EM-straling kan leiden tot gezondheidsklachten. Voorbeelden hiervan zijn duizeligheid, het zien van lichtflitsen of zenuwpijn. Er zijn maximale stralingslimieten vastgesteld waar apparaten aan moeten voldoen die voorkomen dat er gezondheidsklachten ontstaan op de korte termijn.

Het is niet bekend wat het lange termijneffect van EM-straling op de gezondheid is<sup>8.3,8.4</sup>. WHO zegt hierover: "Veel epidemiologische studies hebben mogelijke verbanden tussen blootstelling aan RF en overmatig risico op kanker onderzocht. Vanwege verschillen in de opzet en uitvoering van deze onderzoeken zijn de resultaten echter moeilijk te interpreteren. Een aantal nationale en internationale peer review-groepen hebben geconcludeerd dat er geen duidelijk bewijs is van verbanden tussen blootstelling aan RF en een bovenmatig risico op kanker. De WHO heeft ook geconcludeerd dat er geen overtuigend wetenschappelijk bewijs is dat blootstelling aan RF de levensduur van mensen verkort, of dat RF een inductor of promotor van kanker is. Verder onderzoek is echter noodzakelijk."<sup>8.4</sup>

Volgens RIVM: "Lange termijn gezondheidseffecten worden niet goed begrepen. Onderzoek naar mogelijke gezondheidseffecten op lange termijn van (langdurige) blootstelling aan EMV onder de blootstellingslimieten is nog gaande. Wetenschappelijke studies die groepen kinderen vergelijken die dichtbij en ver weg van een bovengrondse elektriciteitsleiding wonen, hebben aangetoond dat kinderen die worden blootgesteld aan magnetische velden boven 0,3 tot 0,4 microtesla een grotere kans hebben op leukemie. Het magnetische veld als gevolg van de hoogspanningslijn speelt mogelijk een rol bij deze grotere kans, maar er is geen bewijs voor een oorzakelijk verband. Er is ook geen bewijs voor een oorzakelijk verband tussen blootstelling aan radiofrequent elektromagnetisch veld van mobiele telefoons en het optreden van kanker in het hoofd zoals glioom. Er is voortdurend onderzoek gedaan naar mogelijke niet-specifieke gezondheidseffecten zoals vermoeidheid, concentratieverlies, slaapstoornissen, hoofdpijn en 'elektrohypersensitiviteit'. Er is echter geen oorzakelijk verband met blootstelling aan EMV vastgesteld."<sup>8.3</sup>

Het Nederlandse kennisplatform "Elektromagnetische Velden" informeert burgers over de mogelijke effecten van straling op de gezondheid. Dit is een samenwerking van RIVM, TNO, DNV GL, GGD GHOR Nederland, Agentschap Telecom, ZonMw en Milieu Centraal.<sup>8.7</sup>

Er wordt onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van straling op verschillende universiteiten en instituten in Nederland, o.a. aan de faculteit Diergeneeskunde van de Universiteit Utrecht (professor Hans van Kromhout)<sup>8.8</sup>.

Het Erasmus MC en TU Eindhoven werken ook aan dit onderwerp. Zo nemen zij deel aan het volgende programma: "Twee nieuwe leerstoelen zijn toegekend in het ZonMw onderzoeksprogramma elektromagnetische velden (EMV) & gezondheid: een biologische en een technische leerstoel parttime bekleed door drie hoogleraren. Doel is een academisch platform te creëren voor multidisciplinair onderzoek naar gezondheidseffecten van EMV. Nauwe samenwerking staat centraal: fysici en moleculair

biologen vullen elkaars werk aan...” “...De kracht van deze leerstoelen is het bij elkaar brengen van wetenschappers met complementaire expertises’, vertelt biochemicus prof. Roland Kanaar (Erasmus MC). Dit voorjaar start hij met de biologische leerstoel. ‘Mijn wetenschapsteam zal bestaan uit biochemici of moleculair biologen die onderzoeken welke processen in cellen en organen beïnvloed worden door EMV. Om de hoeveelheid en kwaliteit van de elektromagnetische straling precies te bepalen, hebben we fysici nodig.’ En die fysici vormen het wetenschappelijk team dat vanuit de technologische EMV-leerstoel wordt opgezet. Deze technologische leerstoel wordt bekleed door dr. Gerard van Rhooon (ErasmusMC/Daniel den Hoed Kliniek), die binnenkort als hoogleraar wordt aangesteld, en prof. Peter Zwamborn (TU Eindhoven en TNO Defensie en Veiligheid Den Haag).”<sup>8.9</sup>

### Elektromagnetische interferentie

Elektrische apparatuur kan interferentie ondervinden door 'stoor'-zenders (andere apparaten) die opereren op dezelfde golflengte. Er zijn richtlijnen vastgesteld waar apparatuur aan moet voldoen om dit te voorkomen.

“Elektrische apparaten dragen tegenwoordig het CE-logo. De fabrikant geeft daarmee aan dat zijn apparatuur zich aan de Europese richtlijn houdt. Apparaten moeten elektromagnetisch compatibel zijn – ze moeten in elkaars nabijheid kunnen functioneren zonder elkaar te storen.”<sup>8.6</sup>

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Het aantal elektrische apparaten neemt toe. Hierdoor worden mensen worden steeds meer blootgesteld aan EM-straling. Moderne apparaten worden steeds storingsgevoeliger, wat de kans op interferentie verhoogt.<sup>8.5,8.6,8.7</sup>

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Toename van storingsgevoelige elektrische apparatuur.	Storingen door EM-interferentie kan leiden tot ongelukken.
Te weinig kennis over de lange termijneffecten van EM-straling op gezondheid.	Gezondheidsklachten veroorzaakt door lange termijn EM-straling. Gebrek aan kennis leidt tot angst onder burgers en imagoschade.

### Kansen

Nader onderzoek moet uitwijzen wat kansen zijn.

### Bronnen

- 8.1 Safety mechanisms in lithium-ion batteries - P.G. Balakrishnan, R. Ramesh, T. Prem Kumar
- 8.2 Fielding a current idea: exploring the public health impact of electromagnetic radiation – Stephen J Genuis
- 8.3 <https://www.rivm.nl/en/electromagnetic-fields/emf-dailylife>
- 8.4 <https://www.who.int/peh-emf/publications/facts/fs226/en/>
- 8.5 <https://www.nemokennislink.nl/publicaties/gestoorde-elektrische-apparaten/>
- 8.6 <https://nieuws.kuleuven.be/nl/campuskrant/1213/06/ho-elektronische-apparaten-veilig-samenwerken>
- 8.7 <https://www.kennisplatform.nl/english/>
- 8.8 <https://www.sg.uu.nl/sprekers/hans-kromhout>
- 8.9 [https://publicaties.zonmw.nl/fileadmin/publicaties.zonmw.nl/EMVmagazine/85800002\\_3\\_Zwamborn\\_Van\\_Rhooon\\_en\\_Kanaar.pdf](https://publicaties.zonmw.nl/fileadmin/publicaties.zonmw.nl/EMVmagazine/85800002_3_Zwamborn_Van_Rhooon_en_Kanaar.pdf)

## 9. Nieuwe generatie batterijen / Next generation batteries

### Introductie

Momenteel zijn de belangrijkste toepassingen van batterijen 'mobiliteit', 'draagbare elektronica' en 'stationaire energieopslag'. Om in te kunnen spelen op specifieke uitdagingen (energiedichtheid, kosten, veiligheid), wordt mondiaal geïnvesteerd in het ontwikkelen van nieuwe technologie. In Europa wordt de innovatie-agenda voornamelijk bepaald door de European Battery Alliance. Ook is er een Europese samenwerking in het Battery2030+ programma voor nieuwe generatie batterijen. Nederland is nog geen partner. Hier is (financiële) ondersteuning vanuit de overheid voor nodig. Andere industriële / onderzoeksorganisaties die intensief op batterijen werken zijn: RECHARGE (Advanced rechargeable batteries association), EUROBAT (European association of automotive and industrial batteries manufacturers), EASE (European Association for Storage of Energy) en EERA (European Energy Research Alliance) en ETIP Batteries Europe.

Ontwikkelingen gericht op kostenbesparing omvatten:

1. Voertuigproductieplatformen herontwerpen om eenvoudigere en innovatieve ontwerp-architectuur toe te kunnen passen; efficiënt gebruikmaken van de compacte afmetingen van elektromotoren en veel minder bewegende delen in EV's dan in fossiele-brandstof-auto's,
2. Aanpassen van de batterijgrootte aan reisbehoeften; overdimensionering voorkomen,
3. Specifieke opladers voor heavy-duty toepassingen (bussen, vrachtwagens) en voor gebruik in zware trucks, scheepvaart en luchtvaart.<sup>1,1</sup>

In de komende 10 jaar concentreert het wetenschappelijk en toegepast onderzoek in Europa zich op de volgende gebieden:

- Verhogen van de energiedichtheid (kWh/kg; kWh/l);
- Verlagen van kosten (door de investerings- en operationele kosten te verlagen en alternatieve, goedkopere materialen te vinden, die in Europa beschikbaar zijn);
- Verlengen van de economische en technische levensduur;
- Verbeteren van de circulariteit (door 2e leven-scenario's te ontwikkelen, recyclingtechnologieën te ontwikkelen);
- Verminderen impact op het milieu (minder energieverbruik bij productie, minimaal gebruik schaarse materialen, toepassen alternatieve, niet-schaarse- grondstoffen, hergebruik grondstoffen en componenten);
- Verbeteren van de veiligheid (door het verhogen van het bedrijfstemperatuurbereik van materialen);
- Verkorten van de laadtijd (door gebruik te maken van materialen die bestand zijn tegen hogere belastingen, in combinatie met een meer geavanceerde oplaadinfrastructuur).

Huidig Europees onderzoek richt zich vooral op nieuwe batterijtechnologieën en materialen.

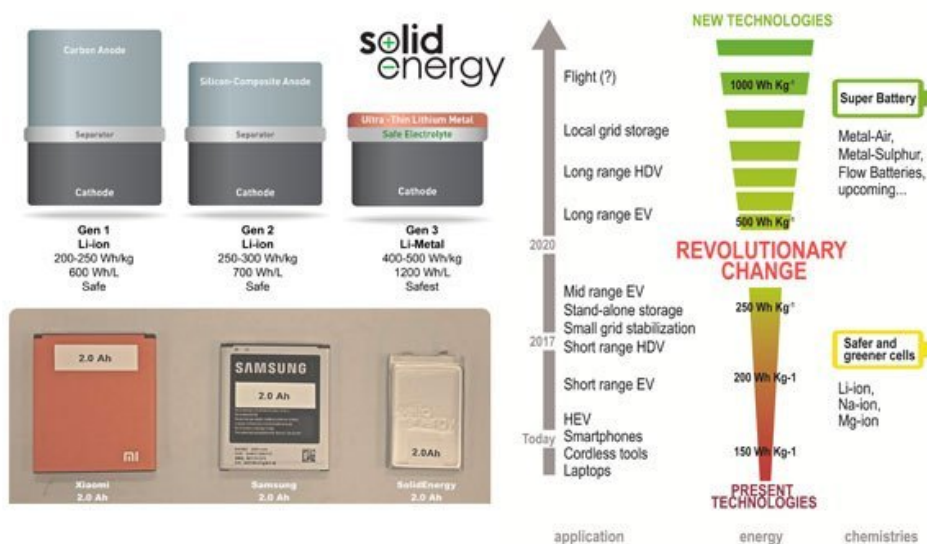
Een voorbeeld is "The Partnership for Advanced Materials for Batteries", een initiatief van EBA. Dit partnerschap heeft 6 prioriteit pilots heeft geïdentificeerd:

- Innovatieve cel productie voor de vierde generatie (solid-state) - geavanceerd materiaal & productie & cel productie (hoofdregio: Beieren). Partnerregio's: Auvergne-Rhône-Alpes (FR)/Nouvelle-Aquitaine (FR)/Vlaanderen (BE)/Brussel (BE)/Baskenland (ES)/Valencia (ES)/Aragón (ES)/Viken (NO)/Baden-Württemberg (DE).
- Duurzame winning en verwerking van grondstoffen (hoofdregio: Castilië en León). Partnerregio's: Nouvelle-Aquitaine (FR), Finland, Vestland (NO), Valencia (ES).

- Bestaande Lithium-Ion-batterijen recyclen (hoofdregio: Beieren). Partnerregio's: Vlaanderen (BE).
- Natte batterijen (gebaseerd op vloeistof, voor stationaire opslag) (hoofdregio's: Baskenland/Valencia). Partnerregio's: Baskenland (ES)/Valencia (ES)/Aragón (ES)/Slovenië, Finland/Beieren (DE).
- Netwerk onderzoeks- en testcentra (hoofdregio: Slovenië). Partnerregio's: West-Slovenië (SL), Hordaland (NO), Viken (NO), Andalusië (ES).
- Betere Lithium-Ion-batterijen (generatie 3b) (hoofdregio: Auvergne-Rhône-Alpes). Partnerregio's: Auvergne-Rhône-Alpes (FR)/Nouvelle-Aquitaine (FR)/Vlaanderen (BE)/Brussel (BE)/Baden-Württemberg (DE).<sup>9,6</sup>

## Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Naar verwachting wordt de nieuwe generatie Li-Ion-accu's gebaseerd op nikkel-mangaan-kobalt kathodes, op grafiet anoden en vaste elektrolyten om de geleiding te verhogen. Omtrent solid-state batterijen en lithium-metal batterijen vinden er belangrijke ontwikkelingen plaats. Hieronder een overzicht van de evolutie van de Li-Ion technologieën.<sup>9,2</sup>



Generation	1	2		3	4			5	
		2a	2b	3a	3b	4a	4b	4c	
Type	Current	Current	State-of-the-Art	Advanced Li-ion HC	Advanced Li-ion HV	Solid State			Beyond Li-ion
Expected Commercialisation	Commercialised	Commercialised		2020	2025	>2025			
Cathode	• NMC/NCA • LFP • LMO	• NMC111	• NMC424 • NMC523	• NMC622 • NMC811 • NMC910	• HE NMC • Li-rich NMC • HVS	• NMC	• NMC	• HE NMC	• O <sub>2</sub> • S
Anode	• Modified Graphite • Li <sub>4</sub> Ti <sub>5</sub> O <sub>12</sub>	Modified Graphite	Modified Graphite	Carbon (Graphite)+Si (5-10%)	Silicon/Carbon (C/Si)	Silicon/Carbon (C/Si)	Li metal		Li metal
Electrolyte	• Organic • LiPF <sub>6</sub> salts				• Organic+ Additives	• Solid electrolyte – Polymer (+Additives) – Inorganic – Hybrid			
Separator	Porous Polymer Membranes								

## Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Bij te weinig voortgang innovatie nieuwe generaties Li-Ion accu's: voldoen niet aan de verwachte toename van elektrochemische prestaties, waardoor beperkte energiedichtheid, levensduur en oplaadtijd.	Vertraging toename van elektromobiliteit (vanwege een beperkt bereik). Dit vertraagt de decarbonisatie van de mobiliteitssector. Vertraging van het CO2-arm maken van de elektriciteitssector. Toename investeringen in opslagcapaciteit in het netwerk (als een batterij minder lading kan vasthouden, zijn er meer nodig).
Kosten van batterijen dalen niet snel genoeg.	Geen investeringen in de waardeketen van de batterijproductie. NL staat buiten de waardeketen van de batterij (niet noodzakelijkerwijs slecht, hangt af van het nationale beleid en de doelstellingen).
Versnippering investeringen in R&D	Geen massa, geen impact van Nederlands onderzoek.

## Kansen

- De EU-begroting biedt al belangrijke financieringskansen ter ondersteuning van onderzoek naar en innovatie van batterijen. Uit het EU-kaderprogramma voor onderzoek en innovatie voor 2014-2020, Horizon 2020, is 1,34 miljard EUR toegewezen aan projecten voor energieopslag in het stroomnet en voor koolstofarme mobiliteit.<sup>9,6</sup>
- De Europese alliantie voor batterijen fungeert als katalysator voor het opbouwen van een waardeketen voor batterijen in Europa. Zo'n 260 industriële en innovatieve actoren hebben zich bij dit netwerk aangesloten. EIT InnoEnergy (een kennis- en innovatiegemeenschap van het Europees Instituut voor innovatie en technologie) heeft dit netwerk geleid en heeft al particuliere investeringen van in totaal ongeveer 100 miljard EUR aangekondigd in de hele waardeketen.<sup>9,6</sup> Nederland is op dit moment ondervertegenwoordigd in dit netwerk. Nederland kan bedrijven stimuleren om actief deel te nemen.
- Belangrijk om de juiste allianties te creëren in de hele waardeketen om te zorgen voor proefprojecten TRL2-3.
- Focus over het automatiseren en opschalen van recyclingtechnologieën (Hydro metallurgische en pyrometallurgische). Dit zou in potentie kunnen leiden tot positie van NL als "grondstoffenleverancier" (afhankelijk van het recycling bedrijfsmodel, d.w.z. wie eigenlijk de eigenaar is van de "afvalstof")

## Bronnen

- 9.1 Umicore Capital Markets Day, June 2018 (<https://www.umicore.com/storage/main/powering-ahead-kurt-vandeputte.pdf>)
- 9.2 Bax & Company, EMIRI Roadmap for Advanced Materials for Clean Energy, Work-in-Progress
- 9.3 [https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance\\_en](https://ec.europa.eu/growth/industry/policy/european-battery-alliance_en)
- 9.4 <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/topic-search;freeTextSearchKeyword=;typeCodes=1;statusCodes=31094501,31094502,31094503;programCode=H2020;programDivisionCode=null;focusAreaCode=null;crossCuttingPriorityCode=null;callCode=H2020-LC-BAT-2019-2020;sortQuery=openingDate;orderBy=asc;onlyTenders=false;topicListKey=callTopicSearchTableState>
- 9.5 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1554816272501&uri=COM:2019:176:FIN>
- 9.6 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/DOC/?uri=CELEX:52019DC0176&from=EN>

## 10. Hergebruik batterijen / Re-use batteries

### Introductie

Batterijen worden meestal afgedankt wanneer hun capaciteit tot 60%-80% is gedaald. Dat is bijvoorbeeld het geval in de EV industrie<sup>10.7</sup>.

Lood-accu's en nikkel-metaalhydride-accu's (vooral toegepast in hybride auto's) worden voor een groot gedeelte gerecycled.<sup>10.13</sup> Naar schatting wordt wereldwijd slechts 5% van de li-ion batterijen gerecycled.<sup>10.1</sup> Wat maakt het recyclen van Li-ion batterijen lastig?

1. De grote verscheidenheid aan materialen in elke cel, maakt identificatie, scheiding, en daarmee recycling lastig.<sup>14.1, 14.10, 14.12</sup>
2. Een Li-ion-batterij pakket (voor elektrische auto's) is een complex systeem en bevat in veel gevallen meer dan 100 afzonderlijke cellen (bijv. circa 5.000 cellen in een Tesla), terwijl dit er voor een lood-accu batterij maar enkele zijn.<sup>14.1,14.10,14.12</sup>
3. Binnen de cellen is de chemische samenstelling van de actieve materialen - met name de kathode - verschillend per fabrikant en batterij functie.<sup>14.1</sup> Hierdoor is er een gebrek aan uniformiteit en standaardisatie.
4. Li-ion-pakketten zijn zwaar<sup>14.7</sup> en verschillen van vorm en locatie in het voertuig. Als gevolg hiervan kan verwijdering van de batterij moeilijk zijn.<sup>14.1</sup>
5. Lithium terugwinnen is mogelijk maar kostbaar<sup>6.5</sup>
6. Een Lithium-Ion-accu kan bij ondeskundige behandeling in brand vliegen.<sup>14.10,14.13</sup> Dit maakt dat de kosten van ontmanteling flink hoger zijn dan dat de restmaterialen opbrengen waardoor belangrijke grondstoffen verloren gaan.<sup>14.13</sup>

#### EV-batterijen hergebruik:

Op dit moment (mei 2019) zijn er in Nederland 215.000 elektrische voertuigen waaronder 58.000 BEV (volledige elektrische voertuigen)<sup>10.8</sup>. De EV-batterijen bestaan uit de volgende materialen:

Lithium-Ion: meest voorkomende technologie voor BEV (Battery Electric Vehicle).

Nickel metal hybride: Veel gebruikt voor PHEV (Plug Hybrid Electric Vehicle).

Tot 2017 werden alle afgedankte accu's verwerkt (gemalen/ gesmolten). Inmiddels worden accu's ook op andere manieren verwerkt: hergebruik (Repair, Refurbish, Remanufacture for the same purpose) en gebruik in een andere toepassing. (Repurpose).

Het is vaak moeilijk om een verouderde EV-accu in zijn geheel te vervangen. De oorspronkelijke batterij wordt vaak niet meer geproduceerd (vanwege verouderde technologie) of is te duur. Het kan in dit geval voldoende zijn om alleen een aantal batterijcellen te vervangen en / of het koelingssysteem te vervangen. Spiers New Technologies (SNT) is in November 2018 operationeel geworden in Ede en biedt diensten aan om batterijen te hergebruiken. Het bedrijf verwacht 1.000-1.500 aandrijf-batterijen uit NL en omringende landen te verwerken in 2019.<sup>10.10</sup>

De autofabrikanten vervangen een batterij als het minder dan 80% capaciteit heeft. Hierna kan deze batterij voor andere toepassingen worden ingezet, zoals stationaire energieopslag. Batterij kunnen gebruikt worden als energieopslag voor woningen of een energiepark (zoals een 24 kWh batterij bij windmolenpark Prinses Alexia<sup>10.6</sup>). Een stationaire energieopslag kan het netwerk in balans houden en energiepieken en -dalen voorkomen.

Autobatterij-modulen hebben vaak nog voldoende capaciteit voor andere toepassingen. Door de regeling 'End of Waste' kan de producentenverantwoordelijkheid van de originele autoconstructeur worden overgedragen aan een nieuwe 'producent'. Deze kan de batterij converteren voor een nieuwe toepassing.

Nederlandse bedrijven die zich hiermee bezighouden zijn o.a.: EK ACCU, Time Shift Energy Storage, Scholt Energy, VDL en Alfen. Er bestaat nog geen gecertificeerde hergebruik proces voor E-fiets batterijen. Het meten van cellen en testen is nog te duur. Het is geen korte-termijn-oplossing.

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

Een flinke toename in de verkoop van EV en E-fiets wordt verwacht in de komende jaren. Nederland heeft de doelstelling dat er vanaf 2030 alleen emissieloze auto's worden verkocht.

In de stationaire energieopslagmarkt zijn verschillende pilotprojecten gaande. Deze markt zal naar verwachting groeien naar 65 GWh in 2025.

Autoconstructeurs hebben vaak liever een "dynamische opslag" van batterijen.

Batterijen verouderen langzamer als zij op een gecontroleerde manier worden gebruikt.<sup>10,11</sup>

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Er is nog geen gecertificeerde E-fiets hergebruikproces. Er bestaat vermoedelijk al 'illegale' refurbishing.	Zonder toezicht: lage kwaliteit refurbished systemen worden aan de consument verkocht. Grotere kans op ontbranden en letsel.
Verschillende actoren signaleren een gebrek aan gekwalificeerd technisch personeel om batterij efficiënt en veilig te behandelen. <sup>10,10, 10,11</sup> Autoconstructeurs verwachten een enorme trainingsinspanning richting de 'repair centres' & 'end-of-life centres'.	De constructeurs en verwerkers kunnen niet aan de vraag voldoen.
Gebrek aan een standaard technische oplossing, met name op Europees niveau. Om EV-batterijen in woningen te gebruiken, is het essentieel om de veiligheidsmaatregelen en toepasselijke codes voor hun installatie en gebruik te begrijpen. Omdat energieopslag thuis een relatief recente ontwikkeling is, zijn er niet veel codes die specifiek naar deze technologie verwijzen. <sup>10,7</sup>	Het gebrek aan gezamenlijk regelgeving en technische standaarden is een belemmering voor opschaling en grote investeringen.
Mogelijke concurrentie van goedkope energieopslagsystemen uit China maken het aanpassen van aandrijfaccu's voor hergebruik niet voordelig genoeg.	Als Nederlandse hergebruik-bedrijven geen markt kunnen vinden buiten specifieke niches, gaan zij het niet redden.



## Kansen

- De maatschappij wordt zich steeds bewuster inzake duurzaamheid, recycling en hergebruik. Dit schept kansen om de markt voor hergebruik te bevorderen.
- Nederlands is een geschikte locatie om de logistiek aspecten van Europese ‘hergebruik’ te organiseren. Dit geldt vooral voor aandrijfbatterijen. Daarvan zijn de HQ’s van de belangrijkste Europese autoproducenten goed te bereiken.
- De focus op circulaire economie in Nederland laat nieuwe verdienmodellen ontstaan. Denk aan hergebruik van een afgedankte auto-*battery pack* als opslagmedium voor zonne-energie van een woning.

## Bronnen

- 10.1 Report RVO-TNO Batteries TSE71 80012
- 10.2 <https://easyelectriclelife.groupe.renault.com/en/outlook/energy/developing-europes-largest-energy-stationary-storage-system/>
- 10.3 <https://www.nrc.nl/nieuws/2017/05/31/wat-te-doen-met-afgedankte-elektrische-autoaccu-10719808-a1561018>
- 10.4 <https://arn.nl/autorecyclingketen/aandrijfbatterijen/>
- 10.5 <https://www.refurbished.nl/>
- 10.6 Autoweek 32 - 2017 waar blijven de oude accu’s? Reportage
- 10.7 “Design and Analysis of the Use of Re-Purposed Electric Vehicle Batteries for Stationary Energy Storage in Canada”  
John W. A. Catton, Sean B. Walker, Paul McInnis, Michael Fowler, Roydon A. Fraser, Steven B. Young and Ben Gaffney, 19 januari 2019
- 10.8 RVO Statistics Electric Vehicles and Charging in The Netherlands up to and including May 2019
- 10.9 Gesprek Arie de Jong Stibat
- 10.10 Gesprek Gert Jan van de Have, Spiers New technologies
- 10.11 Gesprek Jean-Denis Curt afdelingshoofd Circulaire Economie Renault
- 10.12 <https://greenlight.nl/interviews/een-auto-moet-uiteindelijk-altijd-terugkeren-bij-de-producent/>
- 10.13 Gaines, L. (2014). The future of automotive lithium-ion battery recycling: Charting a sustainable course. Sustainable Materials and Technologies 1-2 (2014) 2-7



## 11. Imago / Public opinion

### Introductie

De ervaring met batterijen van het 'grote publiek' is op dit moment overwegend beperkt tot draagbare elektronica (zoals laptops, tablets, horloges, telefoons). De 'Samsung-batterygate' (ontbranden van de Galaxy Note 7) leidde kortstondig tot een wat groter bewustzijn van het gevaar van batterijen, maar heeft geenszins invloed gehad op aanschaf van producten met batterijen.

In het dagelijks gebruik worden batterijen nog steeds 'misbruikt': het opladen met een willekeurige stekker, een hele nacht aan de oplader en onder wisselende condities (warm, koud, vochtig, droog).

De groei van het aantal elektrische voertuigen brengt hier enige verandering in. Onderzoek onder gebruikers van elektrische voertuigen naar de impact van elektrische voertuigen versus fossiele-brandstof-auto's<sup>11</sup> laat echter zien dat behalve op het aspect 'impact op klimaat', de respondenten de EV aanzienlijk lager scoren dan de fossiele-brandstof-auto. Vooral worden er vraagtekens gesteld bij de energie-intensieve processen om grondstoffen te mijnen en te verwerken en de vervaardiging van de elektrische aandrijflijn (elektromotor, batterij).

Een van de belangrijkste problemen met de batterijproductie is het gebruik van bepaalde schaarse metalen (bv. nikkel, kobalt, lithium). Deze materialen zijn vrijwel niet te delven in Europa. Dit creëert afhankelijkheid van landen buiten de EU, met veelal een niet-democratisch regime.

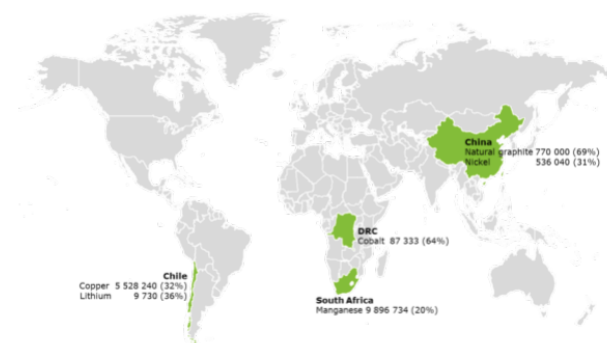


Figure 2: Countries accounting for largest share of global production of battery materials (tonnes, percent of global supply).<sup>8</sup>

Evengoed is er weinig kennis en inzicht bij de consument over de aard en oorsprong van materialen en de gevaren van batterijen.

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

De nadruk ligt op 1) het ontwikkelen en opschalen van recyclingprocessen, zodat materialen kunnen worden teruggewonnen uit afgedankte batterijen en 2) om kritische materialen te vervangen door die die in Europa worden gewonnen (bijv. het vervangen van grafiet door silicium in de anode, waardoor het nikkel-, lithium- en kobaltgehalte van de kathode wordt verminderd (zie afbeelding in het gedeelte 'nieuwe batterij technologieën').

Ontwikkeling van nieuwe schonere en modulaire productietechnologieën en-configuraties, die minder middelen (energie, verbruiksmaterialen) en minder ruimte zullen gebruiken.

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Verkeerd gebruik gaat door. Veroorzaakt verschillende veiligheidsproblemen en misschien slachtoffers.	Toename aantal persoonlijke ongelukken. Afkeer van batterijen.
Batterij-houdende producten (Lithium-ion) mogen niet mee in vliegtuig of trein.	Beperking van bewegingsvrijheid. Negatief sentiment bij consument. Minder batterij-gebruik, vertraging elektrificatie.
Door een slecht imago stagneert groei e-mobiliteit en energieopslag in huis.	

### Kansen

- Elektrisch vervoer: versnelde groei e-mobility; schoon, goedkoper en stil.
- Energietransitie gebouwde omgeving: groei opslag in huis; voordelen groter dan risico's.

### Bronnen

- 11.1 Del Pero et. al., Life Cycle Assessment in the automotive sector: a comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car, Procedia Structural Integrity 12 (2018) 521–537
- 11.2 EC, Report on Raw Materials for Battery Applications, May 2018
- 11.3 McKinsey, Metal mining constraints on the electric mobility horizon, April 2018
- 11.4 Katwala Amit, The spiralling environmental cost of our battery addiction, August 2018
- 11.5 <https://www.metalbulletin.com/Article/3313312/INTERVIEW-Nickel-ore-price-going-crazy-after-Indonesian-ban-Tsingshan-says.htm>

## 12. Inzameling / Collection large batteries end-of-life

### Introductie

Volgens het Besluit beheer batterijen (Bbb) zijn autofabrikanten en -importeurs verplicht om zowel de startaccu's als de aandrijfbatterijen van elektrische auto's en fietsen:

- aan te melden als ze op de markt worden gebracht.
- na gebruik terug te nemen of door een gecertificeerde organisatie te laten verwerken.

#### **Autobatterijen:**

Autofabrikanten geven gemiddeld acht jaar garantie op accu's<sup>10.6</sup>. De werkelijke levensduur van een batterij hangt van de afgelegde afstand, de klimaatconditie (die vrij voordelig zijn in Nederland) en het rijgedrag van de eigenaar. Er zijn steeds meer upgrades mogelijk: Renault biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid voor eerste generatie Zoë eigenaren om hun oude batterij van 20kWh te laten vervangen door een 40kWh batterij. Over het algemeen worden de EV-batterij 'afgedankt' na 5 tot 10 jaar.

EV-batterijen worden op verschillende manieren ingezameld:

- producenten organiseren de inzameling zelf,
- verwerkers zamelen in namens de originele fabrikant,
- batterij blijft eigendom van de producent tijdens de gebruiksfase.

In 2017 is er in totaal ca. 54 ton aan aandrijfacu's ingezameld en verwerkt, waarvan 17 ton door ARN (Auto-Recycling Nederland). Er zijn producten die buiten het registratiesysteem vallen door export en verkeerde inzameling / verwerking.

De startaccu's van de auto vallen in een andere specifieke categorie en worden correct verwerkt door een hoge restwaarde van de materialen en veeleisendere regelgeving (Lead).

#### **E-fiets batterijen:**

In Nederland is STIBAT de overkoepelende organisatie voor het verzamelen van draagbare batterijen. STIBAT houdt ook zich bezig met e-fiets batterijen. Sinds 2015 bestaat er een overkoepelende organisatie voor de e-fiets: stichting EPAC. Stichting EPAC is opgericht in 2015 en geeft opdracht aan Stibat om fietsaccu's eenvoudig, veilig en verantwoord in te zamelen. Dit betekent dat Stibat onder andere zorg draagt voor de inleverpunten, het ophalen van de fietsaccu's, de sortering en recycling van deze accu's. Stichting EPAC wordt begeleid en gemonitord door een Raad van Advies, bestaande uit de RAI Vereniging en de BOVAG.

STIBAT en EPAC hebben een inzamelsysteem opgezet met inzamelpunten door heel Nederland. STIBAT schat in dat 40%-50% van de fietsbatterijen nu correct worden ingezameld dankzij dit systeem.<sup>12.5</sup>

De e-fiets opgave is te vergelijken met andere >1kg batterijen die worden gebruikt in speelgoed, zoals een hoverboard.

### Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

De consument is zich steeds meer bewust van milieu impact en grondstofverspilling.

### Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Batterijen worden niet altijd correct (in bulk) opgeslagen	Veiligheid / brandgevaar <sup>12.6</sup>
50% niet ingezameld, een deel van de batterijen verdwijnt uit de afvalketen door export	Schade aan het milieu. milieuschade en veiligheidsrisico's. Het materiaal kan waarde verliezen.

### Kansen

- Circulaire economie: verminderen vervuiling huishoudelijk afvalstroom.
- Circulaire economie: ingezamelde batterijen zijn bron van schaarse grondstoffen

### Bronnen

- 12.1 <https://www.recyclingplatform.nl/recycling-processen/batterijen>
- 12.3 Gesprek Arjen Brouwer, Rijkswaterstaat
- 12.4 Gesprek Hector Timmers, Auto Recycling Nederland
- § Gesprek Arie de Jong, CEO STIBAT
- § <https://www.ifv.nl/kennisplein/Documents/201901-VRH-VRR-LIOGS-Handreiking-opslag-Li-on-energiedragers.pdf>

## 13. Ontbranden en explosies / Fire and explosions

### Introductie

Brand en explosies waar Lithium-Ion-batterijen zijn betrokken, komen zelden voor (tussen 1 op 1 miljoen tot 1 op de 10 miljoen batterijen).<sup>13.11</sup> De belangrijkste oorzaak is oververhitting.

‘Oververhitting van de accu kan ontstaan als een accu een (interne) beschadiging heeft, of als de laadtijd langer is dan normaal. Een fietsaccu wordt gemiddeld in 5 tot 7 uur opgeladen. Meestal geeft de LED indicator op de lader aan, of het laadproces voltooid is. Een van de belangrijkste risico’s is beschadiging van het accupack. Ook al lijkt er ogenschijnlijk niets aan de hand, kan na een flinke klap de interne cel vervormen, waardoor oververhitting kan ontstaan tijdens het op- of ontladen van het accupack. Ondeugdelijke laders vergroten ook de kans op beschadiging van de accu.’<sup>3.19</sup>

Belangrijkste reden voor batterij-brand of -ontploffing is thermisch verloop. De temperatuur kan in het geval van bepaalde batterijen op een ongecontroleerde manier toenemen, wat thermisch verloop wordt genoemd. Dit kan leiden tot explosie of brand in de batterij, zelfs wanneer batterijen niet verkeerd worden toegepast. De aanwezigheid van microscopische metalen onderdelen kan leiden tot kortsluiting.<sup>13.14,13.15</sup> In gevallen waar dit gebeurde zijn de producenten gedwongen grote hoeveelheden batterijen terug te nemen (bijvoorbeeld batterijen van de Samsung S7). Dit komt vooral voor bij Lithium-Ion-batterijen, maar kan ook plaatsvinden bij lood-zuur batterijen, nikkel-cadmium-batterijen, nikkel-metaalhydride-batterijen en nikkel-ijzer-batterijen, voornamelijk tijdens het opladen.<sup>13.12</sup>

Normale kortsluiting kan ontstaan bij het opladen van Lithium-Ion-batterijen of de aanwezigheid van metalen stoffen in batterijen. Daarnaast bestaat er ook het gevaar voor externe kortsluiting die kan ontstaan bij het demonteren van een elektronisch apparaat waar een batterij in is verwerkt. Dit type risico is vanzelfsprekend significant binnen terugwinningsinstallaties (waar een grote hoeveelheid batterijen wordt opgeslagen). De kans op externe kortsluiting neemt toe als batterijen worden opgeslagen in metalen containers en de batterijpolen niet worden afgeschermd met bijvoorbeeld tape om contact tussen de batterijen en container te voorkomen.<sup>13.14,13.15,13.16</sup>

Environmental Services Association (ESA) and the AATF (Approved Authorised Treatment Facility) Forum in de UK heeft in 2017-18 510 branden gerapporteerd, waarvan 25% toegekend zijn aan lithium(-ion) batterijen.<sup>13.10</sup>

‘In Nederland heeft een gemiddeld huishouden 125 batterijen. Steeds vaker zijn dit ook Lithium-Ion-batterijen. Deze batterijen kunnen oververhit raken in brand vliegen. Vaak gebeurt dit tijdens het opladen, door het gebruik van niet-originele laders, het overladen van de batterij of door beschadigingen. Helaas neemt het aantal incidenten toe doordat er meer Lithium-Ion-batterijen toegepast worden. Hoewel exacte aantallen niet bekend zijn, waren er in 2017 naar schatting iedere week twee incidenten waarbij dit soort accu’s betrokken zijn.’<sup>13.18</sup>

Van het aantal e-fietsen en Elektrische voertuigen dat de laatste jaren in brand is gegaan is geen statistiek gevonden.

Het blussen van een EV vraagt een speciale aanpak. Binnen een uur na het ontstaan van de brand wordt de auto ondergedompeld in een waterbak en is de situatie onder controle. Door de onderdompeling is er nagenoeg geen emissie meer en worden de accu’s constant en effectief gekoeld. Door zo’n onderdompeling komt het water overal. Bij normale blussing is dit niet het geval, omdat de

accupakketten helemaal zijn ingebouwd. Pas na 80 uur onder water wordt de reactie in het accupakket van de auto minder.

De opkomst van elektrische auto's brengt extra risico's met zich mee, waarop volgens de brandweer onvoldoende wordt ingespeeld. "Er is veel politieke aandacht om elektrisch rijden groot te maken. Maar als zo'n batterij in brand vliegt, moeten we die vier dagen onder water zetten om het vuur te doven"

De brandweer heeft handleidingen ontwikkeld hiervoor en er worden ook al trainingen op dit gebied gegeven. Verder werkt ze samen met experts van hogescholen en TNO om tijdig de opkomst van nieuwe technieken te signaleren.<sup>13.20</sup> De overheid ontwikkelt handleidingen en organiseert trainingen.<sup>12.6</sup> Een voorbeeld van een onderzoeksfaciliteit op dit onderwerp is de Twente Safety Campus.

Samengevat zijn dit de oorzaken van brand- en explosierisico's (in de meeste gevallen leidend tot thermisch verloop):

#### **Lage kwaliteit beschermingssystemen**

Er zijn verschillende veiligheidssystemen voor batterijen, zowel verwerkt in de batterijen als opladers of Batterij Management Systems (BMS). Brand en explosie risico's hangen af van het type en de effectiviteit van het gebruikte beveiligingssysteem. Bijvoorbeeld bij de resultaten van het testen op kortsluiting van een 9 volt alkaline batterij verschillen de uitkomsten per merk en model batterij terwijl ze er op het oog hetzelfde uitzien.<sup>13.16</sup>

#### **(Externe) Kortsluiting tijdens recycling en opslag**

Normale kortsluiting die kan ontstaan bij het opladen van Lithium-Ion-batterijen of de aanwezigheid van metalen stoffen in batterijen. Daarnaast bestaat er ook het gevaar voor externe kortsluiting die kan ontstaan bij het demonteren van een elektronisch apparaat waar een batterij in is verwerkt. Dit type risico is vanzelfsprekend significant binnen terugwinningsinstallaties (waar een grote hoeveelheid batterijen wordt opgeslagen). De kans op externe kortsluiting neemt toe als batterijen worden opgeslagen in metalen containers en de batterijpolen niet worden afgeschermd met bijvoorbeeld tape om contact tussen de batterijen en container te voorkomen.<sup>13.14,13.15,13.16</sup>

#### **Blootstelling aan extreme temperaturen en water**

De risico's van blootstelling van batterijen aan water is laag. Wanneer een batterij beschadigd is of in een afgesloten container ligt, neemt de kans op brand en explosie toe.<sup>13.4</sup> Volgens het European Portable Battery Association bevatten Lithium-Ion-batterijen meestal 1-10% organische oplosmiddelen.<sup>13.7</sup> Deze organische oplosmiddelen zijn ontvlambaar. Bijvoorbeeld propyleencarbonaat (vlampunt van 135 °C) en ethylmethyl-carbonaat (vlampunt 25 °C).

#### **Toename capaciteit van batterijen**

Lithium(-ion) batterijen krijgen een steeds grotere energie (opslag)capaciteit en vermogensdichtheid dan voorheen, waardoor de mogelijke impact van brand en explosie toeneemt. Indien batterijen niet goed worden ontworpen (het ontbreken van een veiligheidssysteem), of worden misbruikt zullen ze een gevaar blijven. Huidige lithium batterijen hebben 38 keer meer energie dan een alkaline batterij.<sup>13.4</sup>

## Trends en ontwikkelingen (mondiaal, EU, NL)

De batterijenmarkt wordt op dit moment gedomineerd door loodzuur batterijen (90%) van de totale markt en zullen tot 2025 de grootste volume behouden. Echter zal de markt voor Lithium-Ion naar verwachting deze overstijgen vanaf 2025.<sup>13.9</sup>

Lithium-Ion-batterijen krijgen een steeds grotere energie(-opslag)capaciteit en vermogensdichtheid dan voorheen, waardoor de mogelijke impact van brand en explosie toeneemt. Indien batterijen niet goed worden ontworpen (het ontbreken van een veiligheidssysteem), of verkeerd worden gebruikt vormen ze een gevaar. Huidige Lithium-Ion-batterijen hebben 38 keer meer energie dan een alkaline batterij.<sup>13.4</sup>

Het toenemende gebruik van batterijen en de snelle uitwisseling van producten die batterijen bevatten in de maatschappij, betekent dat er een hoge hoeveelheid batterijen aanwezig is in faciliteiten die elektronisch afval en producten verwerken. In 2016 werd er per persoon 9.1 kg WEEE verzameld in Nederland.<sup>13.13</sup>

Veilig gebruik van Lithium-Ion-batterijen vereist inzicht en kennis over de gehele levenscyclus van de batterij (productie, transport, opslag, apparaat integratie, gebruik en recycling). Met name gebrek aan kennis over zorgvuldig gebruik brengt verhoogd risico met zich mee.

Toename in kwaliteit en veiligheid batterijen en hun beveiligingssystemen.

Aan huidige Lithium-Ion-batterijen zijn nog significante risico's verbonden. De FAA heeft een aanzienlijk aantal incidenten verzameld, binnen en buiten de VS die plaatsvonden tijdens luchttransport of luchtvervoer (bijvoorbeeld laden en lossen, opslag tijdens het wachten op transport).<sup>13.17</sup>

## Problemen en risico's

Problemen	Risico's
Dominantie van Lithium-Ion-batterijen, die steeds krachtiger worden.	
Het toenemende gebruik van batterijen en de snelle uitwisseling van producten die batterijen bevatten in de maatschappij, betekent dat er een hoge hoeveelheid batterijen aanwezig is in faciliteiten die elektronisch afval en producten verwerken.	Stephen Freeland, beleidsadviseur bij ESA, stelt dat afvalbedrijven bijzonder kwetsbaar zijn wanneer een batterij wordt verzameld in droog gemengd recycling (DMR) afval - en kan worden beschadigd in sorteermachines - of in restafval.
Branden en explosies binnen (WEEE) afval en recycling faciliteiten.	

## Kansen

- Innovatie in batterij ontwikkeling zorgt voor een veiliger ontwerp, bijvoorbeeld het waterig of vastestof elektrolyt dat niet kan ontbranden.
- Richtlijnen ontwikkelen en samenwerking bevorderen tussen veiligheidsdiensten, bedrijven en kennisinstellingen om kennis te vergroten en brandweerlieden op te leiden.

## Bronnen

- 13.1 Armand, M.; Tarascon, J.M. Building better batteries. *Nature* 2008, 451, 652. [CrossRef] [PubMed]
- 13.2 "Linden's Handbook of Batteries", 4th ed., Editor: T.B. Reddy, McGraw-Hill, New York, 2011.
- 13.3 Lisbona, Diego, and Timothy Snee. "A review of hazards associated with primary lithium and lithium-ion batteries." *Process Safety and Environmental Protection* 89.6 (2011): 434-442
- 13.4 Amon, Francine, et al. *Fire risks associated with batteries*. 2012.
- 13.5 Mikolajczak, C., et al., "Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment", Exponent, Quincy, MA, p. 112, 2011
- 13.6 Ohsaki, T., et al., "Overcharge reaction of lithium-ion batteries", *Journal of Power Sources*, vol. 146, no. 1-2, p. 97-100, 2005
- 13.7 "Product Information-Primary and Rechargeable Batteries", in EPBA Europe.net, The European Portable Battery Association, Brussels, 2007
- 13.8 Reddy, T.B., "Lithium primary batteries", in *Linden's Handbook of Batteries*, Editor: T.B. Reddy, McGraw-Hill, New York. p. 14.7, 2011.
- 13.9 The Rechargeable Battery Market and Main Trends 2016 – 2026
- 13.10 ESA Guidance document ontwikkeld door Hazardous Waste Working Group (full version later in 2019)
- 13.11 Wang, Qingsong, et al. "Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery." *Journal of power sources* 208 (2012): 210-224.
- 13.12 Larsson, Fredrik, Petra Andersson, and Bengt-Erik Mellander. "Lithium-ion battery aspects on fires in electrified vehicles on the basis of experimental abuse tests." *Batteries* 2.2 (2016): 9.
- 13.13 Eurostat Waste statistics-electrical and electronic equipment, data from January 2019
- 13.14 Buchmann, I., "Safety concerns with Li-ion", Battery University, [www.batteryuniversity.com/](http://www.batteryuniversity.com/), 2011.
- 13.15 Taylor, R.L., "Lead-Acid Battery Hazards", Calicorp Inc., <http://www.calicorp.com/articles/batteries-hazards.html>, 2006.
- 13.16 Mikolajczak, C., et al., "Lithium-Ion Batteries Hazard and Use Assessment", Exponent, Quincy, MA, p. 112, 2011.
- 13.17 "Batteries and Battery-Powered Devices. Aviation Incidents Involving Smoke, Fire, Extreme Heat or Explosion, March 1991-October 2012", U.S. Federal Aviation Administration
- 13.18 <https://www.brandweer.nl/brandweernederland/nieuws/2018/alles-over-de-batterij>
- 13.19 <https://www.accucompany.nl/voorkom-brand-of-explosie-in-lithium-fietsaccus/>
- 13.20 <https://www.brandveilig.com/nieuws/brandveiligheid-hoogbouw-in-het-gedrang-61810>



## 14. Hergebruik van batterijen voor energie-opslag / Re-use for energy storage

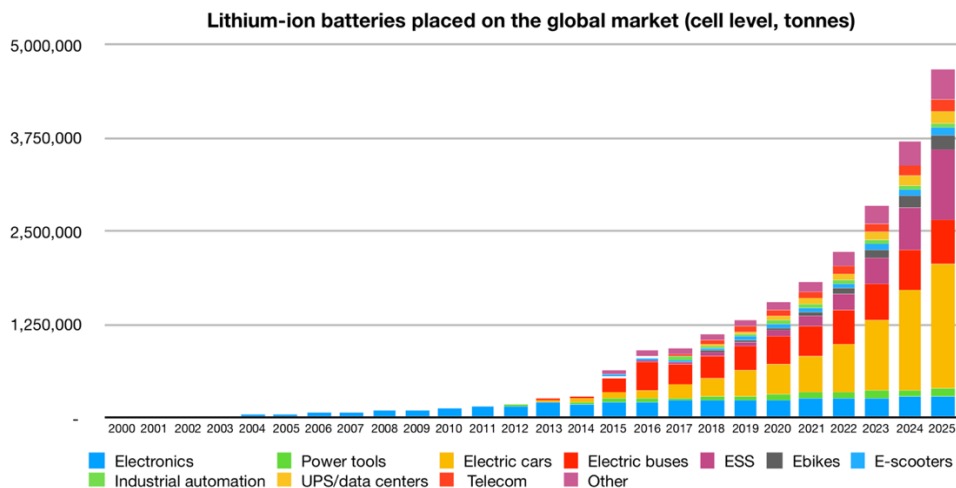
\* ontleend aan memo van Fleur Malschaert, d.d. 31 juli 2019

### Introductie

Er bestaan veel verschillende soorten batterijen met eigen karakteristieken en voor- en nadelen. Dit is mede afhankelijk van het ontwerp en de materiaalkeuze van de batterij. Voor de toepassing van batterijen in vliegtuig speelt gewicht bijvoorbeeld een veel belangrijkere rol dan voor het gebruik van batterijen bij schepen. Rondom de verschillende type en zelfs materialen zijn eigen batterijketens worden gevormd. Grote (tot mega) fabrieken, gespecialiseerd in een bepaald type batterij worden gebouwd om tot rendabele productie te komen (economies of scale). Wanneer toepassingsdomeinen met dezelfde vereisten worden gelinkt, geeft dit mogelijkheden tot gezamenlijk leren, experimenteren, netwerken en stimulering marktcreatie en -ontwikkeling. Momenteel is het algehele batterijlandschap echter versnipperd, met weinig contact tussen de verschillende organisaties in de batterijketens en toepassingsdomeinen. Om te kunnen zien waar links tussen verschillende toepassingen van batterijen mogelijk zijn is het van belang om de overeenkomsten en verschillen tussen de vereisten te weten.

### Trends en ontwikkelingen

Voor het elektrificeren van mobiliteit is de Lithium-Ion-batterij momenteel de meest gebruikte, mede door de balans in energiedichtheid, capaciteit, kosten en levensduur. Dit type wordt onder andere gebruikt in CV (compact vehicles: fietsen, scooters), LMD (light & medium duty vehicles: auto's, busjes etc.) en HD (heavy duty vehicles: vrachtwagens, bussen, tractoren). De Lithium-Ion-batterij heeft verschillende varianten, afhankelijk van de materiaalkeuze in de batterij. Ook hier hangt de keuze voor de materialen af van de vereisten. Ondanks dat Lithium-Ion-batterijen en haar varianten momenteel populair zijn, worden ook andere batterijen toegepast en ontwikkeld.



Hieronder een overzicht van de belangrijkste bevindingen wat betreft overeenkomsten en verschillen in batterijtechnologie:

#### Verschillen in batterijen LMD-voertuigen en HD-voertuigen

In vergelijking met LMD-voertuigen hebben HD-voertuigen zwaardere en grotere batterijen nodig die ondanks de grootte en het aantal veilig zijn. Om deze reden zijn andere typen Lithium-Ion-batterijen geschikt. Daarnaast hebben batterijpakketten in HD vaak grotere modules en cellen, doordat deze makkelijker passen dan in de kleinere LMD waar de pakketten meer geïntegreerd moeten worden in het ontwerp.

### Overeenkomsten in HD-voertuigen onderling en non-HD

Verschillende type HD-voertuigen (vrachtwagens, bussen, tractoren) kunnen vaak gebruik maken van dezelfde batterijpakketten. Daarnaast hebben zij overeenkomsten met een aantal non-HD toepassingen als binnenvaart, spoor, non-road mobile machinery en toepassingen voor defensie.

### Link luchtvaart en zeevaart

Voor de grote luchtvaart en zeevaart staan momenteel beide voor de technologische uitdaging in het gebruik van batterijen: het vermogen en de energiec capaciteit. Deze zijn momenteel nog te laag om batterijen als enige energiedrager te gebruiken. Daarnaast vormt voor deze toepassingen de beschikbaarheid van laadmogelijkheden een probleem. Voor luchtvaart komt hier het gewicht bij, batterijen zijn vaak te zwaar voor de energie die ze kunnen leveren. Daarnaast ligt door het brandgevaar van grotere hoeveelheden Lithium-Ion-batterijen, de focus van de luchtvaart (mogelijk ook binnenvaart en zeevaart) weer meer op NiCD batterijen.

In de domeinen van luchtvaart en zeevaart worden batterijen echt als 1 van de opties om de sector te verduurzamen gezien en gezien de forse uitdagingen niet direct als meest belovende optie.

### Trein

De treinsector maakt al lange tijd gebruik van elektriciteit, echter niet via batterijen. Het gebruik van batterijen is vooral nuttig voor spoorlijnen die geen (of weinig) toegang tot bovenleidingen hebben. Bij het gebruik van batterijen vormen warmte problemen en de levensduur van de batterij nog problemen. De trein kan voor beide issues mogelijk meeliften op toekomstige technologische ontwikkelingen in luchtvaart en zeevaart. Mogelijk zal in Noord-Nederland worden gewerkt aan een batterijtrein.

### Link mobiliteit en energie-opslagsystemen

Naast mobiliteit zijn er ook verbanden te leggen tussen batterijgebruik voor mobiliteit en batterijgebruik voor energie opslagsystemen. Aangezien de grootte en het gewicht vaak minder belangrijk is in energieopslagsystemen zijn verschillende type batterijen geschikt, naast de batterijcellen kunnen ook types als redox flow en materialen als Na-S, NiFe en zoutwater worden gebruikt. Ook batterijen die in mobiliteit worden gebruikt, kunnen geschikt zijn. Veiligheid is echter wel een belangrijk criterium, bij grotere batterijsystemen bestaat een groter risico.

Voor mobiele energie opslagsystemen hebben batterijen uit mobiliteit het voordeel dat deze al een veiligheids-certificering voor transport van de batterij hebben.

Echter, batterijen zijn vooral handig wanneer energie maximaal 1-3 dagen moet worden opgeslagen, lange opslag vermindert de levensduur. Voor grootschalige en langdurige energie opslagsystemen zijn batterijen geen rendabele toepassing. Momenteel varieert de rendabele inzet van batterijen in energie opslagsystemen van systemen van 1 kWh (woningen) tot utility scale systems van 100 MWh. Daarnaast geldt voor energie opslagsystemen dat ook andere energiedragers ingezet kunnen worden, zoals waterstof.

### Andere aspecten

Batterijen voor PHEV, FCEV en BEV hebben verschillende batterijpakketten, zowel in grootte als in type. Behoeftte aan testfaciliteiten en marktvaart/toegang tot markt.

## Kansen

De inzet van batterijen in mobiliteit inzetten als tijdelijke buffer voor het elektriciteitsnet. Verwachting is dat in 2050 het grootste deel van de energievraag uit elektriciteit bestaat, waarvan een toenemend gedeelte duurzaam wordt opgewekt. Om de toenemende vraag naar elektriciteit en het aanbod aan duurzaam opgewekte elektriciteit aan te kunnen, is uitbreiding van het elektriciteitsnet vereist. Pieken in de elektriciteitsvraag en aanbod versterken deze uitdaging.

De batterijen in mobiliteit bieden hier een mogelijkheid om de toenemende vraag en aanbod tijdelijk op te vangen. De meest bekende toepassing is te vinden bij elektrische auto's. Bij het zogenoemde vehicle-to-grid (V2G) functioneert de batterij van een elektrisch voertuig (tijdelijk) als buffercapaciteit in het netwerk om zo (lokale) piekbelastingen in het netwerk op te kunnen vangen. Deze buffercapaciteit kan enerzijds ingezet worden om stroom naar andere voertuigen te sturen (in het lokale netwerk) die eerder opgeladen moeten zijn; anderzijds kan deze buffercapaciteit benut worden om een overschot aan energie op te slaan als er meer energie wordt opgewekt dan wordt gevraagd (zon overdag, wind 's nachts) en deze op een later moment wordt terug geleverd. Batterijen in auto's hebben voldoende capaciteit om zelf opgewekte energie op te vangen voor het net.

De slimme inzet van deze voertuigen voor het energienet zal daarnaast niet alleen de economische opbrengst per batterij laten toenemen, het kan ook de benodigde investeringen voor het elektriciteitsnet verminderen.

Car maker	Second life initiative	Car maker	Second life initiative
BJEV	EV-charging, backup power	Mitsubishi	C&I energy storage
BMW	Grid-scale energy storage, EV-charging	PSA	C&I energy storage
BYD	Grid-scale energy storage, backup power	Renault	EV-charging, residential energy storage, grid-scale energy storage
Chengon	Backup power	Tesla	Remanufacturing
Daimler	Grid-scale energy storage, C&I energy storage	Toyota	C&I energy storage, grid-scale energy storage (NiMH)
General Motors	Remanufacturing,	SAIC	Backup power
Great Wall Motor	Backup power	Volkswagen (Audi)	C&I energy storage
Hyundai	Grid-scale energy storage, C&I energy storage	Volvo	Residential energy storage
Nissan	Remanufacturing, C&I energy storage, EV-charging	Volvo Cars	Residential energy storage
		Yin-Long	Backup power, C&I energy storage

Er zijn inmiddels verschillende varianten van de V2G te bedenken. Naast het terugleveren aan het net (grid), kunnen voertuigen ook worden gebruikt voor het direct opladen van huizen (vehicle-to-home) of kantoren (vehicle-to-building) of andere voertuigen (vehicle-to-vehicle). De technologie is hetzelfde maar de wijze waarop het terugleveren ondersteunend is, verschilt. Bij V2H gaat het bijvoorbeeld vooral om het tijdelijk opslaan van zonne-energie in de auto, om deze energie op een later moment weer te gebruiken. Bij V2G wordt de technologie eerder gebruikt om het elektriciteitsnet te ontlasten op momenten van drukte of onbalans en daarmee netcongestie op te lossen.

Daarnaast kunnen de batterijen van voertuigen ook ingezet worden ten behoeve van de snellaadinfrastructuur. Om auto's snel op te laden is een hoog vermogen nodig. Batterijsystemen uit elektrische voertuigen zijn een economisch aantrekkelijke manier om dure uitbreidingen van het elektriciteitsnet te voorkomen, als ook dure piekbelasting tarieven.

Het gaat hier dus niet alleen om elektriciteit te verplaatsen, maar om het vermogen waarmee dit gebeurt te verhogen.

Wanneer dit opladen en ontladen gereguleerd gebeurt, kan ook worden voorkomen dat de capaciteit van de batterij hier niet onder lijdt. Regels kunnen ervoor zorgen dat er een minimale en maximale hoeveelheid energie in de batterij moet blijven bij het ontladproces. Onderzoek door de Universiteit van Warwick in 2017 toonde zelfs aan dat hiermee de levensduur van de batterij kan worden verlengd. Er is echter een aantal issues rond de inzet van batterijen uit mobiliteit. Om mogelijk te maken dat op de juiste momenten energie wordt geladen of juist ontladen, moeten de auto en de laadpaal kunnen communiceren. Dit gebeurt aan de hand van communicatieapparatuur in de auto en in de laadpaal. Voor het gebruik van deze apparatuur zijn communicatieprotocollen nodig. De kosten van bi-directionele laadpalen zijn aanzienlijk hoger dan een normale laadpaal. Momenteel worden een aantal bi-directionele palen sterk gesubsidieerd. Gezien de sterke positie van Nederland in laadinfrastructuur en battery management systems, liggen hier kansen om de positie te versterken en deze expertise met haar producten te exporteren.

Verder krijgt batterijgebruik voor de tijdelijke opslag van duurzame energie te maken met dubbele energiebelasting en het verlies van de GVO. Bij dubbele energiebelasting wordt zowel belasting betaald bij het opslaan van de energie in de batterij als ook bij het gebruik van de energie uit de batterij. Een Garantie van Oorsprong (GvO) is een digitaal certificaat waarmee bewezen kan worden dat die hoeveelheid stroom ergens in Europa duurzaam is opgewekt. Als duurzaam opgewekte energie tijdelijk in batterijen wordt opgeslagen, verliest de energie de GVO. Dat maakt het voordeliger om de opgewekte energie meteen op het net aan te bieden.

Het wegnemen van deze financiële tegenvallers, zal de inzet van de batterij stimuleren. Er zijn echter nog andere institutionele barrières voor smart charging om adoptie verder mogelijk te maken. Lessen hieruit kunnen ook worden ingezet voor stimuleren vehicle-to-grid technologie voor andere modaliteiten.

Andere mogelijkheden om het elektriciteitsnet te ondersteunen:

- Bij het gebruik van V2G en varianten hierop worden vraag en aanbod zoveel mogelijk op locatie ingericht, zodat minder verlies van energie plaatsvindt door verplaatsing.
- Waakzaam zijn voor snelheid adoptie elektrische voertuigen ten opzichte van ontwikkeling laadinfrastructuur en ondersteunen elektriciteitsnet.
- Vraag en aanbod zoveel mogelijk op locatie ingericht, zodat minder verlies van energie plaatsvindt door verplaatsing. Overheid kan hiervoor haar sturingsinstrumenten voor ruimtelijke ordening gebruiken (bv. bepalen waar kabels van wind op zee aan land komen).
- Af te stemmen met bronnen uit Duitsland en wind op zee.
- Inzicht in ontwikkelingen in vraag & aanbod elektriciteit (visies uit alle dossiers) voor inplannen elektriciteitsnet en in waar omzetting tussen laagspanning, middenspanning en hoogspanning nodig is.

## Bronnen

TNO rapport - RVO Batteries TSE7180012

Gesprek op 12 juni 2019 met Nico Brinkel (Universiteit Utrecht)

Gesprek op 21 juni 2019 met Stefan Olsthoorn (FME Energy Storage NL)

Gesprek op 8 juli 2019 met Jaap-Jan Ferweda (iFly)

Gesprek op 12 juli 2019 met Martin Nagelsmit (NLR)

<https://www.lc.nl/friesland/Arriva-Batterijtreinen-zijn-al-over-drie-jaar-inzetbaar-23674918.html>

Report European Commission - <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/news/electrification-transport-system-expert-group-report>

Technologisch Innovatie Systeem (TIS) analyse van elektrisch rijden in Nederland (2019)

[https://www.researchgate.net/profile/Matthieu\\_Dubarry/publication/321197939\\_The\\_viability\\_of\\_vehicle-to-grid\\_operations\\_from\\_a\\_battery\\_technology\\_and\\_policy\\_perspective/links/5a1483140f7e9b925cd5124a/The-viability-of-vehicle-to-grid-operations-from-a-battery-technology-and-policy-perspective.pdf?origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Matthieu_Dubarry/publication/321197939_The_viability_of_vehicle-to-grid_operations_from_a_battery_technology_and_policy_perspective/links/5a1483140f7e9b925cd5124a/The-viability-of-vehicle-to-grid-operations-from-a-battery-technology-and-policy-perspective.pdf?origin=publication_detail)

<https://www.elaad.nl/projects/v2g-the-power-recycling-car/>

Gesprek op 24 juni 2019 met Zita Koks (EVconsult)

<https://www.zelfstroom.nl/energiebegrippen/garantie-van-oorsprong-gvo/>

[https://www.deingenieur.nl/uploads/media/588f833d68ee6/Fiscale\\_barrieres\\_voor\\_Smart\\_Charging\\_PWC\\_voor\\_ElaadNL.pdf](https://www.deingenieur.nl/uploads/media/588f833d68ee6/Fiscale_barrieres_voor_Smart_Charging_PWC_voor_ElaadNL.pdf)

[https://www.elaad.nl/uploads/files/PWC\\_rapport\\_met\\_appendix.pdf](https://www.elaad.nl/uploads/files/PWC_rapport_met_appendix.pdf)

<https://nederlandelektrisch.nl/technologie/opladen/v2g-vehicle-to-grid>

The lithium-ion battery end-of-life market – *A baseline study* For the Global Battery Alliance, Author: Hans Eric Melin, Circular Energy Storage, 2019