

STUDIE OVER DE ELEKTRIFICATIEBEHOEFTE VAN DE MOBILITEIT IN BELGIË EN DE ERAAN VERBONDEN GEVOLGEN

Eindverslag

Deze studie werd tussen februari en november 2021 uitgevoerd door CLIMACT voor rekening van de FRDO. De in dit verslag naar voren gebrachte standpunten zijn die van CLIMACT en geven niet noodzakelijk de standpunten van de FRDO-leden weer.

Vertaling van het oorspronkelijk in het Frans geschreven verslag.

Publicatiedatum: december 2021



Auteurs

CLIMACT: Quentin Schobbens, Julien Defauw, Pascal Vermeulen, Benoît Martin, Maïté Jonas.

TDI Sustainability: Graham Lee.

Inhoud

1	Samenvatting	5
2	Inleiding	16
3	Context en uitdagingen van elektromobiliteit	18
4	Vooruitzichten voor de ontwikkeling van elektromobiliteit in België	21
5	Analyse van de belangrijkste effecten	42
6	Aanbevelingen voor beleidsmaatregelen	57
7	Bijlage 1: Samenvatting van de ecologische, sociale en economische uitdagingen	67
8	Bijlage 2: Methodologische details van de opgestelde scenario's	73
9	Bijlage 3: Bijzonderheden over de belangrijkste resultaten	77
10	Bibliografie	83

Opmerking

Deze studie werd gefinancierd door de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling (FRDO), een raad van leden die werd opgericht bij de wet van 5 mei 1997 inzake duurzame ontwikkeling. De Raad fungeert als discussieforum over duurzame ontwikkeling en heeft tevens (onder meer) tot doel de publieke en private organisaties, alsook de burgers zelf, bewust te maken en studies over duurzame ontwikkeling voor te stellen. Meer informatie vindt u op: <https://www.frdo-cfdd.be/nl/de-raad>.

De Raad heeft een bestek opgesteld en gepubliceerd. Op basis daarvan heeft CLIMACT deze studie uitgevoerd. Een begeleidingscomité, bestaande uit leden van de FRDO en experts van verschillende overheidsbesturen, heeft toezicht gehouden op het opstellen van de studie. Er vonden verschillende vergaderingen plaats om het onderzoeksteam te ondersteunen, de deskundigheid van de verschillende deelnemers te delen en een kader te bieden voor de studie.

Glossarium

BEV: Battery Electric Vehicle – Elektrisch voertuig met een batterij.

EOL: End of Life – Einde van de levenscyclus.

EV: Electric Vehicle – Elektrisch voertuig, met inbegrip van BEV en PHEV.

BKG: Broeikasgas.

AI: Artificiële intelligentie.

ICEV: Internal Combustion Engine Vehicle – Voertuig met verbrandingsmotor, met inbegrip van de conventionele diesel- en benzinevoertuigen.

LCA: Life Cycle Assessment – Levenscyclusanalyse.

LDV: Light Duty Vehicle – Licht voertuig.

MaaS: Mobility as a Service – Mobiliteit als een dienst: de dienst bestaat erin een alternatief te bieden voor individueel autobezit.

SDG: Sustainable Development Goal – Duurzame Ontwikkelingsdoelstelling.

PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle – Plug-inhybride

PLV: Powered Light Vehicles – Licht gemotoriseerd voertuig¹.

TOD: Transit-Oriented Development – Integrale gebiedsontwikkeling rondom een knooppunt van het openbaar vervoer.

TTW: Tank-to-Wheel. Verwijst naar het energieverbruik van de tank van de auto tot aan de wielen, en de daarmee gepaard gaande emissies.

V2G: Vehicle-to-Grid – Voertuig dat is aangesloten op het net.

VOS: Vluchtige organische stoffen.

WTW: Well-To-Wheel – Van bron tot wiel. De WTW-koolstofvoetafdruk omvat, in het geval van een BEV, de emissies van de opwekking van elektriciteit, de distributie daarvan en de winning en raffinage van de fossiele brandstoffen die bij de opwekking van die elektriciteit worden gebruikt. Deze maatstaf is opgenomen in de LCA-koolstofvoetafdruk, die alle autogerelateerde BKG-emissies omvat (inclusief de productie van het voertuig in het geval van de LCA, bijvoorbeeld).

¹ Hieronder vallen voertuigen van klasse L (gemotoriseerde voertuigen op 2-4 wielen met een massa en vermogen van maximaal 400 kg (zonder batterij) en 15 kW).

1 Samenvatting

1.1 Achtergrond en doelstellingen van de studie

Het koolstofvrij maken van de vervoerssector is een van de prioriteiten van de Europese Unie, met name in het kader van de verbintenissen die zijn aangegaan in het Akkoord van Parijs en meer recentelijk in de Green Deal voor Europa en de strategie Fit for 55 van de Europese Commissie.

De uitdaging is tweeledig: enerzijds is de sector goed voor ~16% van de jaarlijkse BKG-emissies wereldwijd² (en 22% van de emissies op het Belgische grondgebied³), en anderzijds is hij de enige sector waarvan de emissies tussen 1990 en 2019 zijn toegenomen in België⁴. [23]

In de Europese plannen wordt voorzien in de vervanging van traditionele voertuigen met verbrandingsmotor door elektrische voertuigen op batterijen; de door de Commissie voorgestelde doelstellingen gaan zelfs in de richting van een verbod op de verkoop van auto's en bestelwagens op fossiele brandstoffen tegen 2035. [103]

Deze ontwikkelingen maken het dan wel mogelijk om de BKG-emissies van de sector aanzienlijk te verminderen, maar ze doen ook een aantal vragen rijzen over de ecologische, sociale en economische gevolgen ervan.

Het is tegen deze achtergrond dat de Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling (FRDO), op verzoek van zijn leden, een studie wenste te doen uitvoeren over de behoeften aan elektrificatie van de mobiliteit in België en de daarmee samenhangende ecologische, economische en sociale gevolgen⁵.

Dit document geeft een samenvatting van alle bevindingen van het uitgevoerde onderzoek. Het probeert een antwoord te geven op de volgende vragen:

- Wat zijn de mogelijke scenario's inzake de vraag naar batterijen met het oog op een koolstofvrij België in 2050?

² In 2016, gebaseerd op schattingen van Climate Watch en The World Resource Institute, <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [43].

³ Zie <https://klimaat.be/in-belgie/klimaat-en-uitstoot/uitstoot-van-broeikasgassen/uitstoot-per-sector>.

⁴ Als we tertiaire en secundaire verwarming als één enkele sector beschouwen (zie de link in voetnoot 3).

⁵ De technische vereisten staan beschreven in het bestek CFDD2021/01 en werden nader toegelicht tijdens de informatiebijeenkomst op maandag 14 december 2020.

- Wat zijn de economische, ecologische en sociale (positieve en negatieve) gevolgen van deze scenario's?
- Welke beleidsmaatregelen zijn essentieel om snel koolstofvrij te worden zonder de andere duurzame ontwikkelingsdoelstellingen in gevaar te brengen?

1.2 Elektromobiliteitsscenario's voor een koolstofvrij België

De scenario's die in deze studie worden voorgesteld, zijn het resultaat van een maandenlange samenwerking met industriële experts, academische experts, de dienst Klimaatverandering van de FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu (hierna FOD Volksgezondheid) en de leden van de FRDO.

De analyses en conclusies in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op de verkennende scenario's voor een koolstofneutraal België die door de FOD Volksgezondheid in samenwerking met CLIMACT werden ontwikkeld. Deze scenario's zijn afgeleid van een modelleringstool met de naam '2050 Pathways Explorer', die door CLIMACT is ontwikkeld. De studie heeft betrekking op het passagiers- en vrachtvervoer, zowel in de vorm van weg-, zee-, spoor- als luchtvervoer.

Er wordt gebruikgemaakt van drie kernscenario's die gericht zijn op een volledige decarbonisatie van de vervoerssector in België in 2050:

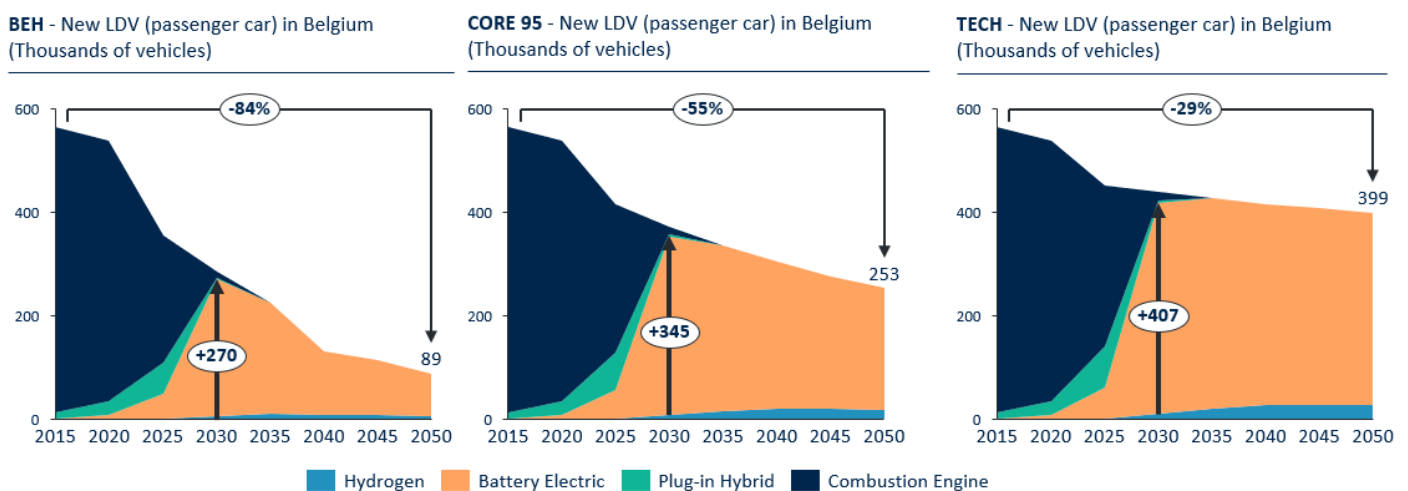
- het technologische scenario (TECH), dat eerder pleit voor het gebruik van technologische veranderingen (bv. nieuwe motoren) om de economie koolstofvrij te maken;
- het behavior-scenario (BEH), dat eerder gericht is op gedragsveranderingen (bv. modal shift naar het openbaar vervoer);
- het CORE 95-scenario, ambitieus maar evenwichtiger met betrekking tot de twee hierboven genoemde dimensies.

Geen enkel scenario kan zonder gedrags- of technologische veranderingen; een combinatie van beide is nodig om koolstofneutraliteit te bereiken.

Van de belangrijkste hypothesen die in de tabel in bijlage 2 zijn opgenomen, kunnen we onthouden dat de ontwikkeling tussen 2015 en 2050 van het aantal met de auto afgelegde kilometers zich stabiliseert in het TECH-scenario, terwijl het in het CORE 95- en het BEH-scenario met respectievelijk 22% en 51% daalt. We merken ook een daling van het modale aandeel van de auto in het personenvervoer: van 62% in 2015 tot 33% in 2050 voor het BEH-scenario, tot 45% voor het CORE 95-scenario en tot 51% voor het TECH-scenario. De andere hefbomen voor decarbonisatie (penetratie van elektrische voertuigen, gebruiksgraad enz.) worden nader toegelicht in bijlage 2.

Uit de analyse blijkt dat de gemodelleerde scenario's voor decarbonisatie allemaal een vermindering van het jaarlijkse volume verkochte auto's impliceren en, parallel daarmee, een toename van het aandeel elektrische voertuigen. Deze doelstelling komt verhoudingsgewijs overeen met die welke de Europese Commissie momenteel voor 2035 voorstelt [103]: het einde van de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor in 2035 voor de hele Europese Unie⁶. In absolute cijfers verschillen de hoeveelheden van scenario tot scenario, zoals blijkt uit Figuur 1.

Figuur 1: verkoop van voertuigen van het type LDV in België volgens de drie centrale scenario's van de analyse



Naast de gedragsveranderingen om de totale vraag naar voertuigen te verminderen, is de keuze van batterijen als basistechnologie voor nieuwe lichte voertuigen in verschillende opzichten gerechtvaardigd:

- Het alternatief van de synthetische brandstoffen (bv. synthetische diesel ('e-diesel') of waterstof) is een nuttige maar niet erg energie-efficiënte optie. In meerdere studies wordt aanbevolen het gebruik van synthetische brandstoffen te reserveren voor zware voertuigen, de scheepvaart en de luchtvaart [120], vervoerswijzen waarvoor batterijen niet als een levensvatbaar alternatief worden beschouwd,
- Biobrandstoffen worden ook gezien als een mogelijke oplossing voor decarbonisatie. Verschillende studies wijzen erop dat deze energiebronnen beperkt zijn qua duurzame, emissiearme

⁶ In deze studie werd ook een analyse van een lineaire evolutie van de groei van de verkoop van elektrische voertuigen van het type BEV gemaakt en besproken. Deze gevoeligheidsanalyse doet de vraag naar batterijen en materialen de facto dalen, maar stemt niet overeen met de door de Europese Commissie voorgestelde streefcijfers van 'zero emissie' (en vermindert het potentieel voor een verlaging van de emissies van de sector sterk). Daarom wordt ze niet vermeld in de samenvatting van de studie.

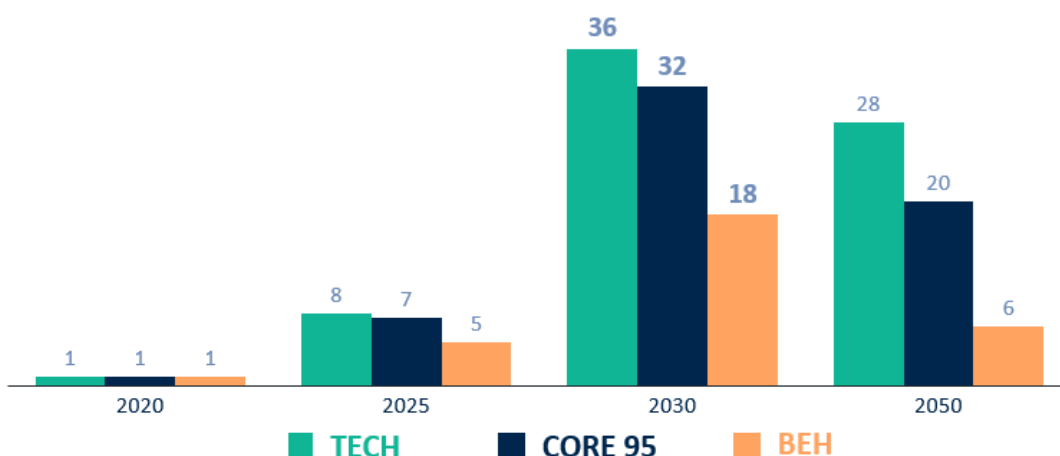
hoeveelheden. Dit versterkt het belang van het gebruik van mogelijke alternatieven (zoals batterijen) om het gebruik van deze brandstoffen tot een minimum te beperken en tegelijk de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. [120]

- Het is nuttig eraan te herinneren dat de in het vorige onderdeel beschreven Europese doelstellingen alleen betrekking hebben op de verkoop van nieuwe voertuigen: zonder extra maatregelen zal het wagenpark nog steeds bestaan uit 'traditionele' voertuigen totdat het volledig vernieuwd is, waardoor het gebruik van synthetische brandstoffen of biobrandstoffen onevenredig toeneemt als deze mogelijk worden gemaakt voor lichte voertuigen [85].

De volumes aan elektrische auto's hebben een directe invloed op de vraag naar batterijen. Ramingen van de groei van de batterijvolumes tussen 2020 en 2030 bevestigen de noodzaak om het autogebruik te beperken als we de doelstelling van 2030-2035 als einddatum voor de verkoop van auto's met verbrandingsmotor realistisch willen houden. De TECH- en CORE 95-scenario's, die het aantal verkochte auto's evenwel doen dalen, lijken bijzonder ambitieus: zij vermenigvuldigen het aantal tussen 2020 en 2030 geproduceerde batterijen voor elektromobilititeit in België met respectievelijk 36 en 32. Deze veelvouden zouden een verdeling van nieuwe batterijen ten gunste van België in vergelijking met andere Europese landen impliceren. Een groei die dicht bij het BEH-niveau ligt, lijkt realistischer, zoals blijkt uit onderstaande figuur (zie onderdeel 4.3.2 voor meer details).

Figuur 2: Vraag naar batterijen in België (GWh) volgens de 3 centrale scenario's van de analyse

Battery yearly demand in Belgium – comparison between TECH, CORE 95 & BEH (GWh)



1.3 Uitdagingen die voortvloeien uit de elektromobiliteitsscenario's

De terugdringing van de vraag naar vervoer, de productie van een dergelijke grote hoeveelheid batterijen, de transformatie van de auto-industrie: al deze factoren bevestigen dat het koolstofvrij maken van de vervoerssector grote sociale, economische en ecologische gevolgen zal hebben.

In deze studie worden ze vanuit vier invalshoeken geanalyseerd: ten eerste door een overzicht van de positieve en negatieve externe effecten van deze transitie (hoofdstuk 3 en bijlage 1); ten tweede door een meer gedetailleerde kwalitatieve analyse van bepaalde belangrijke gevolgen (hoofdstuk 5); ten derde door de kwantificering van de druk op de hulpbronnen van zes kritieke metalen (onderdeel 4.3.3); en ten slotte door een kwantificering van de verbetering van de luchtkwaliteit (onderdeel 5.3).

1.3.1 Druk op de hulpbronnen

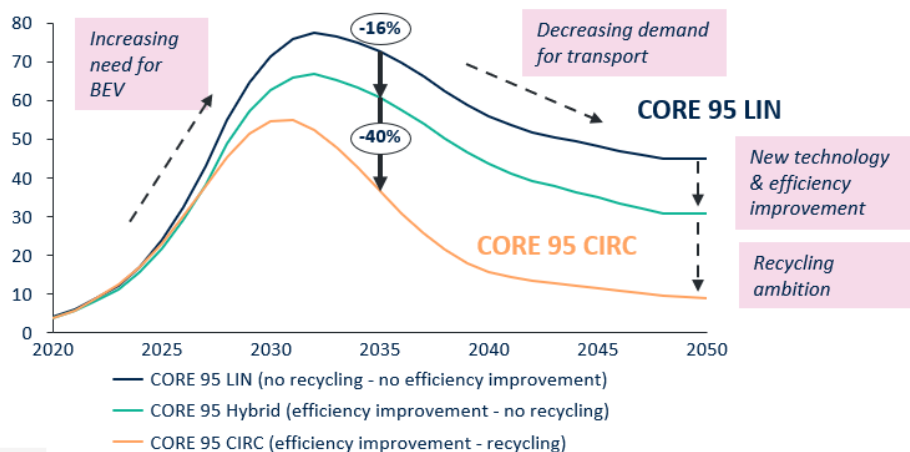
In alle scenario's is er dringend behoefte aan de ontwikkeling van normen, infrastructuur, stimulansen en technologische innovaties die enerzijds de primaire behoefte aan kobalt en lithium verminderen en anderzijds de inzameling en recycling van gewonnen hoeveelheden mogelijk maken, teneinde de hoeveelheden primaire grondstoffen binnen grootteorden te houden die verenigbaar zijn met de ramingen van de minerale reserves en bodemrijkdommen. Deze conclusies gelden voor alle bestudeerde materialen en moeten voor kobalt, gezien de geraamde beschikbare hoeveelheden, prioritair worden aangepakt. Het is van essentieel belang dat nieuwe technologieën snel door de industrie worden ontwikkeld, vooral dan technologieën die het mogelijk zouden maken kobaltvrij te kunnen werken.

Scenario's die gericht zijn op gedragsveranderingen, hebben een aanzienlijke invloed op de behoefte aan primaire grondstoffen (deze veranderingen verminderen de 'hoogte van de klokvorm' in Figuur 3 hieronder). Het terugdringen van de vraag op korte termijn is des te belangrijker omdat technologieën die de vraag naar kobalt beperken, op het moment van schrijven van dit verslag erg beperkt zijn. Vermindering van de vraag doet echter niets af aan het belang van het gebruik van technologische innovaties en normen of stimulansen die het potentieel daarvan maximaliseren (bv. een streefcijfer voor het recyclingpercentage).

Voortzetting van de geologische exploratie lijkt onvermijdelijk om aan de vraag te voldoen en de vervoerssector snel koolstofvrij te maken: er zijn krachtige begeleidende maatregelen nodig om de externe sociale en ecologische effecten van deze exploratie tot een minimum te beperken.

Figuur 3: Belgische jaarlijkse vraag naar primaire grondstoffen volgens verschillende gevoeligheidsanalyses rond CORE 95 - sommen van de geanalyseerde materiaalvolumes (duizend ton)

Annual primary demand of key materials: reduction thanks to demand, efficiency & recycling improvements (thousands tons of materials) – Based on CORE 95 scenario

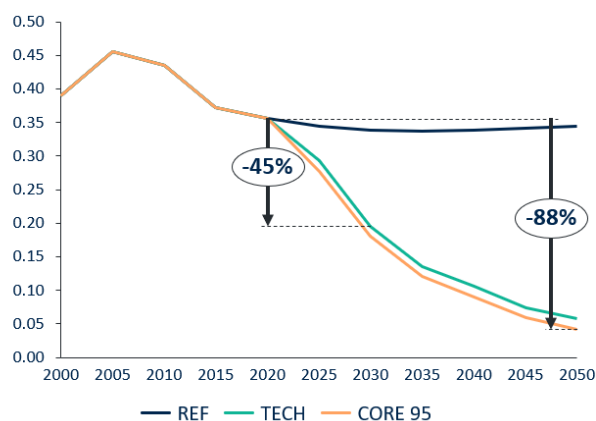


1.3.2 Verbetering van de luchtkwaliteit

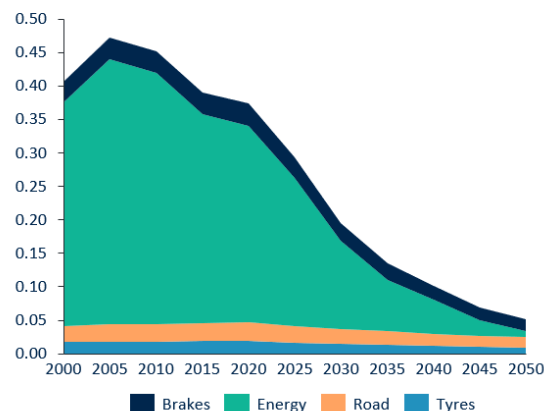
De emissies en concentraties van de bestudeerde luchtverontreinigende stoffen (NH₃, PM_{2.5}, VOS) nemen in alle scenario's van decarbonisatie door elektromobiliteit af, aangezien de verbranding van fossiele brandstoffen de belangrijkste bron van die stoffen is. Het model verwacht residuele emissies van PM_{2.5} in 2050 ten gevolge van de slijtage van banden, remmen en asfalt. Er zullen (ontluikende maar niet gemodelleerde) innovaties nodig zijn om deze fijne deeltjes volledig te kunnen elimineren.

Figuur 4: Concentratie aan PM_{2.5} - vergelijking van de scenario's REF, CORE 95 en TECH

Concentration en PM_{2.5} en Belgique: impact du Transport par scénario [µg/m³]



Sources des concentrations en PM_{2.5} selon le scénario CORE-95 [µg/m³]



1.3.3 Andere externe milieueffecten

Broeikasgasemissies in de gehele waardeketen (onderdeel 5.2). Uit de meeste studies blijkt dat elektrische voertuigen gedurende hun hele levenscyclus minder broeikasgassen uitstoten dan voertuigen met verbrandingsmotor. We wijzen er wel op dat de technologieën voor de productie van batterijen momenteel afhankelijk blijven van elektrische en fossiele energie: in een koolstofneutrale wereld is het sowieso onontbeerlijk deze productie koolstofvrij te maken en de meest efficiënte technologieën te bevorderen.

Decarbonisatie van het elektriciteitsnet (onderdeel 5.2.3). Het is cruciaal om tegelijk met de ontwikkeling van de elektromobiliteit de elektriciteitsopwekking koolstofvrij te maken. Het is nuttig hier ook te wijzen op het belang van de vermindering van de vraag in een vroeg stadium opdat de decarbonisatie snel zou kunnen plaatsvinden, aangezien de transitie van verscheidene sectoren zal worden gerealiseerd door een elektrificatie van de technologieën.

Biodiversiteit (onderdeel 3.2). Talrijke studies documenteren de schade die aan natuurlijke ecosystemen wordt toegebracht door de huidige mijnbouwpraktijken (niet alleen in verband met elektromobiliteit). Ook de toekomstige praktijken (waaronder exploitatie van de zeebodem in diep water ('deep-sea mining')) zijn in dit opzicht aan veel kritiek onderhevig.

1.3.4 Externe maatschappelijke gevolgen

Schendingen van de mensenrechten in de mijnbouwgebieden (onderdeel 5.4). Regelmatig wordt melding gemaakt van grote problemen in de mijnbouwgebieden waar de belangrijkste grondstoffen voor de elektromobiliteit worden gewonnen. Het is onjuist om al deze negatieve externe gevolgen (gevolgen voor de gezondheid van de mijnwerkers en de omwonende bevolking, geweld, landroof, arbeidsomstandigheden en kinderarbeid) uitsluitend toe te schrijven aan de batterijen van elektrische voertuigen: het gaat veeleer om terugkerende feiten in de mijnbouwindustrie, ongeacht het gebruik van de materialen in een latere fase. Er moet dringend worden ingegrepen in de waardeketen van de batterijen, maar dat zal niet volstaan: dit kan dan wel het startsein zijn om meer normen op te leggen, maar het is ook van essentieel belang om de mijnbouwpraktijken in het algemeen te verbeteren (zie de beleidsaanbevelingen).

Banen (onderdeel 5.5). Het is moeilijk om de netto-impact van de opkomst van elektrische voertuigen op de werkgelegenheid in Europa en bij uitbreiding in België met zekerheid te bepalen. Er zijn nog veel onzekerheden over de gebruikte parameters en, voor zover wij weten, bestaat er geen nauwkeurige studie over de Belgische casus. Er zal echter een ingrijpende verandering plaatsvinden in de soorten benodigde vaardigheden en een groot deel van de arbeidskrachten die momenteel in de automobielsector werkzaam zijn, zal zich moeten heroriënteren. Bovendien zullen in de koolstofvrije scenario's nieuwe diensten (buiten de waardeketen van de voertuigproductie) ontstaan (zoals de ontwikkeling van technologieën voor autodelen), die nieuwe banen kunnen opleveren.

1.4 Aanbevelingen voor beleidsmaatregelen

1.4.1 Het voorstel van verordening van de Europese Commissie

In het kader van de Europese Green Deal, binnen het nieuwe 'actieplan voor een circulaire economie', heeft de Europese Commissie in december 2020 een belangrijk voorstel gepubliceerd voor een verordening die de hele waardeketen van batterijen bestrijkt: de 'verordening [...] inzake batterijen en afgedankte batterijen'. Doel van het voorstel is minimumcriteria op ecologisch en maatschappelijk gebied in te voeren voor alle soorten batterijen die op de Europese markt worden gebracht. Het voorstel bevordert door de hele waardeketen heen de ecologische en maatschappelijke zorgvuldigheidsplicht. Voorafgaand aan het gebruik moet de koolstofvoetafdruk van de productie worden berekend en moet een 'paspoort' worden opgesteld ter bevordering van de transparantie van essentiële informatie voor de consument en voor al wie betrokken is bij de reparatie, het hergebruik of de recycling van batterijen. Stroomafwaarts worden in het voorstel streefcijfers vastgesteld voor de inzameling en recycling van materialen.

1.4.2 Aanbevelingen inzake de voorgestelde verordening

De meeste lidstaten, ngo's en belanghebbenden juichten dit voorstel toe, maar drongen er wel op aan dat in de definitieve tekst een voldoende ambitieniveau wordt gehandhaafd. In dat verband stelden ze een reeks verbeteringen van de definitieve tekst voor [77, 74, 99, 112]. In dit onderdeel wordt op basis van de standpunten van deze actoren getracht tekortkomingen in het huidige voorstel van verordening aan te wijzen en corrigerende aanbevelingen te doen of noodzakelijke punten voor te stellen die in de definitieve tekst moeten worden opgenomen (de tekst moet nog worden gewijzigd en door het Parlement en de Raad worden gevalideerd). Deze aanbevelingen (hieronder opgesomd en nader uitgewerkt in hoofdstuk 6) zijn niet uitputtend bedoeld, maar hebben betrekking op de belangrijkste effecten die hierboven zijn vastgesteld.

- a) **Aanbevelingen 1 en 2 betreffen inzamelings- en recyclingdoelstellingen:** het inzamelingspercentage moet zo ambitieus mogelijk zijn en de recyclingpercentages moeten (minstens) worden afgestemd op de huidige beste praktijken voor kritieke materialen. De verordening moet gemakkelijk andere hulpbronnen kunnen bestrijken die van essentieel belang zullen worden naarmate de technologieën evolueren.
- b) **Aanbevelingen 3 tot en met 6 betreffen de zorgvuldigheidsplichten in de waardeketen:** de criteria moeten gebaseerd zijn op de breedst mogelijke teksten in termen van risico's en bestreken geografische gebieden (niet beperkt tot gebieden met gewapende conflicten) en moeten meer materialen bestrijken dan die welke momenteel zijn opgesomd.
- c) **Aanbeveling 7 betreft de exploitatie van de zeebodem in diep water.** Het potentieel van de zeebodem lijkt immens, maar de onzekerheden en risico's voor de biodiversiteit zijn nog groot. De zorgvuldigheidsplicht voor de bevoorradingsketen moet expliciet worden uitgebreid tot de zeebodem en moet alle potentiële ecologische en maatschappelijke effecten van de diepzeemijnbouw omvatten.

1.4.3 Andere aanbevelingen in verband met de vastgestelde uitdagingen

Het bovenstaande voorstel van verordening bestrijkt niet alle belangrijke onderzochte uitdagingen. Ambitieuze doelstellingen inzake de decarbonisatie van de economie tegen 2030, vermindering van het autogebruik, steun voor innovatie en voor de werkgelegenheid, enz. zijn enkele voorbeelden van elementen die buiten het bestek van dit voorstel vallen. De onderstaande aanbevelingen hebben daarom betrekking op andere EU-beleidslijnen, of op maatregelen die op federaal (of gewestelijk) niveau kunnen worden genomen.

Bovendien weerspiegelen deze aanbevelingen ook elementen uit andere studies teneinde te herinneren aan het belang en de urgentie van de klimaatkwestie. De decarbonisatie van het vervoer is een van de belangrijkste uitgangspunten in de uitgevoerde analyses en wordt als essentieel beschouwd voor de komst van een werkelijk duurzame samenleving. Het is ook nuttig erop te wijzen dat de in deze studie gepresenteerde negatieve gevolgen van de ontwikkeling van batterijen geenszins rechtvaardigen dat de noodzakelijke ambities op het vlak van decarbonisatie worden teruggeschroefd. Door deze negatieve gevolgen in kaart te brengen, kunnen, eveneens noodzakelijke, richtsnoeren voor een duurzame ontwikkeling van de elektrische mobiliteit worden toegevoegd.

- a) **Aanbevelingen 8 en 9 hebben betrekking op de streefcijfers voor de decarbonisatie van de volledige verkoop van nieuwe auto's (LDV's) en bestelwagens:** de (geldende of voorgestelde) streefcijfers voor 2025 en 2030 moeten worden verhoogd om ervoor te zorgen dat de voertuigen in 2035 daadwerkelijk koolstofvrij zijn. België moet ambitieuzere doelstellingen nastreven.
- b) **Aanbevelingen 10 en 11 hebben betrekking op de noodzaak het gewicht en het vermogen van de voertuigen te verlagen.** Op Europees niveau moet de gewichtsparemeter uit de formule voor de berekening van CO₂-doelstellingen worden geschrapt. Op Belgisch niveau moet de aankoop van lichtere voertuigen worden aangemoedigd en moeten de belastingen op zwaardere voertuigen worden verhoogd. Ook voor de bewustmaking van het publiek over deze problematiek is een rol weggelegd. Een verdere aanpassing van de hervorming van het wettelijke kader voor bedrijfswagens om deze verandering te versnellen, wordt aanbevolen.
- c) **In aanbeveling 12 wordt voorgesteld een internationaal samenwerkingsagentschap** op te richten met een mandaat om toe te zien op en de uitwisseling en verbetering te bevorderen van criteria inzake de zorgvuldigheidsplicht op het gebied van mensenrechten en milieu.
- d) **Aanbevelingen 13 en 14 hebben betrekking op het versnellen van investeringen en stimulansen die de vraag naar vervoer verminderen en actieve en gedeelde mobiliteit bevorderen.**
- e) **Aanbevelingen 15 tot en met 17 betreffen de noodzaak om de werkgelegenheid, de innovatie en de industriële ontplooiing van de voor de transitie essentiële technologieën te ondersteunen:** er moeten programma's worden opgesteld voor de heroriëntering naar de sectoren van de toekomst

en er moet steun worden verleend aan de innovatie en de ontplooiing van recyclingtechnologieën voor belangrijke materialen.

2 Inleiding

De Federale Raad voor Duurzame Ontwikkeling (FRDO) heeft, op verzoek van zijn leden, CLIMACT opdracht gegeven een studie op te stellen over de evolutie van de elektrificatie van de mobiliteit in België en de daarmee samenhangende ecologische, economische en sociale gevolgen⁷. Deze studie is gebaseerd op het werk dat de FOD Volksgezondheid heeft verricht voor de uitwerking van scenario's die gericht zijn op klimaatneutraliteit in België tegen 2050.

In overleg met de FRDO en de FOD Volksgezondheid zijn er verbanden gelegd met de studie die de FOD Volksgezondheid heeft uitgevoerd om de milieu-impact van de ontwikkelingen van de batterijen tegen 2050 te bepalen. Die verbanden zorgen ervoor dat de studies elkaar aanvullen en versterken.

De studie identificeert, binnen het kader van de bedoelde hulpbronnen, binnen een groot corpus van literatuur de belangrijkste uitdagingen die voor België relevant zijn bij de ontwikkeling van de elektromobiliteit. Ze is gebaseerd op de analyse van contrasterende scenario's, in samenhang met de werkzaamheden van de FOD Volksgezondheid. De studie bouwt ook voort op ander werk van de FRDO en kon de vruchten plukken van de besprekingen met de leden van de FRDO. De studie is een nuttige bijdrage tot het debat over de elektrificatie van de mobiliteit in België en zou kunnen worden aangevuld met specifieke analyses, met name over de rol van andere energiedragers, zoals hernieuwbaar gas of waterstof.

Dit verslag geeft een overzicht van de werkzaamheden die tussen februari en november 2021 hebben plaatsgevonden:

- Hoofdstuk 3 illustreert, op basis van het literatuuronderzoek, de belangrijkste ecologische, economische en maatschappelijke vraagstukken;
- Hoofdstuk 4 onderzoekt, met behulp van het model dat ontwikkeld werd voor het opstellen van de Belgische scenario's en gevoeligheidsanalyses, de implicaties van de ontwikkeling van elektromobiliteit in België op het vlak van het aantal voertuigen, batterijen en delfstoffen;
- In hoofdstuk 5 worden de belangrijkste effecten van de ambitieuze elektromobiliteitsscenario's geanalyseerd op het gebied van reductie van BKG's, luchtkwaliteit, gezondheid, mensenrechten en werkgelegenheid;

⁷De technische vereisten staan beschreven in het bestek CFDD2021/01 en werden nader toegelicht tijdens de informatiebijeenkomst op maandag 14 december 2020.

- In hoofdstuk 6 worden enkele aanbevelingen uitgewerkt voor beleidsmaatregelen om de ontwikkeling van elektromobiliteit in België in goede banen te leiden;
- De bijlagen bevatten de bibliografie en de details van de analyses.

3 Context en uitdagingen van elektromobiliteit

3.1 Elektromobiliteit ontwikkelt zich snel

Het koolstofvrij maken van het vervoer is essentieel om de uitstoot van BKG's te verminderen. De uitdaging is in feite tweeledig: enerzijds is de sector goed voor ~16% van de jaarlijkse BKG-emissies wereldwijd⁸ (en 22% van de emissies op het Belgische grondgebied⁹) en anderzijds is het de enige sector waarvan de emissies tussen 1990 en 2019 zijn toegenomen in België¹⁰. [23]

Het vervoer koolstofvrij maken is complex: het te creëren wagenpark en de te ontwikkelen infrastructuur zijn omvangrijk, en de economische, sociale en technologische vraagstukken in verband met de automobiellindustrie zijn aanzienlijk.

Het koolstofvrij maken van het vervoer is een van de prioriteiten van de lidstaten van de Europese Unie, met name in het kader van de verbintenissen die zijn aangegaan in het Akkoord van Parijs en meer recentelijk in de Green Deal voor Europa van de Europese Commissie. Dit engagement wordt vertaald in een reeks doelstellingen en maatregelen voor alle sectoren van economische activiteit, inclusief vervoer.

De transitie naar elektromobiliteit en elektrische voertuigen op batterijen staat centraal in deze maatregelen en betreft in dit stadium vooral de zogeheten lichte voertuigen (d.w.z. personenauto's en bestelwagens).

Het jaar 2020 vormt, ondanks de pandemie, een keerpunt in de evolutie van de verkoop van elektrische voertuigen: zij zijn goed voor ongeveer 10% van de jaarlijkse verkoop van nieuwe voertuigen in Europa, dat China heeft ingehaald in termen van absolute verkoop¹¹. Wereldwijd is de verkoop van elektrische voertuigen sinds 2016 met gemiddeld 30% per jaar gestegen. De penetratie in het totale wagenpark is nog laag en bedraagt in België in 2020 ~2%. [16, 17, 24]

De toekomstscenario's van verschillende internationale organisaties [9, 116, 117] bevestigen de opwaartse trend in de verkoop van elektrische voertuigen tegen 2030. Zij gaan ervan uit dat de vraag naar batterijen tussen 2020 en 2030 zal toenemen van 8 tot 30 maal de huidige vraag.

⁸ In 2016, gebaseerd op schattingen van Climate Watch en The World Resource Institute, samengevat op <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>.

⁹ Zie <https://klimaat.be/in-belgie/klimaat-en-uitstoot/uitstoot-van-broeikasgassen/uitstoot-per-sector>.

¹⁰ Als we tertiaire en secundaire verwarming als één enkele sector beschouwen (zie de link in voetnoot 9).

¹¹ PHEV's inbegrepen.

Deze ontwikkelingen gaan gepaard met economische, ecologische en maatschappelijke uitdagingen. De toename van de batterijproductie tot een hoog niveau in een korte tijdspanne legt een grote druk op alle niveaus van de toeleveringsketen van batterijen.

Bijlage 1 biedt een overzicht van de voornaamste ecologische, economische en maatschappelijke uitdagingen, die uit een uitgebreid literatuuronderzoek naar voren zijn gekomen en in risico's en kansen zijn ingedeeld. In het volgende onderdeel worden deze uitdagingen samengevat.

3.2 Uitdagingen in verband met de ontwikkeling van elektromobiliteit en doelstellingen inzake duurzame ontwikkeling

De onderstaande tabel groepeert de in de synthese (in bijlage 1) geïdentificeerde uitdagingen en geeft het verband met de SDG's aan. Er wordt een algemene beschrijving gegeven van de uitdaging in relatie tot de vervoerssector en de overeenkomstige SDG's. Een volledige beschrijving van de risico's en kansen voor elk van de SDG's is ook te vinden in bijlage 1.

Tabel 1: Samenvatting van de uitdagingen en het verband met de SDG's

Uitdaging	SDG	Beschrijving
Ecologische uitdagingen		
Uitstoot van BKG's	13	De transportsector stoot wereldwijd een aanzienlijk deel van de BKG-emissies uit, en in België is dat nog meer het geval. Afstemming op de SDG's en het Akkoord van Parijs impliceert een sterke vermindering van deze emissies.
Energieverbruik en energie-efficiëntie	11, 12	Vervoer is een vast onderdeel van het energievervlindende aspect van de hedendaagse samenleving. Dit vloeit voort aan de grote vraag naar mobiliteit en voertuigen en het lage rendement van verbrandingsmotoren. Elektrische motoren zijn efficiënter dan verbrandingsmotoren.
Luchtkwaliteit	3, 11	Luchtverontreiniging door vervoer wordt in verband gebracht met gevaren voor de volksgezondheid en de biodiversiteit. Deze vervuiling houdt verband met de vraag naar voertuigen, het brandstoftype en de rijstijl.
Vernietiging van de biodiversiteit	12, 14, 15	De bescherming van de biodiversiteit is essentieel voor een duurzame samenleving. De procedés voor de winning van metalen of fossiele brandstoffen kunnen echter leiden tot de vernietiging van ecosystemen.
Grondstoffenschaarste	12	Voor de vervaardiging van batterijen zijn grote hoeveelheden metalen nodig. Sommige van deze grondstoffen vertonen een grote kans op schaarste in de komende jaren. Elektromobiliteit vermindert daarentegen wel het risico van een petroleumschaarste.
Afvalproductie/verantwoord verbruik	11, 12	Verantwoord/duurzaam verbruik in het vervoer vindt zijn betekenis in de circulariteit van de gebruikte goederen. Elk auto-onderdeel dat niet wordt gerecycled, leidt ertoe dat veel afval op de stortplaatsen belandt. In het

		bijzonder kunnen afgedankte batterijen een hoge graad van gevaarlijkheid vertonen.
Ontwikkeling van hernieuwbare energiebronnen	7, 13	Enerzijds moet elektromobiliteit, die veel elektriciteit vergt, gepaard gaan met het gebruik van schone energie, een gebied waarop in Europa en in België nog vooruitgang moet worden geboekt. Anderzijds kunnen de batterijen worden hergebruikt als opslageenheden voor het net.
Economische uitdagingen		
Economische ontwikkeling	8	De automobielsector is momenteel een economische kracht in de EU. Elektromobiliteit, die gepaard gaat met een daling van de vraag, kan leiden tot een economische achteruitgang van de sector; zij biedt ook kansen voor nieuwe markten (deelauto's, recyclage, gedeeld mobiliteitsbeheer, enz.).
Economische afhankelijkheid	8, 9	De EU is momenteel economisch afhankelijk van het buitenland voor de bevoorrading van materialen en fossiele brandstoffen, alsook voor de productie van batterijen.
Oplaainfrastructuur	8, 9	Er moet massaal worden geïnvesteerd in een efficiënt netwerk van oplaadpalen met voldoende capaciteit. Dit netwerk is momenteel zeer onderontwikkeld.
Duurzame industrialisatie	9	De winning van grondstoffen en de productie van batterijen vinden hoofdzakelijk plaats buiten de EU, in een minder streng regelgevingskader.
Menselijke en maatschappelijke uitdagingen		
Werkgelegenheid	8	Op Europees niveau kan elektromobiliteit op middellange termijn leiden tot een daling van het aantal banen in de automobielsector. Sommige markten (recycling/hergebruik, beheer en onderhoud van gedeelde mobiliteit) zouden echter nieuwe banen kunnen opleveren.
Sociale ongelijkheden	10	Iedereen toegang tot vervoer bieden is een doelstelling van sociale duurzaamheid. Elektromobiliteit wordt momenteel gezien als elitair, met geprivilegieerde toegang voor de rijken. De ontwikkeling van gedeelde mobiliteit (elektrisch of op fossiele brandstoffen) zou de toegang tot vervoer voor mensen met een bescheiden inkomen kunnen vergemakkelijken.
Stedelijk comfort	3, 11	Vervoer dat op privévoertuigen is gericht, veroorzaakt veel ongemakken zoals verkeersopstoppingen, geluidsoverlast, verkeersonveiligheid of parkeerproblemen.
Schendingen van de grondrechten	3, 16	Deze uitdaging is erop gericht rekening te houden met de algemene gevolgen van de mijnbouwsector voor de mens. De mijnbouw gaat momenteel gepaard met omstandigheden die soms een schending van de mensenrechten inhouden (gevolgen voor de gezondheid van de mijnwerkers en de omwonende bevolking, geweld, landroof, arbeidsomstandigheden en kinderarbeid).
Fatsoenlijk en geschoold werk	8	De Europese automobielsector wordt grotendeels geassocieerd met geschoolde arbeidskrachten en fatsoenlijke arbeidsomstandigheden.

4 Vooruitzichten voor de ontwikkeling van elektromobiliteit in België

4.1 Inleiding

Door de ontwikkeling van de elektromobiliteit in Europa en België zal de behoefte aan batterijen en de voor de productie daarvan benodigde materialen sterk toenemen.

In dit hoofdstuk wordt de mogelijke ontwikkeling van de vraag naar batterijen in België en de daarmee samenhangende behoefte aan kritieke delfstoffen onderzocht. De analyse maakt het mogelijk de omvang van de uitdagingen met betrekking tot de druk op de grondstoffen te onderzoeken en de beleidsvoorwaarden en -maatregelen vast te stellen die een vlotte en duurzame ontwikkeling van de elektromobiliteit mogelijk moeten maken.

De centrale hypothese voor het bepalen van de vraag naar batterijen is de volledige decarbonisatie van de vervoersector in 2050, gemodelleerd aan de hand van de werkzaamheden van de FOD Volksgezondheid en CLIMACT.

Deze studie is gebaseerd op de scenario's die uit deze werkzaamheden zijn voortgevloeid¹². Er wordt gebruikgemaakt van drie contrasterende scenario's en er worden gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor verschillende belangrijke parameters¹³. De drie scenario's zijn de volgende:

- het TECH-scenario, dat gericht is op decarbonisatie in 2050 door meer nadruk te leggen op technologische verbeteringen en toepassingen dan op gedragsveranderingen en uitgaat van een sterkere toename van de elektrische voertuigen;
- het BEH-scenario, dat de nadruk eerder legt op gedragsveranderingen (ook al blijven technologische verbeteringen belangrijk);
- het CORE 95-scenario, dat evenwichtig is wat de gedragsmatige en de technologische dimensies betreft;
- deze scenario's worden vergeleken met het REF-scenario, dat uitgaat van ongewijzigde trends.

Vervolgens wordt de druk op zes grondstoffen geanalyseerd. Het gaat om kobalt, lithium, grafiet, nikkel, mangaan en aluminium. In het model kan rekening worden gehouden met verbeterde batterijtechnologieën, waardoor de vraag naar sommige van deze grondstoffen kan worden verminderd,

¹² <https://climat.be/2050-nl/analyse-van-scenarios>.

¹³ Zie onderdeel 4.2.3.

hetzij door nieuwe batterijtechnologieën, hetzij door de verbetering van de efficiëntie van bestaande technologieën en van recycling.

4.2 Methodologie

De scenario's die in deze studie worden voorgesteld, zijn het resultaat van maandenlange samenwerking met industriële experts, academische experts, de FOD Volksgezondheid, leden van de FRDO, diverse niet-gouvernementele organisaties en adviesbureaus (waaronder TDI-Sustainability¹⁴).

In dit hoofdstuk worden de volgende elementen besproken: de beknopte beschrijving van de reikwijdte, de onderliggende hypothesen en de werking van het gebruikte model.

4.2.1 Reikwijdte

De studie is gericht op de kwantificering van de batterijbehoeften in verband met de evolutie van elektromobiliteit in het wegvervoer (personen- en vrachtvervoer) in België. In de volgende paragrafen wordt bijzondere aandacht besteed aan het personenvervoer over de weg: dit is de vervoerscategorie die tegen 2030-2035 de grootste vraag naar batterijen genereert [9, 116, 117]. Dit komt omdat de huidige en toekomstige technologieën minder geschikt lijken te zijn voor de behoeften van zwaardere voertuigen, zoals vrachtwagens, bussen, schepen of vliegtuigen. Hoewel ze in dit onderdeel niet worden geïllustreerd, mag niet worden vergeten dat in de gebruikte scenario's en tools ook deze vervoerswijzen (en hun specifieke decarbonisatietechnologieën) worden bestudeerd en dat de vraag naar batterijen die zij genereren, in de gekwantificeerde hoeveelheden is opgenomen.

Zodra deze batterijbehoeften zijn vastgesteld, worden de hoeveelheden omgezet in behoeften aan materialen, aan de hand waarvan de druk op de reserves en de beschikbare hulpbronnen kan worden beoordeeld. Wij concentreren ons op de zes grondstoffen die het meest kritiek zijn wat betreft hun bevoorrading in toereikende hoeveelheden: kobalt, lithium, grafiet, nikkel, mangaan en aluminium.

4.2.2 De Pathways Explorer

De [Pathways Explorer](#) is een simulatiemodel voor het energieverbruik en de broeikasgasuitstoot waarmee de gevolgen van de uitvoering van ambitieuze scenario's voor de transitie naar een koolstofvrije economie kunnen worden geanalyseerd. De tool, die is ontwikkeld door CLIMACT, is gebaseerd op EUCalc, GlobalCalc en andere bestaande rekenmodellen. Met deze tools kunnen alle mogelijke oplossingen voor de reductie van BKG-emissies worden onderzocht, waarbij een brede waaier aan potentiële maatregelen wordt getest,

¹⁴ <https://tdi-sustainability.com/>.

met inbegrip van opkomende trends op het gebied van mobiliteit, huisvesting of voedingspatronen, alsook de volledige waaier aan onderliggende technologische opties. Een meer volledige beschrijving van het model is te vinden in bijlage 2.

4.2.3 Belangrijkste hypothesen

In het BE2050-project dat door CLIMACT voor de FOD Volksgezondheid is ontwikkeld, worden verschillende categorieën parameters gemodelleerd om de vraag naar batterijen en de druk op kritieke grondstoffen te beoordelen. Deze categorieën zijn:

- ontwikkelingen in de vervoersector (vraag, modal shift, de gebruiksgraad van voertuigen, enz.);
- verbeterde batterijtechnologie;
- mate van recycling van batterijen en de onderdelen daarvan;
- beschikbaarheid van grondstoffen en hulpbronnen.

Deze categorieën worden hieronder kort beschreven, samen met de keuze van de belangrijkste veronderstellingen voor elk ervan.

- **Ontwikkelingen in de Belgische vervoersector in de verschillende scenario's**

Verschiedende mogelijke scenario's voor het bereiken van koolstofneutraliteit in België in 2050 worden onderzocht in de studie van de FOD Gezondheid¹⁵. Van de belangrijkste hypothesen van de drie gebruikte scenario's (TECH, BEH en CORE) die in de tabel in bijlage 2 zijn beschreven, kunnen we onthouden dat het aantal met de auto afgelegde kilometers tussen 2015 en 2050 zich stabiliseert in het TECH-scenario, terwijl het in het CORE 95- en het BEH-scenario met respectievelijk 22% en 51% daalt. We merken ook een daling van het modale aandeel van de auto in het personenvervoer: van 62% in 2015 tot 33% in 2050 voor het BEH-scenario, tot 45% voor het CORE 95-scenario en tot 51% voor het TECH-scenario. De andere hefbomen voor decarbonisatie (penetratie van elektrische voertuigen, gebruiksgraad enz.) zijn te vinden in bijlage 2.

Bij het opstellen van de scenario's voor deze studie is uitvoerig gediscussieerd over de vorm van de ontwikkelingscurve tussen 2020 en 2050. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om het effect te beoordelen van een lineaire ontwikkeling van deze curven, in plaats van de S-vormen die in de oorspronkelijke BEH-, TECH-, CORE 95-scenario's werden gebruikt. Dit resulteert in scenario's voor een **snelle decarbonisatie ('FAST')** in het geval van de S-vormen (dankzij een S-vorm wordt het grootste deel van de elektrificatie-ambities sneller verwezenlijkt) en een **langzamere decarbonisatie ('SLOW')** in het geval van de lineaire prognoses. Deze gevoeligheidsanalyse wordt in de volgende punten besproken.

¹⁵ <https://climat.be/doc/climate-neutral-belgium-by-2050-report.pdf>.

Voor de verkoop van nieuwe lichte voertuigen is prioriteit gegeven aan batterijen, zoals uiteengezet in onderdeel 1.2 en in een studie van Transport & Environment [120].

- **Veranderingen in de vraag naar materialen voor de vervaardiging van batterijen: nieuwe technologieën en recycling**

In het model voor het gebruik van grondstoffen dat voor dit project werd ontwikkeld, zijn twee reeksen met elkaar contrasterende hypothesen gehanteerd. Zij maken een contrasterende beoordeling van het effect van circulariteit in de waardeketen van batterijen mogelijk, aan de hand van twee varianten: de LINEAIRE variant (LIN) en de CIRCULAIRE variant (CIRC). Deze hypothesen worden in bijlage 2 nader toegelicht.

Er worden twee soorten hefboomen gebruikt:

- Circulariteitshefboomen, die het aandeel van recycling van de verschillende materialen bepalen. Zij omvatten het recyclingpercentage voor batterijen (het percentage afgedankte batterijen dat wordt gerecycleerd) en de recycling efficiëntie van elk materiaal (het percentage van dat materiaal dat daadwerkelijk wordt teruggewonnen tijdens de recycling). Bij de LINEAIRE scenario's (LIN) worden deze hefboomen zeer weinig gestimuleerd, terwijl de CIRCULAIRE scenario's (CIRC) overeenstemmen met een hoog niveau van deze hefboomen, om een grotere circulariteit te weerspiegelen. In een CIRC-scenario wordt ervan uitgegaan dat tegen 2050 bijna 100% van de batterijen wordt gerecycleerd, met een recyclingrendement van bijna 100% voor alle materialen, behalve voor lithium en grafiet, waarvoor slechts een recyclingrendement van ongeveer 20% wordt bereikt. In een LIN scenario wordt ervan uitgegaan dat tegen 2050 10% van de batterijen wordt gerecycleerd, met een recyclingrendement van bijna 100% voor alle materialen, behalve voor lithium en grafiet, waarvoor slechts een recyclingrendement van ongeveer 10% wordt bereikt.
- Hefboomen inzake materiële efficiëntie, die voor elk bestudeerd materiaal de materiaalintensiteit per energieopslageenheid (kg/kWh) bepalen. Zij geven enerzijds de ontwikkelingen qua optimalisatie van de huidige batterijen weer, en anderzijds de nieuwe batterijtechnologieën met een andere materiaalmix (zie hieronder). De LIN-scenario's zijn niet erg ambitieus op het gebied van materiële efficiëntie, de CIRC-scenario's komen overeen met de geleidelijke penetratie van nieuwe technologieën die minder hulpbronnen verbruiken. Zo zullen in een CIRC scenario kobalt en nikkel tegen 2050 volledig uit de batterijcomponenten verdwenen zijn en zal de behoefte aan lithium sterk afnemen (-60%).

De combinatie van de circulariteitshypothesen (LIN en CIRC) en de REF-, CORE 95- en TECH-scenario's resulteert in zes verschillende scenario's (één CIRC en één LIN voor elk van de drie basisscenario's).

De hypothesen voor technologische verbeteringen (hierboven opgesomd en nader omschreven in bijlage 2) werden vastgesteld via interacties met batterijdeskundigen van de VUB (MOBI).

In dit verband wijzen we op drie belangrijke ontwikkelingen. In de eerste plaats zullen verschillende technologische verbeteringen (zowel op het gebied van batterijbeheersystemen als op het gebied van de gebruikte materialen) de behoefte aan kritieke hulpbronnen op korte en middellange termijn verminderen door de optimalisering van de lithiumiontechnologieën die nu reeds in gebruik zijn. Ten tweede bevinden de nieuwe lithiumiontechnologieën zich momenteel in de onderzoeks- en ontwikkelingsfase. Er zouden nieuwe kathoden moeten verschijnen ter vervanging van kobalt (bv. via de HVS-technologie ('high voltage spinel'), gevolgd door vastestofbatterijen (in het Engels 'solid state battery', voor batterij met een vast elektrolyt), waardoor ook de materiaalbehoeften per kWh zullen verminderen. Ten derde zouden zich op langere termijn (na 2030) nieuwe lithiumionvrije technologieën kunnen ontwikkelen. De deskundigen rekenen daarom op kathodetechnologieën die gebruikmaken van zuurstof in plaats van primaire grondstoffen (zoals kobalt op dit moment of materialen aanwezig in de HVS over een paar jaar).

- **De wanverhouding tussen de vraag naar batterijen en de beschikbare grondstoffen**

Er zijn twee benaderingen mogelijk om de vraag naar batterijen en de beschikbare grondstoffen met elkaar te vergelijken.

In de eerste benadering wordt de toewijzing van grondstoffen aan België vergeleken op basis van de verdeling van de nieuwe auto's: om de haalbaarheid op korte termijn van de Belgische behoeften in verhouding tot de beschikbare grondstoffen en reserves te beoordelen, werd het Belgische aandeel berekend op basis van het % nieuwe auto's dat in België wordt verkocht in vergelijking met het aantal nieuwe auto's dat wereldwijd wordt verkocht. Deze aanpak is bevredigend voor het bestuderen van de haalbaarheid op korte termijn.

Bij de tweede benadering worden de grondstoffen aan België toegewezen op basis van de bevolkingscijfers. Om de Belgische behoeften te vergelijken met de beschikbare hulpbronnen en reserves, werd het 'billijke' aandeel van België berekend op basis van de relatieve omvang van de Belgische bevolking ten opzichte van de wereldbevolking. Deze benadering is geschikter voor het bestuderen van de haalbaarheid op lange termijn, aangezien zij een eerlijkere verdeling weergeeft.

De ramingen van reserves en hulpbronnen zijn afkomstig van de U.S. Geological Survey [113] en de definitie ervan wordt toegelicht in bijlage 2. De ramingen van geproduceerde auto's zijn afkomstig van de OICA [114].

4.3 Belangrijkste resultaten

4.3.1 Ontwikkelingen in het wegvervoer

Uit de analyse blijkt dat de gemodelleerde scenario's voor decarbonisatie allemaal een vermindering van het jaarlijkse volume verkochte auto's impliceren, evenals een toename van het aandeel elektrische auto's en voertuigen (Figuur 5).

De jaarlijkse vraag naar batterijen voor de elektromobiliteit hangt af van de vraag naar nieuw elektrische vervoersmiddelen. De nieuwe voertuigen zijn afhankelijk van de ontwikkeling van talrijke factoren binnen de sector (de aanvankelijke vraag naar vervoer, de gebruiksgraad van deze voertuigen, de mate van gedeeld gebruik, het percentage van deze vraag per vervoerwijze, de technologische ontwikkelingen, enz.).

De TECH-, BEH- en CORE 95-decarbonisatiescenario's testen de implicaties van de verschillende scenario's, waarbij bepaalde factoren meer worden benadrukt dan andere. Die factoren werden in het vorige onderdeel nader toegelicht, meer informatie is te vinden op de website van de FOD Volksgezondheid¹⁶. In dit onderdeel wordt de totale vraag naar vervoer, de uitsplitsing van deze vraag naar vervoerswijze en de jaarlijkse behoefte aan elektrische auto's om aan deze vraag te voldoen, gedetailleerd besproken.

¹⁶ <https://climat.be/2050-nl/analyse-van-scenarios>.

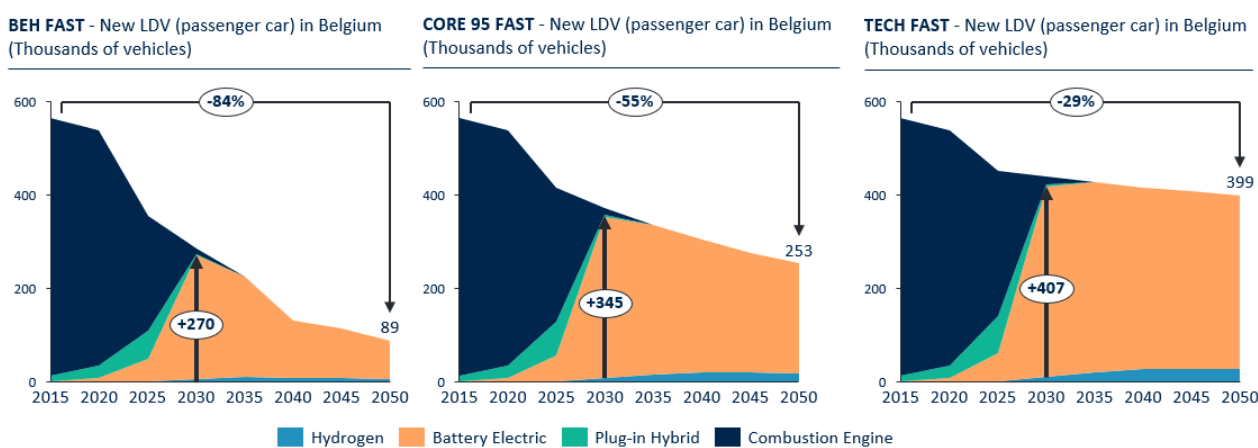
Voornaamste vaststellingen in verband met de vraag naar vervoer

- Naast de in het vorige onderdeel beschreven ontwikkelingen van de vraag is het vooral de ontwikkeling van de modale aandelen die van invloed is op de vraag naar auto's en batterijen. In alle scenario's daalt het aandeel van de auto ten opzichte van de andere vervoerswijzen. In absolute cijfers daalt het in BEH en CORE 95 en wordt het stabiel in TECH.
- Andere hypothesen zijn uiteraard van belang, zoals de mate van autogebruik of van autodelen, dat een stijgende trend vertoont, waardoor de kwantitatieve behoefte aan auto's afneemt (zie bijlage 2 voor meer details).

Belangrijkste vaststellingen in verband met het effect op de jaarlijkse vraag naar voertuigen

- De combinatie van de hierboven beschreven hypothesen resulteert in een daling van de jaarlijkse vraag naar auto's in de verschillende scenario's, waarbij deze daling minder uitgesproken is voor het TECH-scenario (-29% tussen 2015 en 2050) dan voor de BEH- (-84%) of CORE 95-scenario's (-55%). De ambities voor een snelle overgang naar elektrische voertuigen zijn weergegeven in Figuur 5. TECH, CORE 95 en BEH maken gebruik van koolstofarme technologieën, met voornamelijk elektrische auto's met batterijen (BEV/EV), de transitie naar hybride auto's (PHEV) en naar voertuigen op waterstof (FCEV). We stellen een evolutie vast van ~8.000 elektrische auto's in 2020 tot ~270.000 voor het BEH-scenario (x34), ~407.000 voor het TECH-scenario (x50) en ~345.000 voor het CORE 95-scenario (x43) in 2030. Deze volumes zullen een directe impact hebben op de batterijbehoeften.

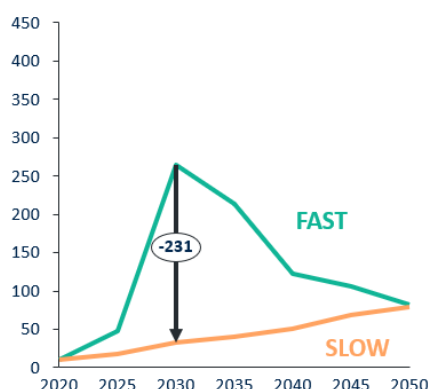
Figuur 5: verkoop van voertuigen van het type LDV in België volgens de drie centrale scenario's van de analyse en een snelle decarbonisatie ('FAST')



- b) In het geval van een tragere decarbonisatie (Figuur 6) zijn er in 2030 minder nieuwe elektrische auto's nodig dan in het vorige geval: ~20.000 voor het BEH-scenario (x2,5 ten opzichte van 2020), 80.000 voor CORE 95 (x10 ten opzichte van 2020) en 110.000 voor TECH (x14 ten opzichte van 2020). Dit zal uiteraard gevolgen hebben voor de batterijbehoeften, zoals we in het volgende onderdeel zullen zien. Merk op dat dit verschil wordt gecompenseerd doordat de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor tot na 2035 wordt verlengd, wat (i) de facto een grotere hoeveelheid emissies met zich meebrengt dan in de scenario's voor snelle decarbonisatie, (ii) een afwijking inhoudt van de voorstellen van de Europese Commissie voor -100% emissies uit de nieuwe verkoop van auto's en bestelwagens met verbrandingsmotor tegen 2035.
- c) De ontwikkelingen voor bussen, vrachtwagens en andere vervoermiddelen zijn vergelijkbaar, maar dan gespreid in de tijd voor de zwaardere voertuigen.

Figuur 6: verkoop van elektrische voertuigen van het type LDV in België volgens de drie centrale scenario's van de analyse, vergelijking tussen een trage ('SLOW') en een snelle decarbonisatie ('FAST')

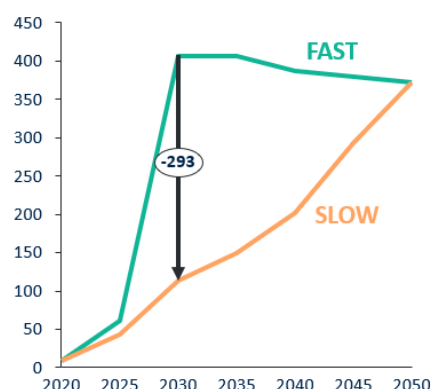
BEH - New LDV (passenger car) in Belgium
(Thousands of vehicles)



CORE 95 - New LDV (passenger car) in Belgium
(Thousands of vehicles)



TECH - New LDV (passenger car) in Belgium
(Thousands of vehicles)



4.3.2 Evolutie van de vraag naar batterijen

Het snel koolstofvrij maken van de emissies van auto's en bestelwagens (einde van de verkoop van nieuwe voertuigen met een verbrandingsmotor tussen 2030 en 2035) vergt aanzienlijke gedragsveranderingen (vermindering van de vraag, modal shift, gebruiksgraad van de voertuigen) om de vraag naar nieuwe elektrische auto's te doen afnemen. Zo niet, dan zou de toename van de batterijvolumes (x36 tussen 2020 en 2030 voor het TECH-scenario) mogelijk zijn (gezien de aangekondigde productiecapaciteit in Europa tegen 2030), maar zou dit impliceren dat de in Europa geproduceerde volumes ten voordele van België zouden worden verdeeld over de andere landen van het continent. Indien deze scenario's in heel Europa worden nagevolgd, blijft de industriële uitdaging groot voor CORE 95 (x32) en BEH (x18).

Voornaamste vaststellingen in verband met de vraag naar batterijen

- a) In de drie scenario's wordt tegen 2030-2035 een aanzienlijke groei van de jaarlijkse vraag naar batterijen verwacht; deze groei is evenredig met de groei van de behoefte aan elektrische auto's om de vervoerssector tegen 2050 koolstofvrij te maken (zie Figuur 7).
- b) De vraag naar elektrische voertuigen en de vraag naar batterijen zijn aan elkaar gekoppeld. In de gevallen van snelle decarbonisatie merken we tussen 2020 en 2030 een vermenigvuldiging van de vraag naar batterijen, gaande van een factor 18 voor het BEH-scenario tot een factor 36 voor het TECH-scenario (en een factor 32 voor het CORE 95-scenario). Dit is een niet te verwaarlozen uitdaging vanuit industrieel oogpunt, maar ze stemt overeen met de ramingen van de scenario's van verschillende internationale organisaties (variërend van 8 tot 30) [9, 116, 117] en wijkt niet erg af van de groeiniveaus in verband met de recente aankondigingen van productiecapaciteit in Europa (de 'gigafactories' of gigabedrijven). Deze ontwikkelingen moeten namelijk worden gezien in de context van aankondigingen van toekomstige productiecapaciteit voor batterijen voor elektrische voertuigen. De ramingen verschillen van instituut tot instituut, maar verwacht wordt dat de totale jaarlijkse productie in Europa in 2030 tussen 500 en 730 GWh zal bedragen (vergeleken met een productie van 25 GWh in 2020, d.w.z. een 20- tot 30-voudige toename in 10 jaar). [124, 125]
- c) Afgezien van de ongekennde industriële uitdaging vergroten deze factoren de risico's in de waardeketen van de batterijen (opgesomd in onderdeel 3.2). Zij valideren het belang van maatregelen om de vraag naar vervoer in een vroege fase te verminderen en van strikte zorgvuldigheidsplichtcriteria (zie hoofdstuk 6).
- d) In het geval van een tragere decarbonisatie zijn de groeipercentages lager (x10 tussen 2020 en 2030 voor het TECH-scenario, x8 voor CORE 95 en x6 voor BEH). Hoewel deze vanuit industrieel oogpunt gemakkelijker haalbaar lijken, gaat dit ten koste van de emissie van broeikasgassen, aangezien de leemte

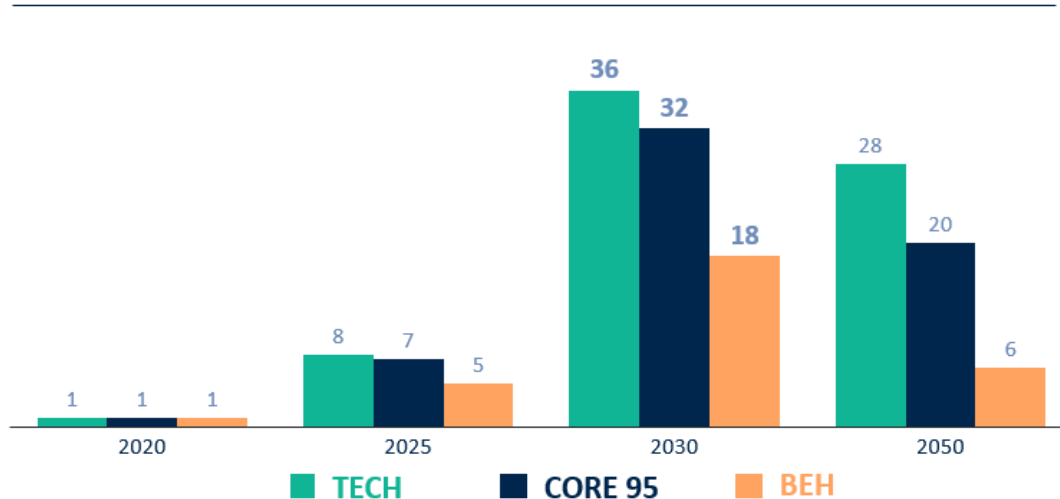
zal moeten worden opgevuld door de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor. Hoewel deze het mogelijk zouden kunnen maken om tegen 2050 de koolstofneutraliteit te bereiken, lijkt het om verschillende redenen niet verstandig om er gebruik van te maken:

- zij maken geen decarbonisatie door een natuurlijke vernieuwing van het wagenpark mogelijk: tussen 2035 en 2050 zullen voertuigen met verbrandingsmotor die nog in goede staat verkeren, uit het verkeer moeten worden gehaald;
- zij impliceren verkoopdoelstellingen die ver onder de huidige voorstellen van de Europese Commissie liggen (-100% emissies van de nieuwe verkopen tegen 2035) [103] en de aanbevelingen van gespecialiseerde ngo's over dit onderwerp [105, 106];
- ze ontzien het koolstofbudget niet zo goed, aangezien de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor na 2035 input blijven leveren aan het wagenpark.¹⁷

¹⁷ Een tegenargument zou het gebruik zijn van synthetische brandstoffen die worden gemaakt van hernieuwbare elektriciteit. Verschillende studies suggereren dat het onverstandig is om deze toekomstige innovaties te gebruiken voor licht wegvervoer (auto's en bestelwagens) vanwege hun lage energie-efficiëntie. [85]

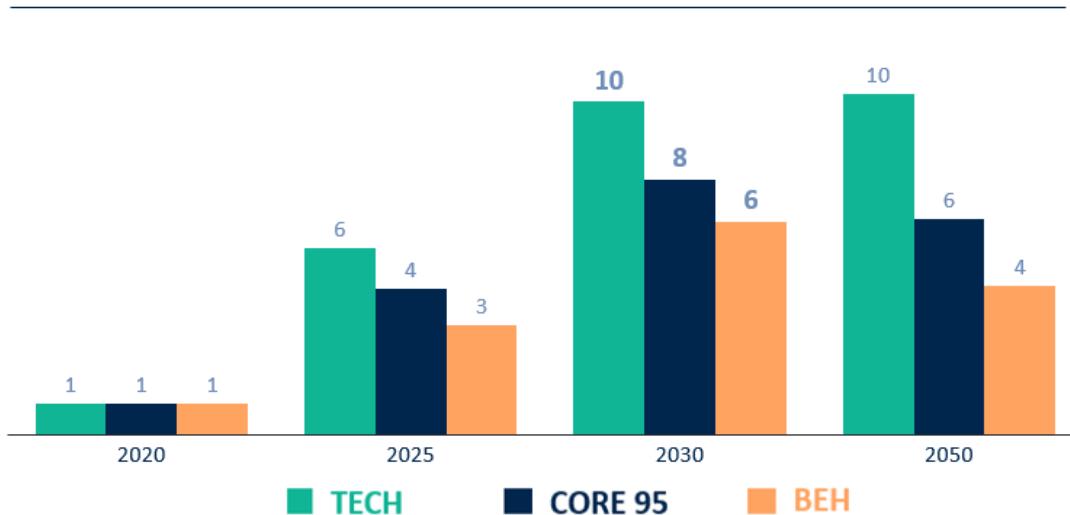
Figuur 7: Jaarlijkse vraag naar batterijen in België - vergelijking van de scenario's in het geval van een snelle decarbonisatie

Battery yearly demand in Belgium – comparison between TECH, CORE 95 & BEH
(GWh)



Figuur 8: Jaarlijkse vraag naar batterijen in België - vergelijking van de scenario's in het geval van een trage decarbonisatie

Battery yearly demand in Belgium – comparison between TECH, CORE 95 & BEH (slow decarbonation)
(GWh)



4.3.3 Druk op de hulpbronnen

In alle onderzochte scenario's is er dringend behoefte aan de ontwikkeling van infrastructuur, normen, stimulansen en technologieën (i) die de primaire behoefte aan kobalt en lithium verminderen en (ii) de inzameling en recycling van gewonnen hoeveelheden mogelijk maken, teneinde de hoeveelheden primaire grondstoffen binnen grootteorden te houden die verenigbaar zijn met de ramingen van de minerale reserves en bodemrijkdommen. Deze conclusies gelden voor alle bestudeerde materialen, maar zijn het meest urgent voor kobalt, gezien de geraamde beschikbare hoeveelheden.

Scenario's die gericht zijn op gedragsveranderingen hebben een niet te verwaarlozen invloed op de behoefte aan primaire grondstoffen (deze veranderingen verminderen de 'hoogte van de klokvorm' in Figuur 3). Het terugdringen van de vraag op korte termijn is des te belangrijker omdat technologieën die de vraag naar kobalt beperken, op het moment van schrijven van dit verslag erg beperkt zijn. Vermindering van de vraag doet echter niets af aan het belang van het gebruik van technologische innovaties en van normen of stimulansen die het potentieel daarvan maximaliseren (bv. een streefcijfer voor het recyclingpercentage – zie het hoofdstuk over de beleidsaanbevelingen).

Voortzetting van de geologische exploratie lijkt onvermijdelijk om aan de vraag te voldoen en het wagenpark snel koolstofvrij te maken: er zijn krachtige begeleidende maatregelen nodig om de externe sociale en ecologische effecten ervan, zoals opgesomd in hoofdstuk 3, tot een minimum te beperken

Ter herinnering, de vermindering van de vraag naar grondstoffen, voor dezelfde vraag naar batterijen, kan worden bereikt door:

- de verbetering van de materiële efficiëntie van de bestaande technologieën (bv. minder kg kobalt per kWh batterij, voor dezelfde technologie);
- de technologieverschuiving naar batterijtechnologieën waarbij geen gebruik meer wordt gemaakt van bepaalde kritieke materialen (wat overeenkomt met een verbetering van de materiële efficiëntie met 100%);
- de toename van de recycling en de recycleerbaarheid van de materialen.

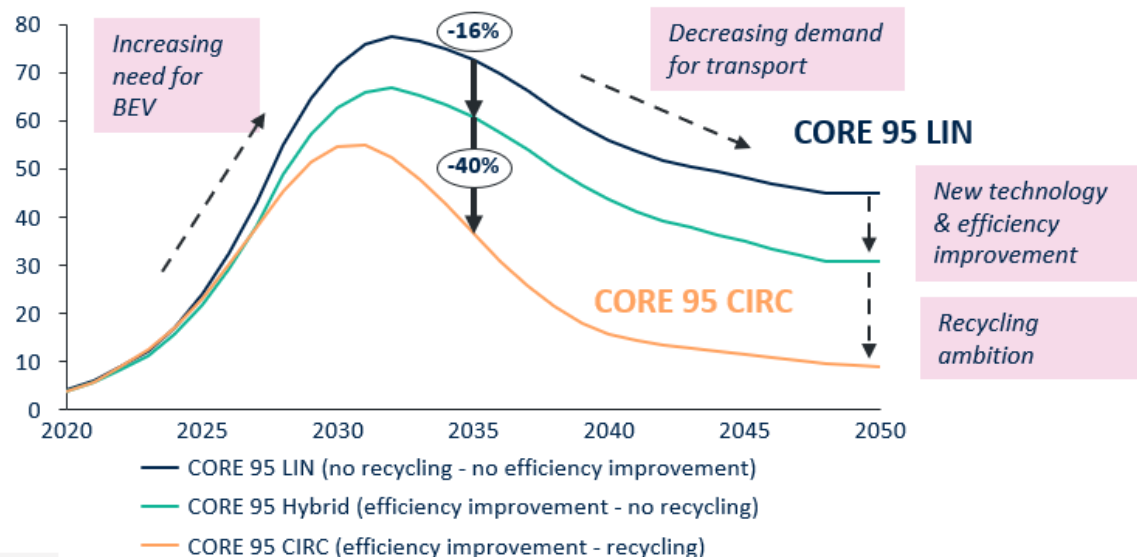
Voornaamste vaststellingen in verband met de druk op de hulpbronnen

- a) Uit een vergelijking van de materiaalbehoeften met de huidige reserves en hulpbronnen blijkt dat zelfs in de scenario's van een vermindering van de vraag technologische verbeteringen onontbeerlijk zijn voor de duurzame ontwikkeling van de elektromobiliteit. Deze vaststelling geldt zowel voor de batterijtechnologieën als voor de recyclingtechnieken.

Op basis van de in onderdeel 4.2.3 gepresenteerde hypothesen geeft Figuur 9 een beeld van het effect van de nieuwe technologieën ('New technology & efficiency improvement') en van de recycling ('Recycling ambition'). In het CORE 95-scenario kan daardoor de vraag naar primaire hulpbronnen voor batterijen in 2035 met meer dan 55% worden verlaagd. De doeltreffendheid van de recycling is bijzonder belangrijk, want ze is goed voor meer dan driekwart van deze verlaging. De hefbomen voor gedragsverandering zijn ook weergegeven in Figuur 9: door de vraag naar voertuigen te verminderen, daalt de vraag naar primaire grondstoffen. Ze maken het ook mogelijk om 'de hoogte van de klokvorm' op de grafiek te verlagen.

Figuur 9: Jaarlijkse vraag naar primaire grondstoffen volgens verschillende gevoeligheidsanalyses rond CORE 95 – sommen van de geanalyseerde materiaalvolumes (duizend ton)

Annual primary demand of key materials: reduction thanks to demand, efficiency & recycling improvements
(thousands tons of materials) – Based on CORE 95 scenario



- b) Ondanks deze verbeteringen bevestigt het model een sterke druk, vooral op kobalt en in mindere mate op lithium (zie de volgende onderdelen). Dit versterkt de noodzaak om in te spelen op de bovengenoemde gedrags- en technologische hefboomen om:
- de bevoorradingszekerheid van deze kritieke materialen (zowel wat de hoeveelheid als de prijs betreft) te waarborgen zonder afbreuk te doen aan de noodzaak om de emissie van broeikasgassen snel te verminderen;
 - een even ambitieuze ontwikkeling in de andere regio's van de wereld mogelijk te maken.

4.3.4 Kobalt

Methodologische noot: In bijlage 2 worden de reserves en hulpbronnen gedefinieerd, evenals de beperkingen van de huidige ramingen. In onderdeel 4.2.3 wordt de methodologie voor de vergelijking van de Belgische vraag en de wereldwijde reserves/grondstoffen toegelicht.¹⁸ In de onderstaande figuren zijn alleen de belangrijkste elementen weergegeven die de hieronder beschreven conclusies en voornaamste vaststellingen ondersteunen. Voor een volledig overzicht van de verschillende bestudeerde indicatoren verwijzen we naar bijlage 3.

Belangrijkste vaststellingen:

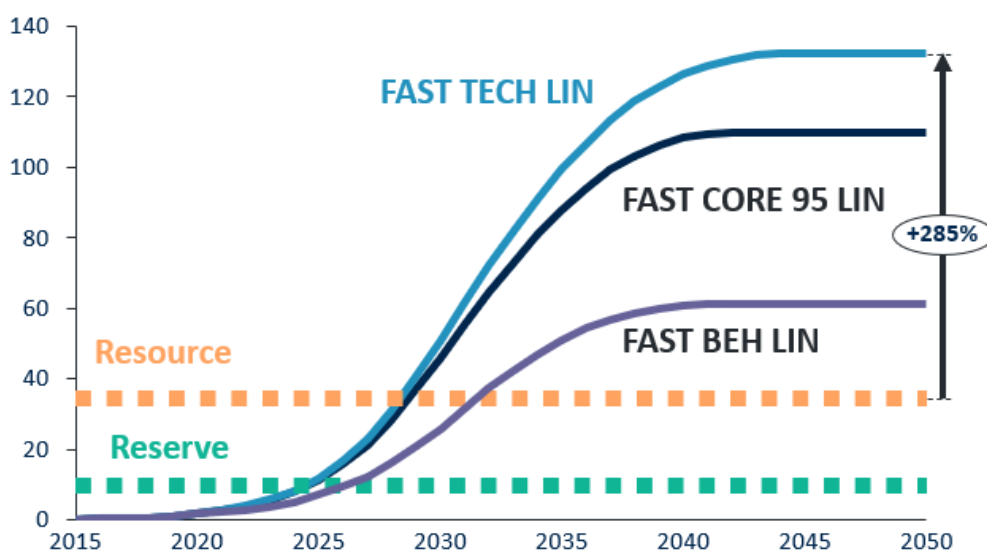
Om het vervoer snel koolstofvrij maken (einde van de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor tussen 2030 en 2035) is het volgende vereist:

- a) Technische verbeteringen op het gebied van recycling en nieuwe kobaltvrije ('cobalt-free') batterijtechnologieën zijn van essentieel belang. De 'LIN'-scenario's (en vooral de TECH- en CORE 95-scenario's) zonder technologische verbeteringen (qua batterijen en recyclingtechnieken) wijken inderdaad aanzienlijk af, niet alleen van de niveaus van de voor België op lange termijn beschikbaar geachte grondstoffen, maar ook van de niveaus van de op korte termijn beschikbare reserves (Figuur 10). Enkel het gedragsscenario sluit dicht aan bij de kortetermijnreserves.

¹⁸ De toewijzing van de geraamde mondiale reserves en hulpbronnen aan België volgens de verdeling van de verkoop van nieuwe auto's in de wereld en in België geeft een beeld van de beschikbaarheid op korte termijn van een grondstof voor België. Wij zullen deze indicator en deze ratio gebruiken om de druk op korte termijn te beoordelen. Parallel hiermee weerspiegelt het gebruik van de bevolkingsspreiding als toewijzingsfactor veeleer de beschikbaarheid op lange termijn van een grondstof voor België. In dat geval worden de grondstoffen in verband met de bevolkingsspreiding gebruikt om de druk op lange termijn te beoordelen en de vorige indicator aan te vullen.

Figuur 10: Primaire behoeften aan kobalt versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))¹⁹

Cobalt: cumulated primary needs vs Reserves & Resources (relative to **population distribution**)
(in thousands tons)



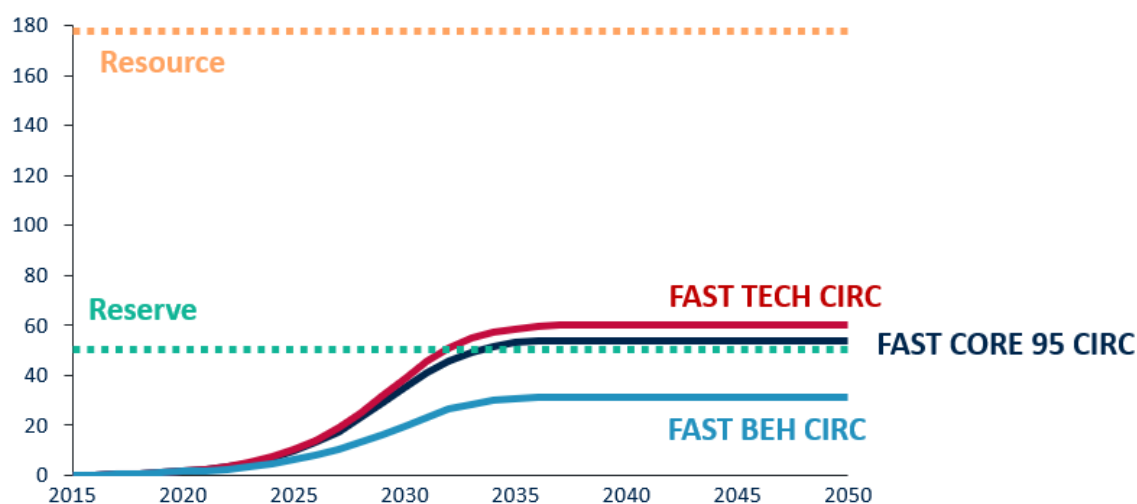
- b) In een CIRC-scenario (met technologische verbeteringen) wijzen TECH en CORE 95 op een snelle en aanzienlijke druk, die echter vrij dicht bij het niveau van de op korte termijn beschikbare reserves ligt (zie Figuur 11). Het feit dat deze reserves tussen 2030 en 2035 toch volledig worden geëxploiteerd, laat weinig speelruimte voor de implementaties en de mijnexploratie als de technologische verbeteringen traag op gang komen.
- c) Het CIRC BEH-scenario (een combinatie van gedragsveranderingen en innovaties op het gebied van batterij- en recyclingtechnologieën) vermindert het risico van bevoorradingsproblemen aanzienlijk doordat de behoefte aan elektrificatie wordt beperkt. Het vermindert de hoeveelheden kritieke materialen die moeten worden gewonnen en geeft tijd om bijvoorbeeld nieuwe kobaltvrije technologieën te ontwikkelen. Dit wordt bereikt door de broeikasgasemissies tegelijkertijd te verminderen, wat niet het geval is voor de langzamere decarbonisatiescenario's. Dit is het enige scenario dat onder de reserve- en grondstoffencurven blijft.

¹⁹ De volledige grafiek (LIN en CIRC beschikbaar voor elke vergelijking) is beschikbaar in bijlage 3.

- d) Indien deze nieuwe batterijtechnologieën niet op tijd beschikbaar worden, is het van essentieel belang dat de exploratie van de mijnen wordt voortgezet om de omvang van de reserves te vergroten, en dat wordt geïnvesteerd in efficiënte recyclingtechnologieën.

Figuur 11: Primaire behoeften aan kobalt versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))²⁰

Cobalt: cumulated primary needs vs Reserves & Resources (relative to cars distribution)
(in thousands tons)



4.3.5 Lithium

Belangrijkste vaststellingen:

Als we het vervoer snel koolstofvrij maken (einde van de verkoop van voertuigen met verbrandingsmotor tussen 2030 en 2035), zijn de conclusies vergelijkbaar met die voor kobalt. De ramingen van de grondstoffen en reserves evolueren echter in positieve zin en lijken de urgentie af te zwakken in vergelijking met kobalt.²¹

- a) Technische verbeteringen voor het recyclen van lithium en efficiëntere alternatieve technologieën zijn onontbeerlijk. De LIN TECH- en CORE 95-scenario's zonder technologische verbeteringen (qua batterijen en recyclingtechnieken) wijken aanzienlijk en snel af (vanaf 2035) van de niveaus van de voor België op

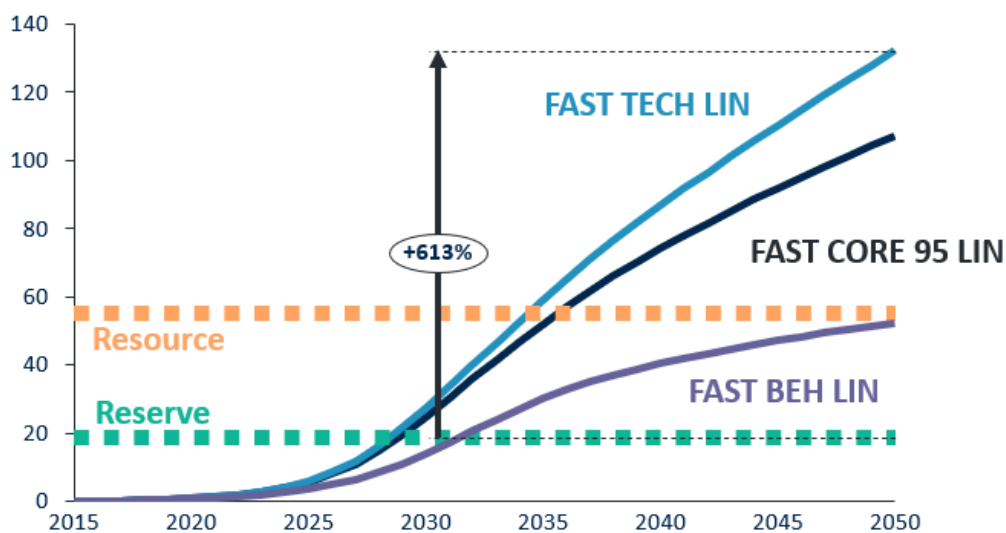
²⁰ De volledige grafiek (LIN en CIRC beschikbaar voor elke vergelijking) is beschikbaar in bijlage 3.

²¹ Merk op dat de ramingen van de volumes aan lithium zijn gestegen van 53 miljoen ton in 2018 tot 86 miljoen ton in 2021 (en dat de lithiumproductie tussen 2017 en 2020 bijna is verdubbeld). Voor kobalt blijven diezelfde ramingen stabiel tussen 2018 en 2021. [122, 123]

lange termijn beschikbaar geachte grondstoffen. Dit is minder het geval voor LIN BEH, hoewel de voor België beschikbare reserveniveaus snel worden overschreden. Dit zou betekenen: (i) dat de rest van de wereld dit tempo niet mag volgen, ii) en dat het noodzakelijk is om tegen 2050 het grootste deel van de geraamde lithiumvoorraden te ontginnen. Deze twee argumenten, gevoegd bij de argumenten in verband met kobalt, bevestigen het belang van de verdere ontwikkeling van nieuwe batterij- en recyclingtechnologieën.

Figuur 12: Primaire behoeften aan lithium versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))²²

Lithium: cumulated primary needs vs Reserves & Resources (relative to **population distribution**)
(in thousands tons)

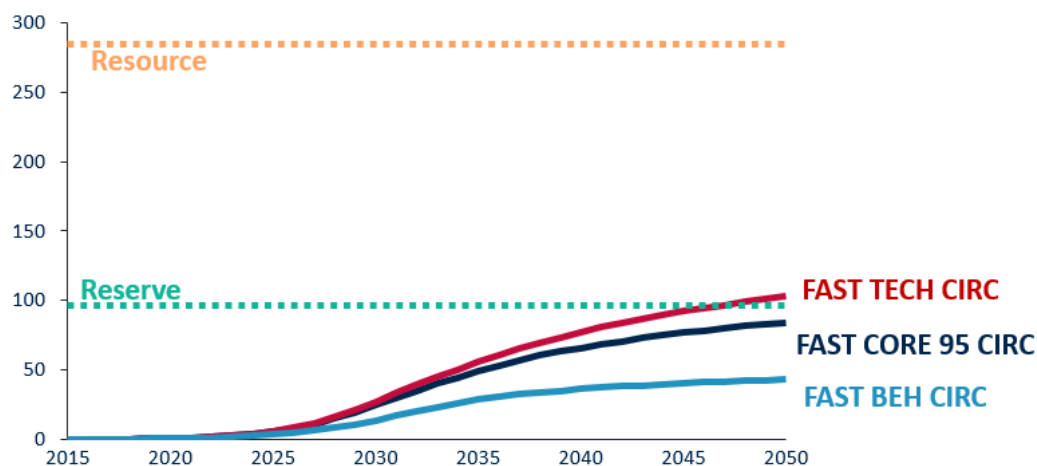


²² De volledige grafiek (LIN en CIRC beschikbaar voor elke vergelijking) is beschikbaar in bijlage 3.

- b) Dit laatste punt wordt bevestigd door de analyse van de CIRC scenario's, die de op korte termijn voor België beschikbare reserves meestal niet overschrijden (Figuur 13) - in tegenstelling tot de kobaltcurven die volgens TECH en CORE 95 diezelfde niveaus reeds in 2030-2035 bereiken. Dit impliceert wel dat de langetermijnniveaus van de hulpbronnen worden overschreden door TECH en CORE 95 (zie Figuur 14) – wat lijkt te pleiten voor het BEH CIRC-scenario, dat een combinatie is van een aanzienlijke gedragsverandering en een massale technologische innovatie, en voor ondersteuning van de mijnexploratie binnen een wettelijk kader dat de externe effecten strikt beperkt.

Figuur 13: Primaire behoeften aan lithium versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))²³

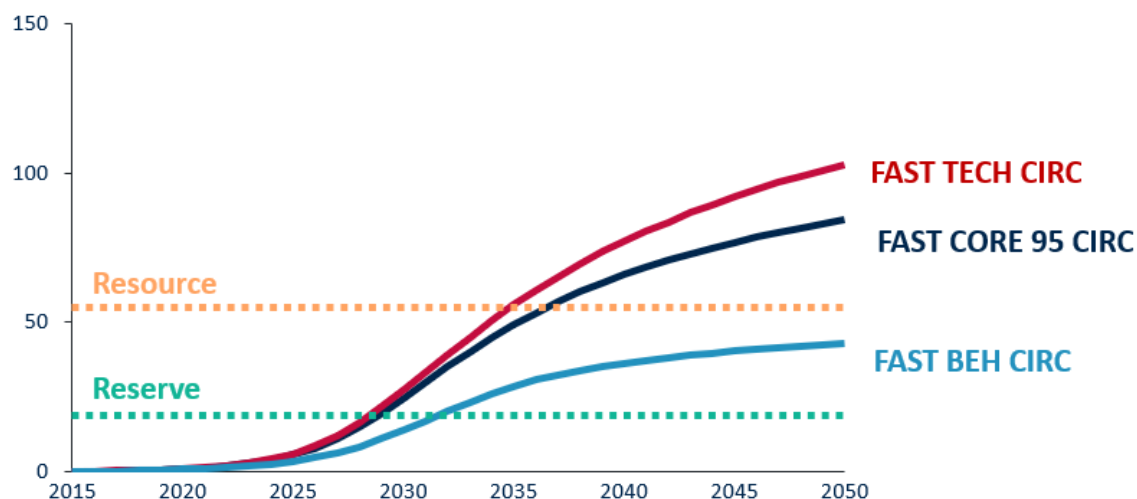
Lithium: cumulated primary needs vs Reserves & Resources (relative to cars distribution)
(in thousands tons)



²³ De volledige grafiek (LIN en CIRC beschikbaar voor elke vergelijking) is beschikbaar in bijlage 3.

Figuur 14: Primaire behoeften aan lithium versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))²⁴

Lithium: cumulated primary needs vs Reserves & Resources (relative to **population**)
(in thousands tons)

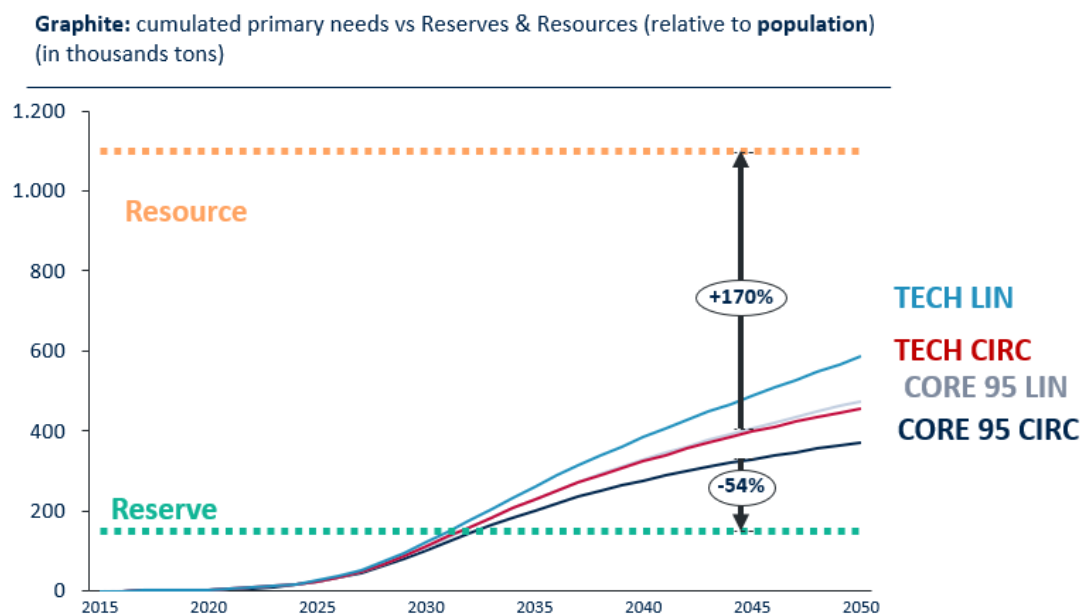


²⁴ De volledige grafiek (LIN en CIRC beschikbaar voor elke vergelijking) is beschikbaar in bijlage 3.

4.3.6 Andere onderzochte grondstoffen

- a) Voor grafiet vormt elektromobiliteit als zodanig in de TECH- en CORE 95-scenario's op lange termijn geen groot probleem, indien de geraamde hulpbronnen economisch rendabel worden. Nieuwe batterij- en recyclingtechnologieën hebben een impact, maar de kwestie van de beschikbaarheid van grondstoffen is niet problematisch, in tegenstelling tot de reeds genoemde ecologische en sociale kwesties. Om de hele vloot te kunnen elektrificeren, moeten de hulpbronnen exploiteerbaar worden gemaakt (of moeten nieuwe reserves worden geïdentificeerd, zie Figuur 15). Elektromobiliteit is niet de enige sector die deze hulpbronnen nodig heeft: deze conclusies moeten worden gerelativeerd door ook de andere sectoren in aanmerking te nemen. De situatie is minder kritiek dan voor kobalt of lithium, waarvoor alleen de vraag naar batterijen al problematisch is, gezien de geraamde beschikbare reserves op korte termijn.
- b) Voor nikkel zijn de conclusies vergelijkbaar. Dankzij nieuwe batterij- en recyclingtechnologieën kan mijnbouw op lange termijn echter worden vermeden.
- c) Wat aluminium en mangaan betreft, veranderen zowel de inspanningen om de vraag te verminderen als de technologische verbeteringen op het gebied van batterijen niets aan het feit dat de huidige hulpbronnen a priori toereikend zijn om aan de Belgische en de mondiale behoeften te voldoen. Elektromobiliteit is niet de enige sector die deze hulpbronnen nodig heeft: deze conclusies moeten worden gerelativeerd door ook de andere sectoren in aanmerking te nemen.
- d) Een belangrijke beperking van de studie is uiteraard dat zij alleen het effect van de elektromobiliteit op deze grondstoffen beoordeelt. De vraag hiernaar is echter uiteraard afhankelijk van andere ontwikkelingen. Deze ontwikkelingen moeten ook in aanmerking worden genomen om de potentiële wanverhouding tussen de behoeften en de beschikbaarheid van hulpbronnen nauwkeuriger te kunnen meten.

Figuur 15: Primaire behoeften aan grafiet versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))²⁵



²⁵ De ontwikkelingen en vergelijkingen met de andere grondstoffen zijn te vinden in bijlage 3.

5 Analyse van de belangrijkste effecten

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt nader ingegaan op de belangrijkste risico's en kansen in verband met de massale ontwikkeling van elektromobiliteit. In het vorige hoofdstuk werden verschillende scenario's beschreven rond de noodzaak om de volledige vervoerssector in België koolstofvrij te maken tegen 2050. Uit de analyse blijkt dat het van essentieel belang is om zowel gedrags- als technologische hefboomen te combineren. Op technologisch vlak impliceert de decarbonisatie van de economie een verschuiving van verbrandingsmotoren naar elektrische motoren²⁶ – dit komt tot uiting in de verschillende Europese beleidslijnen. Deze transitie is een ongekennde transformatie. De keuze van de batterijsector voor het vervoer brengt een reeks kansen en risico's met zich mee, met belangrijke gevolgen op ecologisch, sociaal en economisch gebied, die in hoofdstuk 3 in kaart zijn gebracht. In de onderstaande tabel, die gebaseerd is op de samenvatting in hoofdstuk 3, worden de belangrijkste potentiële kosten en baten van de hierboven besproken scenario's gerangschikt.

Verwachte voordelen	• Sterke vermindering van de BKG-emissies (SDG 13) • Verbetering van de luchtkwaliteit (SDG 3, 11) • Circulariteit van grondstoffen (SDG 11, 12) en grotere economische onafhankelijkheid op termijn (SDG 8, 9) • Bijdrage tot de ontwikkeling van duurzame steden (SDG 3, 11), met name door de verbetering van de luchtkwaliteit en een actieve en gedeelde modal shift (SDG 3, 11)
Potentiële risico's/kosten	• Impact op biodiversiteit (SDG 12, 14, 15) • Schaarste aan minerale hulpbronnen (SDG 12) • Rem op de economische kracht van de sector (SDG 8) • Potentiële vermindering van de werkgelegenheid (SDG 8) • Schending van de fundamentele rechten van de mens (SDG 3, 8, 9, 16)

²⁶ Ter herinnering: deze studie is toegespitst op de gevolgen van de ontwikkeling van batterijen die deze elektrificatie mogelijk maken – andere technologieën zijn ook mogelijk (indirecte elektrificatie via waterstof bijvoorbeeld): hoewel ze werden gebruikt bij de opstelling van de eerder genoemde scenario's (in mindere mate en niet voor auto's en bestelwagens), worden de gevolgen ervan hier niet behandeld.

In dit deel worden slechts vier van deze potentiële gevolgen geanalyseerd:

- **Reductie van de BKG-emissie en levenscyclusanalyse:** in het vorige hoofdstuk zijn de directe emissies en het directe energieverbruik (TTW) behandeld. Hoe zit het met de emissies tijdens de hele levenscyclus in vergelijking met de klassieke voertuigen? Hoeveel energie is er nodig om batterijen te recyclen? Hoe zit het met veranderingen in de upstream elektriciteitsopwekking?
- **Luchtkwaliteit:** wat kan de overschakeling op elektriciteit betekenen voor de verbetering van de luchtkwaliteit in België?
- **Schending van de grondrechten:** de belangrijkste sociale en gezondheidsproblemen die in de mijnbouwgebieden zijn vastgesteld, worden bestudeerd: gezondheid, geweld, arbeidsomstandigheden, landroof.
- **Werkgelegenheid:** wat is het evenwicht tussen risico's en kansen in termen van nettobanen? Hoeveel nieuwe banen komen er en welke competenties worden er gevraagd? Hoe kan de transitie van thermische naar elektrische competenties worden vergemakkelijkt?

5.2 Reductie van BKG-emissies

5.2.1 Emissies van broeikasgassen

Tal van studies over de hele levenscyclus bevestigen dat elektrische voertuigen minder broeikasgassen uitstoten dan voertuigen met verbrandingsmotor (zie Figuur 16).

Verschillende literatuuronderzoeken [44][45] hebben de resultaten van studies inzake de levenscyclusanalyse opgesomd en samengevat (bijvoorbeeld [1][72][73]). Zij komen tot het besluit dat, uitgaande van de Europese (EU28) elektriciteitsmix, het effect van de elektrische auto 55% lager is dan dat van de auto met loodvrije benzinemotor²⁷. De conclusies verschillen van land tot land (of van staat tot staat in de VS [73]), maar in Europa presteert alleen een elektrisch voertuig op elektriciteit in Estland slechter dan de traditionele auto's²⁸. Zelfs in Polen, dat vaak als tegenvoorbeeld wordt aangehaald, presteren elektrische voertuigen beter dan voertuigen met verbrandingsmotor (15% minder CO₂-uitstoot per km) [46].

Met name in het werk van professor Auke Hoekstra [69] wordt geconcludeerd dat studies inzake de levenscyclusanalyse van voertuigen de neiging hebben de emissies van elektrische voertuigen te overschatten om diverse redenen, waaronder de overschatting van de emissies in verband met de productie van batterijen, de onderschatting van de levensduur van batterijen, het niet in aanmerking nemen van positieve ontwikkelingen in het elektrische systeem en de onderschatting van de emissies van klassieke voertuigen.

5.2.2 Elektriciteitsverbruik en recycling

De hoeveelheid batterijen aan het einde van hun levensduur is momenteel vrij gering; als er al gegevens over het verbruik in verband met recycling bestaan, zullen deze evolueren naarmate de schaafeffecten en de technologische verbeteringen gelijke tred houden met de toename van de volumes die moeten worden gerecycled.

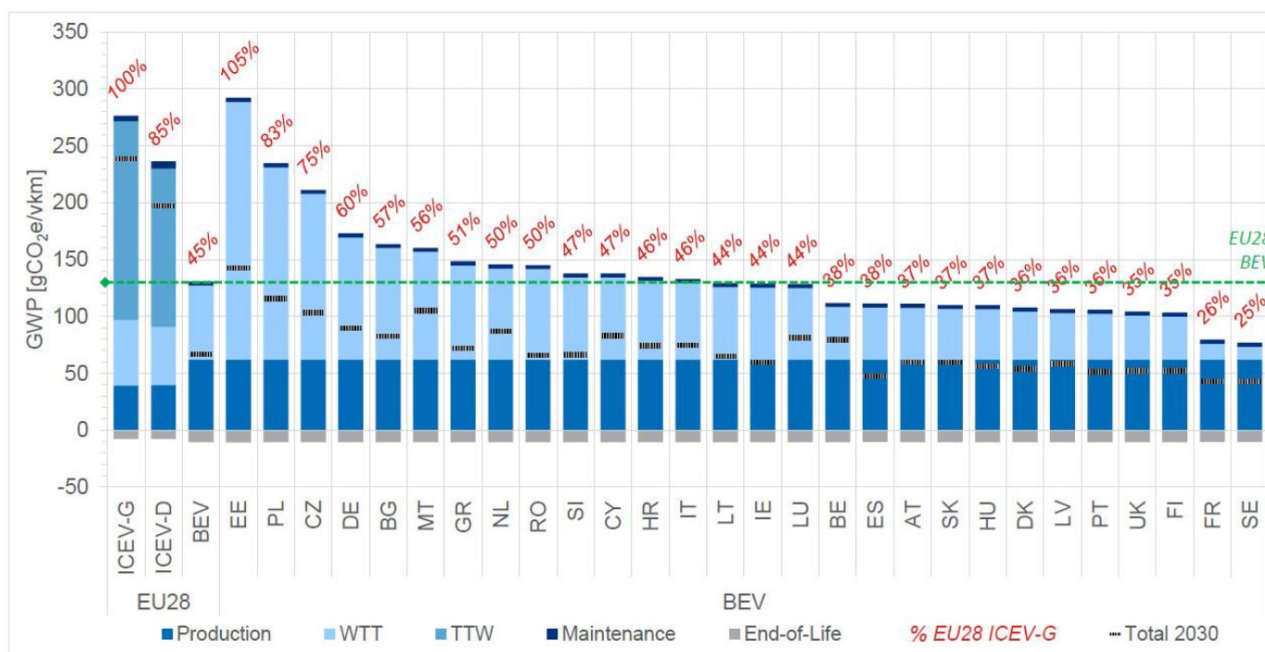
De gegevens over het energieverbruik van de recycling van batterijen, die in verschillende studies zijn vermeld [66][67][68], bevestigen wat uit de levenscyclusanalyses kon worden geconcludeerd: wanneer dit specifieke verbruik wordt toegepast op de resultaten van de transitiescenario's van het vorige hoofdstuk, stellen we vast dat de energiebehoeften voor recycling naar verwachting niet meer dan 3% van de totale behoeften zullen bedragen in de scenario's CORE 95, TECH of BEH – terwijl deze behoeften voor vervoer al

²⁷ De impact van de dieselmotor is 15% lager dan die van de benzinemotor.

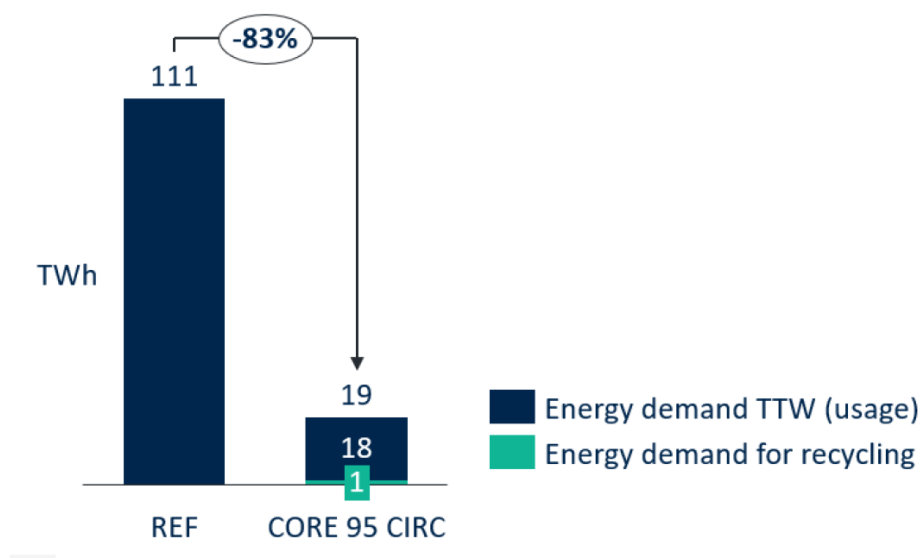
²⁸ Estland gebruikt steenkool voor 70% van zijn elektriciteitsproductie [46].

lager zijn in de transitie scenario's (~70% vermindering in totaal in 2050 bij vergelijking van REF en CORE 95), zoals geïllustreerd in Figuur 17.

Figuur 16: Vergelijking van het aardopwarmingsvermogen over de levenscyclus van auto's [44] [45]



Figuur 17: Verbruik van primaire energie in 2050 voor vervoer – selectie van specifieke elementen



5.2.3 Energieverbruik en elektrisch systeem

Het is cruciaal om tegelijk met de ontwikkeling van de elektromobiliteit de elektriciteitsopwekking koolstofvrij te maken. Hoewel de oplossingen om de elektriciteitsopwekking koolstofvrij te maken al bestaan, ligt de complexiteit van de transitie in de vereiste volumes, die doorgaans zullen toenemen naarmate de decarbonisatie van tal van sectoren (zoals de bouwsector of de industrie) (althans gedeeltelijk) afhangt van hun elektrificatie. De omvang van de uitdaging in ambitieuze decarbonisatiescenario's wordt gedetailleerd beschreven in diverse studies [70, 71], die:

- verbeteringen in de manier waarop we ons verplaatsen aanmoedigen, bijvoorbeeld door over te schakelen op actievere vervoerswijzen, vaker auto's te delen, het stedenbouwkundig beleid te herzien om het aantal en de lengte van de vereiste verplaatsingen te verminderen, en kortere afstanden voor het woon-werkverkeer aan te moedigen;
- de versnelde implementatie van koolstofvrije elektriciteitsbronnen aanmoedigen;
- het gebruik van synthetische brandstoffen (zoals, bij een ruime definitie van het begrip, synthetische diesel, synthetische ammoniak of waterstof) voor het personenvervoer ontmoedigen, aangezien deze veel minder energie-efficiënt zijn dan batterijen, omdat ze zelf veel meer schone elektriciteit vergen bij hun productie.

Het koolstofvrij maken van de elektriciteitsproductie verbetert ook de luchtkwaliteit in gebieden dicht bij elektriciteitscentrales en vermindert de blootstelling aan verontreinigende stoffen in kolenmijnen (wat in België minder relevant is) [110, 111].

5.3 Gevolgen voor de luchtkwaliteit

5.3.1 Methodologie

De luchtkwaliteit in verband met het gebruik van voertuigen wordt in dit hoofdstuk beoordeeld. We identificeren er de volgende bronnen van vervuiling: remslijtage (in de onderstaande figuren aangeduid als 'brake'), bandenslijtage ('tyres'), slijtage van de wegbedekking ('road') en verbranding ('energy').

Met het eerder gepresenteerde Pathways Explorer-model [53] kunnen de emissies van luchtverontreinigende stoffen worden gekwantificeerd en in verband worden gebracht met de directe gevolgen voor de menselijke gezondheid. De volgende analyse is uitgevoerd door CLIMACT, op basis van de hypothesen en bronnen die in het EuCalc-project [54] zijn gebruikt, hoofdzakelijk gebaseerd op de analyses van het adviesbureau IIASA. [55] De bestudeerde verontreinigende stoffen zijn de volgende: NH₃, SO₂, PM_{2.5}, VOS²⁹. PM_{2.5} is de meest problematische verontreinigende stof voor de gezondheid in België en Europa (respectievelijk 7.400 en 379.000 overlijdens in 2018) [118], en het vervoer is een belangrijke bron van emissies (~20% van de totale PM_{2.5}-emissies in 2017) [119].

De resultaten van de REF-, CORE-95- en TECH-scenario's³⁰ worden gebruikt om de ontwikkeling van de emissies van deze verontreinigende stoffen te laten zien.

Er is informatie beschikbaar voor alle volgende vervoerswijzen: bussen, auto's, zware vrachtwagens, lichte vrachtwagens (< 3,5 t), tweewielers, vliegtuigen, treinen, kustvaart en binnenvaart.

Merk op dat het rijgedrag van de auto met verbrandingsmotor en de elektrische auto, evenals het rubber van de banden, als vergelijkbaar worden beschouwd. Nieuwe technologieën die remgerelateerde emissies opvangen [115] zijn in opkomst en worden evenmin in aanmerking genomen.

5.3.2 Resultaten

De emissies en concentraties van luchtverontreinigende stoffen nemen af in de scenario's van decarbonisatie via elektromobiliteit.

²⁹ Met NO_x wordt geen rekening gehouden omdat het model uitgaat van een verdunning van de emissies over het hele Belgische grondgebied (bron: IIASA [55] – dit resulteert in een dispersiefactor = 0).

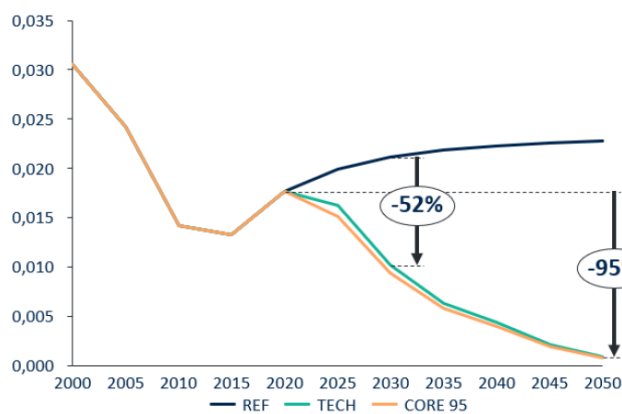
³⁰ Zie onderdeel 4.2 voor de definitie van deze scenario's.

De reden is eenvoudig: deze emissies en concentraties houden voornamelijk verband met de verbranding van fossiele brandstoffen en het aantal afgelegde kilometer per voertuig; twee indicatoren die in TECH en CORE 95 aanzienlijk worden gewijzigd.

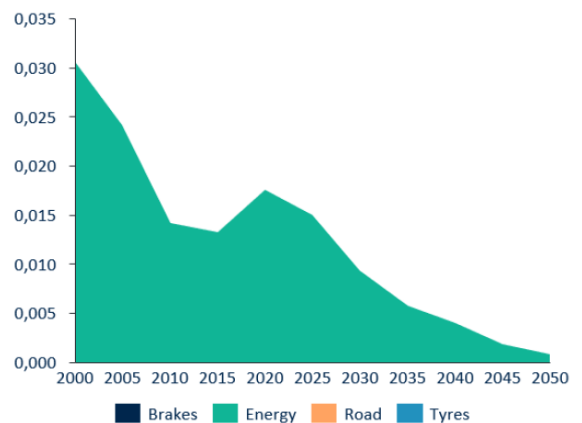
Aangezien NH₃ en VOS volledig verband houden met verbranding, wordt de vermindering ervan mogelijk gemaakt door zowel de technologische verschuiving als de geleidelijke vermindering van het aantal kilometer per voertuig (ook in TECH mogelijk door de groei van de technologieën voor het delen van voertuigen). Dit wordt geïllustreerd Figuur 18 voor NH₃.

Figuur 18: NH₃-emissies in België volgens REF, CORE 95 en TECH

Concentration en NH₃ en Belgique: impact du Transport par scénario [µg/m³]



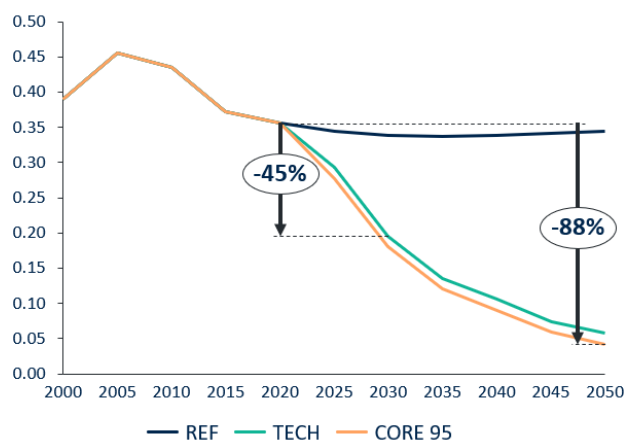
Sources des concentrations en NH₃ selon le scénario CORE-95 [µg/m³]



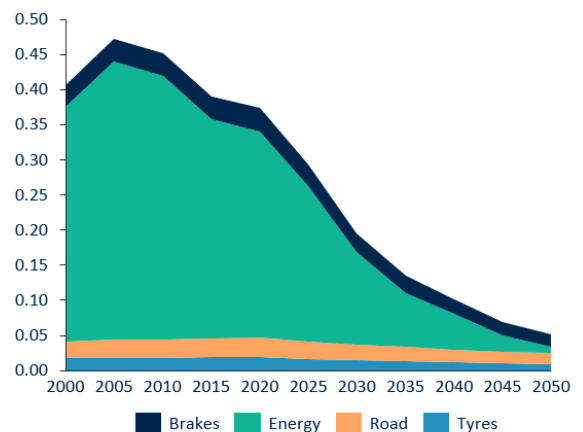
De conclusie is dezelfde voor PM_{2.5}, met uitzondering van de emissies van remmen, banden en wegen, die minder sterk afnemen. Er zullen opvangtechnologieën nodig zijn om die emissies te elimineren (ze zijn momenteel in ontwikkeling [115]).³¹

Figuur 19: PM_{2.5}-emissies in België volgens REF, CORE 95 en TECH

Concentration en PM_{2.5} en Belgique: impact du Transport par scénario [µg/m³]



Sources des concentrations en PM_{2.5} selon le scénario CORE-95 [µg/m³]



Wat de SO₂-emissies betreft, zijn de normen van de voorgaande jaren gunstig gebleken, aangezien sinds 2010 geen emissies meer zijn gemeten.

³¹ Met sommige technologische verbeteringen van fossiele brandstoffen is geen rekening gehouden (bijvoorbeeld de invoering van Euro 7-brandstoffen). De vermindering die zij mogelijk zouden maken in REF, is in deze studie niet gekwantificeerd.

5.4 Schendingen van de grondrechten

Regelmatig wordt melding gemaakt van grote problemen in de mijnbouwgebieden waar de noodzakelijke materialen voor de elektromobiliteit worden gewonnen. Het is niet correct om al deze negatieve externe effecten toe te schrijven aan de nieuwe autobatterijen: deze terugkerende feiten hebben betrekking op een aantal mijnbouwpraktijken (al decennia lang), ongeacht het downstream gebruik van de grondstoffen. Er moet dringend worden ingegrepen in de waardeketen van de batterijen, maar dat zal niet volstaan: dit kan dan wel het startsein zijn om meer normen op te leggen, maar het is ook van essentieel belang om de mijnbouwpraktijken in het algemeen te verbeteren.

De in dit hoofdstuk beschreven externe effecten hebben betrekking op de winning van de grondstoffen die nodig zijn voor de fabricage van de batterijen, afhankelijk van de toegepaste technologieën. We herinneren eraan dat deze grondstoffen momenteel ook worden gebruikt voor andere toepassingen dan elektromobiliteit. Gezien de omvang van de groeivoorzichten voor batterijen, zouden deze de belangrijkste markt voor deze grondstoffen kunnen worden, zodat het belangrijk is de huidige negatieve effecten in kaart te brengen om tijdig corrigerende maatregelen te kunnen vaststellen.

Het is nuttig te verwijzen naar het werk van organisaties als Amnesty International, Business Human Rights, Human Rights Watch voor meer details (de lijst is niet uitputtend). In de volgende paragrafen wordt vooral ingegaan op de problemen in de Democratische Republiek Congo (DRC), maar al snel kunnen we vaststellen dat soortgelijke gebeurtenissen zich overal ter wereld voordoen, ook al worden de meeste vooral geregistreerd in Zuid-Amerika, Afrika, Azië en vervolgens in Centraal-Amerika [100] [107] [108].

5.4.1 Gezondheid

Verschillende studies tonen significante concentraties van toxische metalen aan in de urine van mensen die in de buurt van kobaltmijnen van Katanga wonen [63]. Er wordt gewezen op het volgende: "previous research has shown that people living close to DRC's mines had forty three times the level of cobalt, five times the level of lead, and four times the level of cadmium and uranium in their urine than is considered normal. Visitors to the area witness ore concentrates falling off open dump trucks, creating dangerous dust in the streets."

Hoewel het effect van bepaalde metalen zoals lood op de menselijke gezondheid een vaststaand feit is, schijnt slechts één studie, het resultaat van een samenwerking tussen Belgische en Congolese universiteiten, te hebben getracht het verband aan te tonen tussen de kobaltconcentratie en mogelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid, in casu aangeboren afwijkingen. Uit de studie, die in The Lancet is gepubliceerd, blijkt ook dat "women in southern Congo had metal concentrations that are among the highest ever reported for pregnant women". Hoewel in de studie geen statistisch verband kon worden aangetoond

tussen deze concentratieniveaus en aangeboren afwijkingen, bleek er wel een duidelijk verband te bestaan tussen het feit dat de vader in de mijn werkt en de kans op aangeboren afwijkingen. [61] [64]

De oorzaken van de toxische concentraties zijn velerlei en kunnen zowel het gevolg zijn van directe blootstelling in de mijnen als van effecten op de luchtkwaliteit in verband met het vervoer van metalen of de omzetting daarvan. In een verslag wordt de situatie in Katanga toegelicht: "Thousands of trucks travel to and from the mines and related operations all day and through the night, exposing resident in the cities of Lubumbashi and Likasi to heightened air pollution and leaving them rightfully afraid of contracting lung diseases. Chronic exposure to such dust can lead to potentially fatal hard-metal lung disease. It can also lead to a variety of other pulmonary problems, including asthma, decreased lung function, and pneumonia." [60]

Katanga is niet de enige regio die aan het gevaar wordt blootgesteld en kobalt is niet het enige betrokken mineraal. Soortgelijke problemen worden ook in andere delen van de wereld gemeld [107]. We noemen als voorbeeld Indonesië, waar vaststellingen zijn van ontsnappende giftige dampen uit fabrieken die in de buurt gedolven mineralen verwerken: "Dwi Sawung from the non-profit Indonesian Forum for the Environment (Walhi) said that most of the smelters built by China in Indonesia used old, highly polluting technology, and most Chinese-funded projects lacked environmental safeguards. [...] Yose said to prevent environmental problems in the future, the Indonesian government should strictly enforce its environmental protection regulations." [65]

5.4.2 Kinderarbeid en arbeidsomstandigheden in het algemeen

Uit een onderzoek van Amnesty International uit 2016 [56] blijkt dat in sommige kobaltmijnen in de DRC kinderen werken in omstandigheden die worden omschreven als "de ergste vormen van kinderarbeid". In hetzelfde verslag worden de arbeidsomstandigheden beschreven in sommige mijnen waar mijnwerkers zijn blootgesteld aan grote risico's op dodelijke ongevallen (instortingen van tunnels, branden enz.). Hoewel deze arbeid volgens verschillende waarnemers [57] alleen verband houdt met de ambachtelijke exploitatie (die zou overeenkomen met 10-20% van de kobaltproductie in de DRC [57]), schatte UNICEF in 2014 het aantal kinderen dat in de mijnen werkt, op 40.000 in Katanga [58].

Onder de oorzaken of factoren die deze situaties verergeren, noemt Amnesty International lacunes in wetten en normen of, wanneer er wel wetten en normen zijn, in het vermogen van overheidsinstanties om ze te controleren en te handhaven. Amnesty International wijst ook op een gebrek aan due diligence door de bedrijven, zoals aanbevolen in de "Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas" van de OESO. [59]

5.4.3 Geweld

Amnesty International en het studiecentrum SOMO [60] maken ook melding van verschillende gevallen van geweld die in 2016 zijn waargenomen. Men heeft gezien hoe politie of militairen schoten op illegale mijnwerkers die zonder toestemming koper- of kobaltmijnen binnengingen.

5.4.4 Landroof en onevenwichtige compensaties

Verscheidene gevallen die tot deze categorie behoren, zijn beschreven in de bovengenoemde studie [60]: (i) verplaatsing van gemeenschappen naar gebieden met een arme bodem, (ii) landroof zonder dat alternatieve gebieden worden aangeboden en zonder passende compensatie, (iii) verplaatsing van gemeenschappen naar gebieden zonder toegang tot schoon water, noch tot een minimale infrastructuur, en (iv) ontbossing van bossen die als middel van bestaan dienen voor de omliggende gemeenschappen, zonder alternatieve oplossingen aan te bieden. Deze handelingen zijn des te problematischer omdat zij mensen treffen die zich reeds in een bestaansonzekere situatie bevinden, waardoor zij nog kwetsbaarder worden.

Nogmaals, de DRC en kobalt zijn geen alleenstaande voorbeelden. Met aluminium, bijvoorbeeld, (gemaakt op basis van bauxiet) gaan op de Salomonseilanden soortgelijke problemen gepaard [100, 101].

5.5 De gevolgen voor de werkgelegenheid in Europa

Het is moeilijk om de netto-impact van de opkomst van elektrische voertuigen op de werkgelegenheid in Europa en bij uitbreiding in België met zekerheid te bepalen. Er zijn nog veel onzekerheden over de gebruikte parameters en, voor zover wij weten, bestaat er geen nauwkeurige studie over de Belgische casus. Er zal echter een ingrijpende verandering plaatsvinden in de soorten benodigde competenties en een groot deel van de werknemers die momenteel in de automobielsector werkzaam zijn, zal zich moeten heroriënteren.

Verscheidende prospectieve studies die de economische impact van de ontwikkeling van de elektrische auto (in termen van werkgelegenheid en bbp) meten, zijn sinds 2010 uitgevoerd door verschillende bureaus. De studies hebben hoofdzakelijk betrekking op de Duitse arbeidsmarkt, maar in sommige studies worden de conclusies uitgebreid tot het Europese niveau. Hun methodologie en hypothesen verschillen, evenals hun conclusies: sommige zijn positief, andere negatief. In de volgende paragrafen worden de conclusies van de werkzaamheden die in onze ogen het meest relevant zijn, samengevat, gekwalificeerd en kruislings vergeleken.

In een recente studie [47] van het Duitse federale arbeidsbureau, die gericht is op Duitsland tussen 2020 en 2035, suggereert het centrale scenario een stijging van de werkgelegenheid en het bbp op korte termijn (2025), gekoppeld aan de aanzienlijke hoeveelheid investeringen, en een nettodaling van beide indicatoren op middellange termijn (2035). Zij voorspellen een nettoverlies van 114.000 banen tegen 2035, wat een stijging met 10% betekent van de huidige werkloosheid in Duitsland.

Deze studie besluit met een nuancering van deze resultaten. Enerzijds is het scenario voor de evolutie van de penetratie van elektrische voertuigen in de jaarlijkse verkoop gericht op een ambitie van 23% in 2030. Een hogere penetratie van elektrische voertuigen – die gezien de recente ontwikkelingen steeds realistischer wordt – zou de werkgelegenheidsbalans tegen 2035 ten goede komen. Anderzijds zou het verplaatsen van zoveel mogelijk activiteiten van de waardeketen ook de voorgestelde prognoses verbeteren.

Een andere studie, samen geschreven door Transport & Environment en uitgevoerd in opdracht van de AIE ('The European Association of Electrical Contractors') in 2018, komt daarentegen tot de conclusie dat op Europees niveau in 2030 het aantal banen dat wordt gecreëerd door de transitie naar elektromobiliteit, twee keer zo groot zal zijn als het aantal banen dat verloren gaat [48]. In zijn berichtgeving over de studie nuanceert Transport & Environment ook de conclusies van de studie van het Fraunhofer Institute for Industrial Engineering, in opdracht van Volkswagen [51], waarvan de resultaten ook eerder negatief zijn voor de Duitse werkgelegenheid (zie hieronder): volgens Transport & Environment schrijft het Fraunhofer Institute 83% van de verliezen toe aan productiviteitsverbeteringen, en niet aan de groei van de elektromobiliteit.

De noodzaak om banen elders te vestigen en de waardeketen te integreren is een boodschap die door sommige Duitse autobouwers lijkt te zijn opgevolgd³². De noodzaak om de reikwijdte van hun waardeketen uit te breiden, lijkt immers centraal te staan in hun groeiplan, gezien de vermelde partnerschappen: batterijproductie en bouw van een gigabedrijf of 'gigafactory', recyclingfabriek en -doelstellingen, oprichting van oplaadstations, enz.

In een publicatie van november 2020 die in samenwerking met het Fraunhofer Institute for Industrial Engineering is opgesteld, wordt overigens het volgende gesteld: "the study relativises the occasionally alarming findings of previous publications and refutes common scenarios describing exclusively negative employment effects. Using the example of Volkswagen, the study shows there is no uniform employment trend in the 'transformation corridor' over the coming decade." [51]

De auteurs van het recente verslag voor het 'Platform for electromobility' [52] lijken dezelfde mening toegedaan en voegen er het volgende aan toe: "In total, the number of jobs across the eight investigated industries will remain nearly constant until 2030. However, there will be significant shifts. [...] In consequence, strong temporal, industry and job-related as well as regional transitions will occur in the labor market." Zij dringen er dus op aan dat wordt geanticipeerd op de opleidingsbehoeften om de professionele omschakeling te vergemakkelijken.

Merk op dat deze studies over het algemeen gericht zijn op lichte voertuigen, die uiteraard in de meerderheid zijn, maar dat ze geen kwantificering bevatten van de extra kansen en risico's die de andere vervoerswijzen zouden kunnen vertegenwoordigen.

Samenvattend kunnen we stellen dat het moeilijk is om de impact van de opkomst van elektrische voertuigen op de werkgelegenheid met zekerheid en precisie te bepalen. Er zijn risico's, maar ook mooie kansen, en de prognoses verschillen aanzienlijk van de ene studie tot de andere. De foutenmarge bij de kwantificering van de banen is niet te verwaarlozen, gezien zowel de onzekere aard van de hypothesen als de hoeveelheid betrokken parameters. Parameters zoals het tempo van de ontwikkeling van recyclingsector of de verplaatsing van de productie van onderdelen met een hoge toegevoegde waarde blijken dus van cruciaal belang om een stabiel werkgelegenheidscijfer te handhaven – of op zijn minst het risico van banenverlies te beperken.

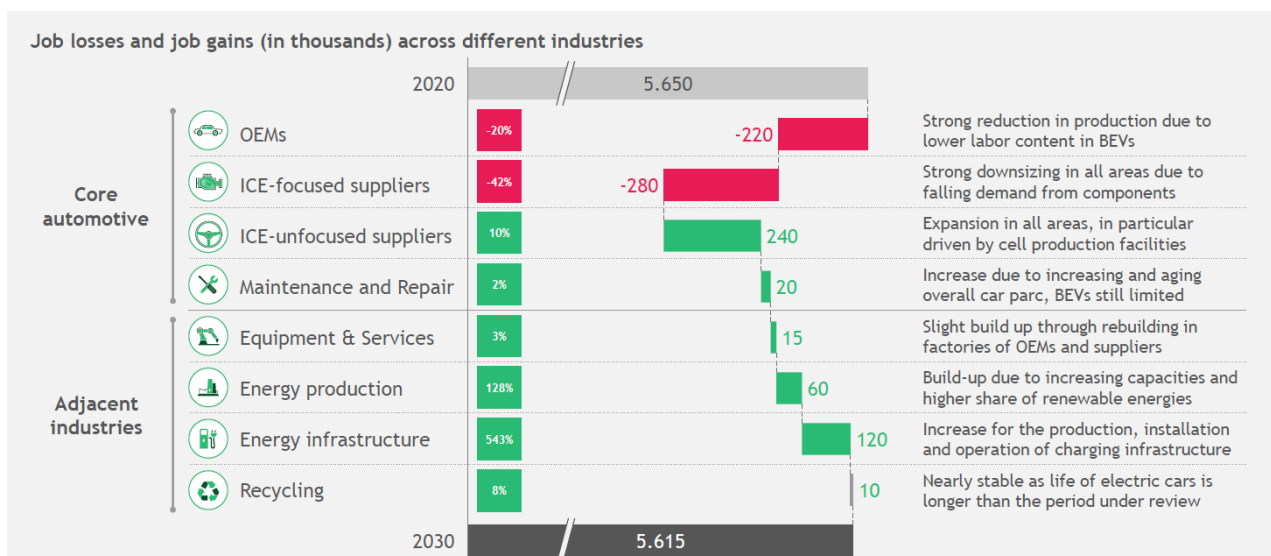
Ondanks de omvang van de onzekerheden en gelet op de noodzaak om deze transitie door te voeren, komen uit het literatuuronderzoek twee conclusies naar voren:

³² Bijvoorbeeld VW, in zijn recente berichtgeving [49] over de strategische verschuiving naar 'volledig elektrisch' – wat in contrast staat met de historisch eerder conservatieve positionering van de Duitse autolobby VDA [50].

- De ontwikkeling van de elektrische voertuigen en het einde van de verbrandingsmotoren moeten gepaard gaan met de lokale ontwikkeling van aanverwante sectoren in de waardeketen om in termen van werkgelegenheid als 'duurzaam' te kunnen worden beschouwd. Zoals uit elk van deze studies blijkt, zal er inderdaad een verschuiving van nuttige competenties plaatsvinden.
- Het is van essentieel belang te beschikken over solide programma's (zowel op beleidsniveau als op het niveau van de industrie) op het vlak van begeleiding en opleiding die moeten worden opgezet om de mensen die in deze industrieën actief zijn, te heroriënteren.

Tot slot zijn, in verband met het vorige punt, deze begrippen van diversificatie en ontwikkeling van aanverwante sectoren des te belangrijker omdat geen van de studies lijkt te wijzen op een vermindering van de vraag en een achteruitgang van de automobiemarkt, in tegenstelling tot wat wordt beschreven in de scenario's CORE-95 en BEHAVIOR. Indien voor dergelijke pistes wordt gekozen, zal de netto werkgelegenheidsbalans van de autofabrikanten waarschijnlijk eerder negatief zijn. In dat geval moeten de heroriënteringsprogramma's de overstap naar andere industrieën met een tekort aan arbeidskrachten aanmoedigen, zo nodig in andere sectoren, zoals de energierenovatie van gebouwen of de industrie of de ontwikkeling van hernieuwbare energie. Tegelijkertijd zullen in de decarbonisatiescenario's nieuwe diensten (buiten de waardeketen van de autoproductie) ontstaan (zoals de ontwikkeling van technologieën voor autodelen), die ook nieuwe banen kunnen opleveren.

Figuur 20: BCG-studie [52] – balans van banen in de auto-industrie in Europa



6 Aanbevelingen voor beleidsmaatregelen

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een reeks maatregelen voorgesteld op basis van de uitgevoerde kwalitatieve en kwantitatieve analyses. Deze maatregelen zullen ofwel de in hoofdstuk 4 besproken decarbonisatiescenario's bevorderen, ofwel de hierboven genoemde en in de hoofdstukken 3 en 5 geanalyseerde negatieve externe effecten voorkomen (of verzachten). Dit hoofdstuk weerspiegelt verschillende wetteksten, interviews met experts, artikelen, studies en 'position papers' van verschillende milieuorganisaties (zie voor meer details [74, 76, 77, 78, 82, 85, 99, 102]).

6.2 Een centrale tekst: het door de Europese Commissie gepubliceerde voorstel voor een verordening inzake batterijen [76]

In het kader van de Europese Green Deal, binnen het nieuwe 'actieplan voor een circulaire economie', heeft de Europese Commissie in december 2020 een belangrijk voorstel gepubliceerd voor een verordening die de hele waardeketen van batterijen bestrijkt: de 'verordening [...] inzake batterijen en afgedankte batterijen'. Zij strekt tot vervanging van een eerdere richtlijn ('inzake batterijen en accu's, alsook afgedankte batterijen en accu's'), die niet alleen verouderd raakt in het licht van de toekomstige ontwikkelingen, maar ook in verscheidene opzichten problematisch is (bijvoorbeeld: ontbreken van randvoorwaarden om investeringen aan te moedigen, suboptimale werking van de recyclingmarkten en grondstoffenbeheer in onvoldoende gesloten circuits, sociale en ecologische risico's).

Het voorstel van verordening is bedoeld om minimumcriteria op ecologisch en sociaal gebied in te voeren voor alle soorten batterijen die op de Europese markt worden gebracht. Het voorstel bevordert door de hele waardeketen heen de ecologische en maatschappelijke zorgvuldigheidsplicht. Voorafgaand aan het gebruik moet de koolstofvoetafdruk van de productie worden berekend en moet een 'paspoort' worden opgesteld ter bevordering van de transparantie van essentiële informatie voor de consument en voor al wie betrokken is bij de reparatie, het hergebruik of de recycling van batterijen. Stroomafwaarts worden in het voorstel streefcijfers vastgesteld voor de inzameling en recycling van materialen.

Op het moment dat deze studie wordt gepubliceerd, wordt de tekst gereviseerd door verschillende commissies van het Parlement en door de Raad van Europa, vertegenwoordigd door de milieuministers van elke lidstaat, en naar verwachting zal er rond februari 2022 over worden gestemd [77].

6.3 Aanbevelingen voor verbeteringen van het huidige voorstel

De meeste lidstaten, ngo's en belanghebbenden juichten dit voorstel toe, maar stelden wel voor om een reeks verbeteringen van de definitieve tekst door te voeren [77, 74, 99, 112]. In dit hoofdstuk worden op basis van de standpunten van deze belanghebbenden tekortkomingen in het huidige voorstel van verordening vastgesteld en aanbevelingen gedaan om deze te verhelpen. Aangezien de tekst momenteel wordt herzien, dringen sommige van deze aanbevelingen er bovendien op aan dat specifieke ambities hoog blijven in de definitieve tekst. De genoemde punten zijn niet uitputtend bedoeld, maar hebben betrekking op de belangrijkste problemen die in de hoofdstukken 4 en 5 aan de orde zijn gesteld.

6.3.1 Zorgen voor ambitieuze inzamelings- en recyclingdoelstellingen

In de hoofdstukken 4 en 5 van deze studie wordt de nadruk gelegd op de noodzaak van recycling van materialen. Sterke doelstellingen voor de initiële inzameling van afgedankte batterijen en voor het recyclingpercentage van de bestanddelen van deze batterijen zijn van essentieel belang. Het gaat om de artikelen 47, 48, 55 en 57 van het voorstel van verordening van de Europese Commissie. Deze aanbevelingen sluiten aan bij die van een consortium van ngo's [74].

Aanbeveling 1: Verbied het verwijderen en vernietigen van batterijen door ingraving, op stortplaatsen of in verbrandingsovens. Dit geldt zowel voor autobatterijen als voor industriële batterijen.

Aanbeveling 2: De recyclingdoelstellingen voor kritieke materialen moeten worden afgestemd op de huidige beste praktijken. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de minimumaanbevelingen (bovendien gekoppeld aan de scenario's in hoofdstuk 4). De openstelling voor andere materialen in geval van de ontwikkeling van nieuwe technologieën moet mogelijk worden gemaakt.

Kritieke materialen	Aanbevolen streefcijfers voor 2030
Kobalt	98%
Lithium	90%
Koper	98%
Nikkel	98%

6.3.2 Due diligence van de waardeketen voorafgaand aan de productie

Dit hoofdstuk is hoofdzakelijk gebaseerd op [74] en [99], waarbij enkele van hun aanbevelingen zijn geselecteerd en aangepast. We raden de lezers aan deze documenten te raadplegen voor een meer volledige en gedetailleerde lijst van de elementen waarvan hierna een selectie en een samenvatting volgt.

Het doel van dit onderdeel is de in hoofdstuk 5 behandelde kwesties in verband met de sociale (hier in de ruime zin van de grondrechten) en ecologische risico's te behandelen. In het voorstel van verordening gaat het om artikel 39.

Aanbeveling 3: Neem alle categorieën batterijen op in de zorgvuldigheidsplichten, niet alleen de industriële batterijen en de batterijen voor elektrische voertuigen.

Aanbeveling 4: Gebruik de criteria in de teksten die alle menselijke en milieurisico's omvatten, en beperk u niet tot de 'Due Diligence Guidance for Responsible Supply Chains of Minerals from Conflict-Affected and High-Risk Areas' van de OESO, die geografisch en thematisch te beperkend is. Aanbevolen wordt om in plaats daarvan de volgende teksten als uitgangspunt te nemen: 'UN Guiding Principles' en 'OECD Guidelines for Multinational Enterprises' [83, 84]).

Aanbeveling 5: Verbreed het spectrum van de bestreken grondstoffen tot minstens koper, bauxiet en ijzer (niet behandeld in deze studie, maar aanbevolen door Amnesty International). Op termijn moet de verplichting 'material agnostic' worden, zodat alle mijnbouwactiviteiten aan dezelfde verplichtingen onderworpen zijn. [112]

Aanbeveling 6: Ontwikkel ambitieuze criteria inzake de zorgvuldigheidsplicht op milieugebied, met verwijzing naar de basisbeginselen van de Europese milieuwetgeving, internationale overeenkomsten en een niet-uitputtende lijst van negatieve milieueffecten. Dit is nodig omdat er geen internationale normen zijn die deze criteria opsommen, zoals die er bijvoorbeeld wel zijn voor de mensenrechten. Het is van belang een niet-uitputtende lijst van negatieve milieugevolgen op te nemen (vergelijkbaar met de Europese taxonomieverordening of de 'Corporate Sustainability Reporting Directive')³³ om deze verplichting concreet te maken.

³³ De lijst van milieueffecten moet onder meer, maar zonder zich daartoe te beperken, directe en indirecte effecten in verband met de klimaatverandering (met inbegrip van de broeikasgasemissies), lucht-, bodem-, water- en geluidsverontreiniging (onder meer door de verwijdering van chemische stoffen), gevaarlijke stoffen en afvalproductie, verlies en schade aan bossen en natuurlijke ecosystemen, verlies aan biodiversiteit en verlies van habitats en soorten omvatten.

6.3.3 Neem bepalingen op inzake de eventuele zeebodemontginning

De zeebodem bevat minerale afzettingen van wereldbelang, met name koper, kobalt, lithium, nikkel [86], mangaan, zilver, zink en vele zeldzame metalen en aardelementen [87]. Het potentieel van de zeebodem voor de bevoorradingsketens voor batterijen wordt algemeen erkend. Een winningsbedrijf, bijvoorbeeld, beschrijft polymetallische knollen op de zeebodem, die kobalt, nikkel, koper en mangaan bevatten, als "een batterij in een rots" [88].

De Internationale Zeebodemautoriteit ('International Seabed Authority', ISA) werkt momenteel aan reglementen om mijnbouw in het internationale zeebodemgebied toe te staan en te reguleren. Die reglementen zouden binnen twee jaar klaar kunnen zijn [89]. Sommige landen, waaronder de Cookeilanden [90], Japan [91] [92] en Noorwegen [93], omvatten binnen hun nationale jurisdictie ook extractie.

De potentiële diepzeemijnbouw is controversieel. Groepen wetenschappers en mariene milieuactivisten [94] [95] [96], alsook het Europees Parlement [97], roepen op tot een moratorium op diepzeemijnbouw totdat meer inzicht is verkregen in de mogelijke ecologische, sociale en economische effecten en totdat de technieken voor het beheer van de effecten doeltreffend blijken. Enkele grote fabrikanten hebben zich bij deze oproep aangesloten [98], hoewel de bredere gemeenschap van fabrikanten zich zorgen maakt over de manier waarop aan de toekomstige vraag naar batterijgrondstoffen zal worden voldaan, en de hulpbronnen op de zeebodem als een deel van de oplossing ziet. Gezien de controverse rond de potentiële diepzeemijnbouw moeten strenge eisen inzake verantwoorde bevoorrading worden vastgesteld en nageleefd.

België heeft een aanzienlijk belang bij het beheer, de exploratie en de exploitatie van rijkdommen van de zeebodem. GSR, een dochteronderneming van de Belgische baggermaatschappij DEME, is een van de toonaangevende ondernemingen op het gebied van diepzeemijnbouw. De Belgische regering sponsort het exploratiecontract van GSR met de Internationale Zeebodemautoriteit en GSR heeft ook een contract met de Cookeilanden. België heeft ook een permanente missie bij de ISA in Jamaica.

Aanbeveling 7: Breid de zorgvuldigheidsplicht voor de bevoorradingsketen expliciet uit tot de zeebodem en zorg ervoor dat alle potentiële ecologische en sociale effecten van de diepzeemijnbouw worden bestreken. Zolang er geen geloofwaardig kader inzake de zorgvuldigheidsplicht is, moeten de Europese bedrijven van de bevoorradingsketen van batterijen (boven een bepaalde grootte) meewerken aan de ontwikkeling van een dergelijk kader. Dit kan door deel te nemen aan relevante fora, zoals de World Economic Forum Deep-Sea Minerals Dialogue.

6.4 Andere aanbevelingen op Europees en Belgisch niveau

Het voorstel van verordening van de Commissie heeft alleen betrekking op het beheer van de batterijen. Heel wat van de in de vorige hoofdstukken genoemde punten worden niet behandeld, denk bijvoorbeeld aan:

- de specifieke maatregelen voor de vervoerssector waarbij streefcijfers voor de emissiereductie in verhouding tot de klimaatuitdaging worden vastgesteld;
- de maatregelen in de vervoersector om de druk op de natuurlijke hulpbronnen en de vraag naar primaire energie te beperken;
- de maatregelen om een realistischere industriële transitie mogelijk te maken (gezien de groei van de vereiste volumes) zonder de klimaatambities in gevaar te brengen;
- de maatregelen ter ondersteuning van de massale ontwikkeling van oplaadinfrastructuur, duurzame batterijproductiecapaciteit (inclusief innovatie in de richting van minder materiaalintensieve batterijen) en recycling;
- de maatregelen ter ondersteuning en vergemakkelijking van de professionele omschakeling.

De lijst is niet uitputtend, maar deze punten zijn van cruciaal belang en zullen de steun van de wetgever nodig hebben.

De volgende aanbevelingen zijn zowel bedoeld om tekortkomingen vast te stellen in andere teksten die de Europese Commissie in het kader van de Green Deal heeft gepubliceerd [103], als om andere maatregelen voor te stellen die daar niet rechtstreeks verband mee houden. Bovendien wordt in elke aanbeveling ook aangegeven of het toepassingsgebied ervan al dan niet kan worden toegepast op het Belgische nationale kader.

6.4.1 Decarbonisatie van alle verkopen van nieuwe auto's (LDV) en bestelwagens

In deze studie beschouwen we de decarbonisatie van het vervoer als essentieel voor de komst van een werkelijk duurzame samenleving. De analyses zijn vooral gericht op de gevolgen van de elektromobiliteit en de daaruit voortvloeiende productie van batterijen, volgens verschillende decarbonisatiescenario's. De basishypothese voor het meten van dit effect is een verbod op de verkoop van nieuwe lichte voertuigen met verbrandingsmotor tussen 2030 en 2035 (zoals minimaal voorgesteld in verschillende studies [85, 120] om de noodzakelijke reducties tegen 2050 te bereiken). Dit is in overeenstemming met de doelstelling die de Commissie onlangs heeft voorgesteld in het Fit for 55-pakket (een einde maken aan de verkoop van LDV's (m.a.w. auto's) en bestelwagens met verbrandingsmotor tegen 2035 en een vermindering van de gemiddelde emissies van de in 2030 verkochte voertuigen met -55% (ten opzichte van 2021)) [103].

Volgens verschillende studies is dit weliswaar een verbetering ten opzichte van de huidige doelstelling (-37% tegen 2030), maar niet ambitieus genoeg in het licht van de klimaat- [85] en economische uitdagingen [104]. In dezelfde studies wordt een herziening van de streefcijfers tegen 2025 en 2030 voorgesteld om decarbonisatie in 2035 mogelijk te maken. Het is ook nuttig om vraagtekens te plaatsen bij de nationale inspanningen en met name bij de noodzaak voor de ontwikkelde landen, zoals België, om ambitieuzere doelstellingen vast te stellen dan 2035, teneinde de armere regio's meer tijd te geven [104].

Gezien het belang en het urgente karakter van de klimaatuitdaging is het ook nuttig erop te wijzen dat de in deze studie gepresenteerde negatieve gevolgen van de ontwikkeling van batterijen geenszins rechtvaardigen dat de ambities op het vlak van decarbonisatie worden teruggeschoefd. Dankzij de kennis van deze negatieve gevolgen kunnen onontbeerlijke richtsnoeren voor een duurzame ontwikkeling van de elektrische mobiliteit worden toegevoegd. De onderstaande aanbevelingen sluiten aan bij de bovengenoemde studies teneinde het belang van deze uitdaging in herinnering te brengen, en herinneren er tegelijkertijd aan dat (i) de andere aanbevelingen (inzake gedragsverandering en technologische ontwikkeling) in dit onderdeel onontbeerlijk zijn om een duurzame ontwikkeling te waarborgen, en (ii) dat de aanbevelingen 8 en 9 grondiger moeten worden bestudeerd om de genoemde doelstellingen te valideren en de steun aan de industrieën aan te passen.



Aanbeveling 8: Mik op 2030 als streefdoel voor het stopzetten van de verkoop van nieuwe LDV's en bestelwagens met verbrandingsmotor in België.

Aanbeveling 9: Steun het voorgestelde verbod voor 2035 en volg de aanbevelingen van [105] dat de huidige EU-doelstellingen voor 2025 en 2030 moeten worden verhoogd.

6.4.2 Strengere normen en streefcijfers voor het gewicht en het vermogen van auto's

Het is van essentieel belang dat de tendensen van de laatste jaren met betrekking tot het gemiddelde gewicht van voertuigen worden omgebogen; in Europa is het gewicht tussen 2001 en 2016 met bijna 10% gestegen [80], terwijl de SUV's zijn toegenomen van 10% van de verkoop in 2010 tot bijna 42% in 2020 [104]. Vier elementen ondersteunen deze stelling [102]:

- het energieverbruik bij gebruik en fabricage – de directe en indirecte emissies – van de nieuwe voertuigen moet worden teruggedrongen;
- de gemiddelde grootte van de batterij van toekomstige elektrische voertuigen moet worden beperkt om de extractie en de mogelijke negatieve gevolgen daarvan te beperken;
- de uitstoot van fijne deeltjes, die groter is bij zware voertuigen, moet worden teruggedrongen;
- de veiligheid op de weg moet worden verbeterd door de gevaren van zware voertuigen voor zwakke weggebruikers te verminderen³⁴.

Een van de vele voordelen van een lager gewicht en een geringer vermogen is de vermindering van de behoefte aan grondstoffen, waarvan in hoofdstuk 4 is aangetoond dat die een cruciale rol speelt. Hiervoor zijn aanvullende normen op Europees (en Belgisch) niveau nodig. De beleidsaanbevelingen die voortvloeien uit het 'Lisacar³⁵'-initiatief van de ngo Transport & Environment ([104] en [106]), het wetenschappelijke tijdschrift Nature [102] en het hoofd van het Internationaal Energie-agentschap (IEA) [109] wijzen alle in deze richting.



Aanbeveling 10: Wijzig de voorgestelde formule voor de doelstellingen inzake CO₂e/km tegen 2025 en 2030 door de voertuigmassa uit de vergelijking te halen (zie [106] voor details).

Aanbeveling 11: Stel normen en streefcijfers vast voor het gewicht en het vermogen van auto's met het oog op een vermindering ervan. Tegelijkertijd moet de aankoop van lichtere voertuigen worden

³⁴ Er bestaan verschillende studies met tegenstrijdige conclusies over dit onderwerp. De gevaarlijkheid werd als argument tegen SUV's behouden omdat (i) massa en snelheid rechtstreeks verband houden met de kinetische energie van een voertuig en (ii) het vierkante profiel van sommige van deze voertuigen bij een botsing ernstigere gevolgen heeft voor zwakke weggebruikers dan een klassiek profiel.

³⁵ Zie alle suggesties op: <https://www.lisacar.eu/>.

bevorderd, de aankoop van zware voertuigen (SUV's) worden ontmoedigd en moet de bevolking worden bewustgemaakt van dit thema. In België moeten, bij gebrek aan een ruimere regelgeving, bepalingen in die zin worden toegevoegd aan de onlangs uitgevaardigde hervorming van de bedrijfswagens.

6.4.3 Oprichting van een internationaal agentschap voor samenwerking inzake de extractie van kritieke materialen

Dit voorstel sluit aan bij het opiniestuk van Marc-Antoine Eyl-Mazzega in Le Monde [75]. Het zou zowel de uitwisseling van bepaalde praktijken als de coördinatie van audits van de bevoorradingsketen vergemakkelijken.



Aanbeveling 12: Richt een internationaal samenwerkingsagentschap op met een mandaat om toe te zien op de criteria inzake de zorgvuldigheidsplicht op het gebied van mensenrechten en milieu en er de uitwisseling en verbetering van te bevorderen.

6.4.4 Vermindering van het gebruik van de auto

Het is van essentieel belang dat op Europees niveau sterke investeringsprogramma's worden gehandhaafd om de initiële vraag te verminderen en een modal shift aan te moedigen. Zonder in detail te treden, geven de in [85] ontwikkelde aanbevelingen een samenvatting van de elementen die op Europees of nationaal niveau moeten worden ingevoerd.



Aanbeveling 13: Investeer in actieve en gedeelde mobiliteit – versnel de investeringen in infrastructuur voor wandelen, fietsen en openbaar vervoer en in het bijbehorende rollend materieel. Betrek de organisaties die personen met beperkte mobiliteit ondersteunen bij deze omschakelingen om deze nieuwe praktijken voor iedereen toegankelijk te maken. Investeer in technologieën voor gedragsverandering, zoals 'Mobility as a Service'.

Aanbeveling 14: Hervorm het belastingstelsel om de modal shift te versnellen.

6.4.5 Banen, innovatie en overgangsindustrieën

Er is duidelijk behoefte aan een Europese economische en industriële strategie – die meer omvat dan de volgende paar aanbevelingen – om de energietransitie snel en soepel te laten verlopen. In dit onderdeel worden enkele elementen aangereikt die in het licht van de bovenstaande conclusies van belang lijken.

In onderdeel 5.4 is gewezen op de risico's voor de banen die rechtstreeks of onrechtstreeks verband houden met de traditionele Europese automobiellindustrie; de betrokken werknemers moeten worden begeleid, omscholing moet worden bevorderd en de ontwikkeling van de sectoren van de toekomst moet worden bespoedigd.



Aanbeveling 15: Zorg voor een kader en steun voor bijstands- en heroriëntatieprogramma's voor werknemers die de gevolgen van de transitie ondervinden.

Aanbeveling 16: Steun de investeringen in de industrieën van de waardeketen van batterijen om de werkgelegenheidsgraad op lange termijn te bewaken (zie recycling en nieuwe technologieën hieronder, en mik ook op de oplaadinfrastructuur) en om afhankelijkheid van buitenlandse industrieën met lagere sociale en milieunormen te vermijden.

Hoofdstuk 4 liet zien hoe de beginselen van de circulaire economie zinvol zijn gezien de wanverhouding tussen de geraamde hulpbronnen en de groei van de toekomstige behoeften. Het is absoluut noodzakelijk de ontwikkeling van de recyclingindustrieën voor batterijcomponenten te versnellen – zowel wat innovatie als wat industriële ontwikkeling betreft. In dit hoofdstuk is aangetoond hoe belangrijk het is de ontwikkeling van batterijtechnologieën die minder hulpbronnen vergen, te versnellen.



Aanbeveling 17: Steun innovaties van de recyclingtechnieken en de nieuwe batterijtechnologieën, alsook de industriële ontwikkeling ervan. Bevorder ook het delen van kennis over de modernste technieken om ervoor te zorgen dat de recyclingcapaciteit en de toekomstige jaarlijkse volumes op elkaar zijn afgestemd.

7 Bijlage 1: Samenvatting van de ecologische, sociale en economische uitdagingen

7.1 De belangrijkste ecologische uitdagingen

Activiteiten van de waardeketen	Risico's	Opportunities
Extractie van materialen	• De groei van de vraag naar EV's kan op korte termijn leiden tot grondstoffenschaarste. Het gaat dan vooral om kobalt, nikkel en lithium. [10, 13] • De winning van grondstoffen heeft gevolgen voor het milieu, zoals toxiciteit, ecotoxiciteit, vernietiging van biotopen en eutrofiëring van zoet water. Wat landgebruik en waterverbruik betreft, presteren BEV's minder goed dan ICEV's. [1, 26]	• De ontwikkeling van de elektromobiliteit vertraagt de uitputting van fossiele brandstoffen. De elektrificatie van het vervoer leidt tot een vermindering van de uitputting van fossiele brandstoffen en van de milieurisico's die aan de winning ervan verbonden zijn.
Productie van voertuigen en batterijen	• De batterijproductie heeft een aanzienlijke koolstofvoetafdruk. De koolstofvoetafdruk van de batterijproductie bedraagt ongeveer de helft van de totale voetafdruk van de productie van een EV [3, 19]. De productie van een EV is koolstofintensiever dan de productie van een ICEV – hoewel een volledige LCA nodig is om de voetafdruk van de technologieën correct te kunnen vergelijken. • De locatie van de industrie speelt een rol bij de impact. De huidige batterij-industrie is hoofdzakelijk gevestigd in China, waar de elektriciteitssector zeer koolstofintensief is. [25]	• De batterijtechnologie is nieuw en technologische vooruitgang zou de milieuvoetafdruk ervan kunnen verkleinen. Het gaat dan onder meer om vastestofbatterijen (in het Engels 'solid state battery'), die na 2030 worden verwacht, om een verbetering van de elektronische interface en om het gebruik van AI. [3, 18, 19]

Gebruik en indirecte emissies	• De opwekking van elektriciteit kan veel koolstof en luchtverontreinigende stoffen veroorzaken. De emissies die gepaard gaan met het rijden met een BEV hangen voornamelijk samen met de opwekking van elektriciteit, die afhangt van de regionale mix. Wat ook die mix is, zelfs in het geval van een geleidelijke stopzetting van kernenergie in België of een intensieve elektriciteitsproductie op basis van kolen in Polen, de bijbehorende BKG-emissies zijn lager dan die van een voertuig met verbrandingsmotor [19]. • Het effect op de luchtkwaliteit is nog steeds (potentieel) aanzienlijk. Rijden op de weg stoot plaatselijke verontreinigende stoffen (atmosferische deeltjes) uit. Die stoffen zijn afkomstig uit de weg, de remmen en de banden. Dit is een nieuw onderzochte overweging die elk type voertuig betreft en gepaard gaat met onzekerheden. [1, 2, 26]	• De WTW-emissies worden verminderd door meer hernieuwbare energie in de Europese energiemix op te nemen. • Een BEV ○ is doeltreffender: de energierendementen (kWh/km) liggen bij BEV's twee tot vier keer hoger dan bij ICEV's, wat resulteert in een lagere WTW, zelfs met grijze elektriciteit [17]; ○ maakt een hogere kilometrage mogelijk, wat een kans biedt voor MaaS [19]; ○ verbetert de luchtkwaliteit, dankzij de afwezigheid van uitlaatemissies (SOx, NOx, PM). • Het gebruik van fossiele brandstoffen neemt af. Met de elektrische voertuigen en de toename van hernieuwbare energievormen is er een vermindering van de milieu- en gezondheidsrisico's die gepaard gaan met de extractie en verbranding van fossiele brandstoffen. [36]
Beheer van het einde van de levenscyclus	• De recyclingcapaciteit staat niet vast: dit is een onzekere factor. Aangezien batterijen een technologie in ontwikkeling vormen, is het niet zeker dat wij over de technologie en de industriële capaciteit zullen beschikken die nodig zijn voor een doeltreffende recycling. • Gevaarlijk batterijafval zal zich ophopen tot een aanzienlijk volume. Rond 2030 kan een enorme hoeveelheid gevaarlijk afval worden verwacht als de recyclingsector zich niet snel genoeg ontwikkelt.	• Doeltreffende recycling maakt het mogelijk om minder grondstoffen te winnen. Een beter en grootschaliger beheer van de verwerking van afgedankte batterijen zal leiden tot een vermindering van de grondstofwinning en de daarmee samenhangende milieurisico's. • De elektromobiliteit kan de overgang naar een 'functionele' mobiliteit vergemakkelijken. Dit omvat een verminderde vraag naar het gebruik van voertuigen en wagenparken (MaaS), en een verminderde hoeveelheid grondstoffen per auto^{ab} [14, 22, 27, 28].
Koolstofvoetafdruk in de levenscyclusanalyse	• Er zijn nog steeds tegenstrijdige verklaringen, gezien de recente ontwikkeling van elektromobiliteit. Aangezien elektrische voertuigen een opkomende technologie zijn, horen we nog steeds tegenstrijdige verklaringen, hoewel steeds meer studies lijken te bevestigen dat elektrische voertuigen een aanzienlijk kleinere koolstofvoetafdruk hebben dan voertuigen met verbrandingsmotor. [3, 19]	• De volledige koolstofvoetafdruk (LCA) van een BEV is drie keer lager dan die van een ICEV. [3, 19, 45]^c • De koolstofvoetafdruk van de toekomstige BEV's zal vier keer kleiner zijn dan die van de ICEV's, vooral dankzij de decarbonisatie van de elektriciteit in de EU.^d [19]

Activiteiten van de waardeketen	Risico's	Opportunities
Extractie van materialen	• Europa is voor de bevoorrading van materialen afhankelijk van andere landen. De materialen worden hoofdzakelijk buiten Europa geproduceerd. Een groeiende vraag naar batterijen kan de Europese economie verzwakken als de EU afhankelijk blijft van de bevoorrading met grondstoffen.	• Recycling beperkt de afhankelijkheid van de EU van buitenlandse bevoorrading. Dit zou de economische onafhankelijkheid en de bevoorradingszekerheid waarborgen. Recycling heeft het potentieel om een Europese markt voor de terugwinning van grondstoffen te ontwikkelen. [18, 21] • Elektromobiliteit is een opkomende markt en biedt kansen voor de verplaatsing van de grondstoffenindustrie. Aangezien het om een opkomende markt gaat, kan Europa deze productie op zijn grondgebied verplaatsen en met name de binnenlandse metallurgische industrie ontwikkelen. • PLV's zijn een kans om de vraag naar grondstoffen te verminderen. PLV's zijn lichte voertuigen (van minder dan 400 kg) en kunnen de behoefte aan grondstoffen en de afhankelijkheid van andere landen verminderen. Dit is een kans om een nieuwe markt in de Europese automobielsector te ontwikkelen. [13, 27] • De ontwikkeling van de elektromobiliteit vermindert Europa's afhankelijkheid van ingevoerde brandstoffen.
Productie van voertuigen en batterijen	• BEV's maken gebruik van vereenvoudigde productieprocessen. Op lange termijn zal de verwerkende industrie waarschijnlijk achteruitgaan (zie de gevolgen voor de werkgelegenheid in het deel "Sociaal"). [12] • Europa is momenteel sterk afhankelijk van de buitenlandse productie, vooral dan uit Azië. [35]	• Recycling maakt het mogelijk de binnenlandse batterijproductie te verhogen. Verplaatsing van de batterijproductie naar Europa is een kans voor meer onafhankelijkheid (vooral op lange termijn, wanneer die productie gepaard gaat met recycling van de grondstoffen), meer toegevoegde waarde en meer banen (zie volgend onderdeel). [35]
Gebruik: aanvaarding door de consument	• De actieradius, de oplaadinfrastructuur en de prijs van het voertuig voldoen wellicht niet aan de verwachtingen van de consument. De consumenten verwachten een betere actieradius van BEV's (momenteel ongeveer 350 km), wat een reden is om hen ervan te weerhouden een BEV te kopen [16, 17, 26].	• BEV's zullen hun gebruikers binnenkort veel gemak bieden. Naarmate de technologie evolueert, zou de autonomie moeten toenemen. Dit comfort kan nog worden verhoogd met de opkomst van snelladen en de groeiende infrastructuur van oplaadmodules. [3, 26] • De totale eigendomskosten zijn vergelijkbaar voor BEV's en ICEV's. Naarmate de technologie een hogere graad van maturiteit bereikt, zal de balans doorslaan in het voordeel van BEV's. [5, 18, 20]

Gebruik: mobiliteit als een dienst (MaaS)	• Het aantal auto's en het aantal daarmee gepaard gaande banen zouden lager liggen. De MaaS-technologieën vormen een industrieel risico omdat zij het volume van nieuwe auto's die moeten worden geproduceerd, verkocht en onderhouden, verminderen.	• MaaS kan nieuwe banen opleveren. MaaS omvat een brede waaier van technologieën die kunnen leiden tot nieuwe zakelijke en werkgelegenheidskansen (bv. in onderhoud). • MaaS helpt de congestie in de stad te verminderen. MaaS moet worden gezien in de context van multimodale verplaatsingen, met een toenemend aandeel van actieve vervoerswijzen en openbaar vervoer en de mogelijkheid om de stedelijke mobiliteit opnieuw te bekijken. Dit zou de congestie en de parkeervraag verminderen [7, 26]. • MaaS houdt verband met een daling van de productievraag en een toename van het gebruik van voertuigen (deelauto's). Dit vermindert de directe en indirecte uitstoot van BKG's en andere luchtverontreinigende stoffen (SOx, NOx, enz.). • MaaS is essentieel. De volledige bestaande vraag naar vervoer omzetten in elektrische technologieën is niet duurzaam. Beleidsmaatregelen om het bezit en het gebruik van voertuigen terug te dringen, zijn essentieel om de emissies en de congestie te beperken. [34]
Gebruik: infrastructuur	• De aanvaarding van EV's kan leiden tot een overbelasting van het net. De geplande aanvaarding van EV's in België zou kunnen leiden tot overbelasting van de elektriciteitsnetten, vooral tijdens de piekuren 's avonds of op feestdagen. [11]	• Slim opladen, nog meer met gedeelde autonome EV's, kan de energievraag optimaliseren en helpen het net te beheren. [3] • V2G (Vehicle-to-Grid) zal ongetwijfeld bijdragen tot het netbeheer, maar de technologie zal naar verwachting niet op korte termijn commercieel beschikbaar zijn^e. [16]

7.3 De belangrijkste sociale uitdagingen

Activiteiten van de waardeketen	Risico's	Opportunities
Extractie van materialen	• De werkomstandigheden in de mijnen zijn slecht. De winning van mineralen die nodig zijn voor de productie van batterijen gaat gepaard met rampzalige gevolgen voor de mens^f, zo wordt de winning van kobalt in de Democratische Republiek Congo (DRC) in verband gebracht met schendingen van de mensenrechten, kinderarbeid of gevaarlijke arbeidsomstandigheden^g. De ongelijkheid in het Zuiden zou kunnen toenemen, wat in strijd is met het idee van klimaatrechtvaardigheid. [31]	• Regelgeving en beleidsmaatregelen zullen van essentieel belang zijn om de mensenrechten te versterken. Zij kunnen tal van vormen aannemen, bijvoorbeeld een Europese transparantieplichting inzake mijnbouw of een verplichte norm zoals ISO45001 inzake gezondheid en veiligheid op het werk, om ervoor te zorgen dat alle grondstoffen of producten op de Europese markten de mensenrechten eerbiedigen op de plekken waar deze materialen worden geproduceerd. [31]
Productie van voertuigen en batterijen	• Verwacht wordt dat de werkgelegenheid in de productiesector op lange termijn zal afnemen. De automobielenindustrie zal waarschijnlijk krimpen als gevolg van de verminderde Europese vraag door MaaS en de vereenvoudiging van de productieprocessen. Op korte termijn zal de nettobalans naar verwachting neutraal zijn, rekening houdend met de investeringen. [12] • Er is een werkgelegenheidsstrategie nodig. De EU heeft behoefte aan een werkgelegenheidsstrategie die het bedrijfsleven stuurt en zorgt voor sociale dialoog en inspraak van werknemers bij de transitie. [25]	• De sectoren recycling en hernieuwbare energie zullen groeien. Er zullen meer werknemers nodig zijn in de recycling- en energiesector, wat de daling van het aantal banen in de productiesector kan verzachten. Een sterke werkgelegenheidsstrategie om werknemers te helpen bij de transitie van de ene sector naar de andere is echter van essentieel belang.
Consument	• Er zullen culturele veranderingen van de kant van de consumenten nodig zijn. MaaS vraagt om een verandering in het standpunt van de consument: mobiliteit wordt een dienst in plaats van een goed. Het zou kunnen dat consumenten niet willen aansluiten bij deze evolutie. • Er kunnen bepaalde ongelijkheden en vooroordelen optreden. De aanvaarding van de elektromobiliteit kan de aspecten van verdelende rechtvaardigheid uithollen: alleen de rijken kunnen zich elektrische voertuigen veroorloven. [4]	• MaaS levert banen op. Deelvoertuigen (MaaS) zijn een dienst en vergen meer onderhoudsbeheer dan voertuigen in eigen bezit, wat gekwalificeerde banen op dit gebied kan opleveren. MaaS moet evolueren naast het openbaar vervoer en actieve verplaatsingen; waardoor de logistieke sector en de bijbehorende werkgelegenheid zich zullen ontwikkelen. [26] • Huishoudens met een laag inkomen kunnen baat hebben bij MaaS. In het algemeen wordt gedeelde mobiliteit meer gezien als een voorrecht voor de rijken en hoogopgeleiden, maar ze biedt ook een kans om de meest bescheiden huishoudens toegang tot mobiliteit te bieden [7]. • Vermindering van geluidshinder.

- **De verandering leidt niet systematisch tot geschoolde arbeidskrachten.**
Dit kan leiden tot een behoefte aan opleiding en begeleiding bij banenverlies.

- **De opkomende hergebruik- en recyclingsector** zal nieuwe geschoolde banen opleveren.

^a PLV's zorgen voor een aanzienlijke vermindering van het energieverbruik tijdens de fabricage en het gebruik, wat resulteert in een 50% kleinere koolstofvoetafdruk (LCA) [14, 27].

Deze lichte voertuigen bestaan reeds in sommige merken, zoals de Renault Twizy [37].

^b Deze strategie heeft een groot potentieel om emissies en grondstoffen te verminderen, tot 50-90% bij ambitieuze scenario's [14, 22, 27, 28].

^c Deze LCA's omvatten niet de uitstoot van fijne deeltjes en plaatselijke verontreinigende stoffen die van invloed zijn op de luchtkwaliteit (in verband met wrijvingen van de weg, de remmen en de banden), het gaat enkel om CO₂.

^d Met een ambitieus scenario voor hernieuwbare energie wordt de LCA van een BEV met 50% verlaagd, alleen al door deze hefboom. [3]

^e Het IEA verwacht dat V2G pas veel later zal worden ingevoerd. Het agentschap gaat er immers van uit dat in 2030 slechts 5% van de voertuigen met V2G-technologie zal zijn uitgerust [16]. De technologie is klaar, maar er is een beleidsimpuls nodig opdat ze zou worden aanvaard en toegepast [39].

^f Verantwoorde bevoorrading wordt door TDI Sustainability beoordeeld op basis van de volgende criteria: afwezigheid van conflict; wetgeving en strijd tegen corruptie; respect voor de mensenrechten en de arbeidsrechten; milieuprestaties [41]. De DRC, Gabon, Guinee, Mozambique en Turkije behoren tot de landen met het grootste risico op duurzaamheidsproblemen in de bevoorradingsketen, met name door bestuursaspecten.

^g Tesla en Apple behoren tot de bedrijven die ervan beschuldigd worden profijt te halen uit kinderarbeid in Congo [42]

8 Bijlage 2: Methodologische details van de opgestelde scenario's

8.1 Kwalitatieve beschrijving van de bestudeerde vervoersscenario's

REF	CORE95	TECH
Continuation of current social and technical trends	Balanced decarbonization pathway	Technology-oriented decarbonization pathway
Implementation of existing and planned policies, not more	Deep technical (efficiency, fuel switch,...) and behavioral (housing surface, diet, transport demand) changes	Mostly technical changes – less emphasis on behavioral changes
Continuing growth of passenger and freight transport	Curbed demand for passenger and freight transport	Increasing demand
Moderate shift from road transport	Significant modal shift from road transport	Relative modal shift but absolute stagnation for passenger cars
Increasing car and truck fleet, moderate electrification	Drastic decreasing car and truck fleet, significant electrification	Decreasing car fleet, significant electrification

8.2 Kernindicatoren van de bestudeerde vervoersscenario's

Parameters	2015		2050		
Scenario		REF	CORE 95	TECH	BEH
Personenvervoer per auto (Miljard pkm)	109	141	85	110	53
Modaal aandeel van de auto in het personenvervoer (%)	62%	62%	45%	51%	33%
Totaal wagenpark (aantal voertuigen in miljoenen)	5.7	7.8	1.6	2.5	0.5
Technologisch aandeel van elektrische auto's (%BEV + %PHEV)	0,4%	6,6%	88%	89,7%	91,8%
Goederenvervoer over de weg (miljard tkm)	48	71	39	49	34

Modaal aandeel van het vrachtvervoer over de weg in de totale vraag naar vrachtvervoer (%)	2,4%	2,7%	2%	2,4%	1,8%
Totaal vrachtwagenpark (aantal voertuigen in miljoenen)	184	274	77	81	79
Technologisch aandeel van elektrische vrachtwagens (%BEV + %PHEV)	0%	28,6%	43,9%	43,4%	44,2%
Technologieaandeel van vrachtwagens met verbrandingsmotor (%ICE)	100%	71,4%	4,6%	4,7%	4,6%

Het resterende % van de technologische aandelen gaat naar voertuigen op waterstof.

8.3 Hypothesen inzake circulariteit en materiële efficiëntie in de LIN- en CIRC-scenario's

Circulariteit				
Jaar		2015	2050	
Scenario			LIN	CIRC
Recyclingrendement (%)	Aluminium	100%	100%	100%
	Kobalt	100%	100%	100%
	Grafiet	10%	10%	20%
	Lithium	10%	10%	20%
	Mangaan	100%	100%	100%
	Nikkel	100%	100%	100%
Recyclingpercentage (%)	Batterijen	5%	10%	100%

Materiële efficiëntie				
Jaar		2015	2050	
Scenario			NON-EFF	EFF
Daling van de materiële intensiteit per materiaal (% vermindering t.o.v. 2015)	Aluminium	100%	10%	10%
	Kobalt	100%	60%	100%
	Grafiet	10%	10%	30%
	Lithium	10%	10%	60%
	Mangaan	100%	10%	10%
	Nikkel	100%	20%	100%

8.4 Methodologische nota over de raming van reserves en hulpbronnen

Het is belangrijk erop te wijzen dat ramingen van reserves en hulpbronnen met de nodige voorzichtigheid moeten worden gehanteerd. Zoals het instituut TDI het formuleert: "[...] het is mogelijk dat veel van de ertslagen die in 2050 wereldwijd zullen worden geëxploiteerd, nog niet ontdekt zijn. Hieruit blijkt dat, hoewel de gegevens over de reserves een goede indicatie kunnen geven van de productiecijfers in de nabije toekomst, zij wellicht niet sterk gecorreleerd zijn met de productiecijfers binnen 20 of 30 jaar [...] Een waarschijnlijke trend is dat de mijnbouw in de komende decennia zal toenemen in gebieden waar momenteel weinig geologische gegevens beschikbaar zijn, naarmate nieuwe ertslagen worden ontdekt en geëxploiteerd." [bron: te verschijnen studie voor de FOD Gezondheid].

8.5 Vergelijking van de wereldwijde hulpbronnen en de Belgische behoeften

Vergelijking 1: De toewijzing van hulpbronnen aan België wordt vergeleken op basis van de verdeling van de nieuwe auto's: om de haalbaarheid op korte termijn van de Belgische behoeften in verhouding tot de beschikbare hulpbronnen en reserves te beoordelen, werd het Belgische aandeel berekend op basis van het % nieuwe auto's dat in België wordt verkocht in vergelijking met het aantal nieuwe auto's dat wereldwijd wordt verkocht. Deze aanpak is bevredigend voor het bestuderen van de haalbaarheid op korte termijn.

Vergelijking 2: De toewijzing van hulpbronnen aan België gebeurt op basis van de bevolkingscijfers. Om de Belgische behoeften te vergelijken met de beschikbare hulpbronnen en reserves, werd het 'billijke' aandeel van België berekend op basis van de relatieve omvang van de Belgische bevolking ten opzichte van de wereldbevolking. Deze benadering is geschikter voor het bestuderen van de haalbaarheid op lange termijn en is billijker.

8.6 Beschrijving van de tool Pathways Explorer

De belangrijkste kenmerken van de Pathways Explorer zijn de volgende:

- Het is een volledig model van het Belgische energiesysteem. De tool bestrijkt alle sectoren van energieverbruik en BKG-emissies, en geeft een beeld van de dynamiek van het energiesysteem;
- De tool maakt de ontwikkeling mogelijk van energietransitiescenario's op basis van realistische en transparante veronderstellingen;

- Het model is gebaseerd op meer dan 10 jaar modelontwikkeling, interactie met de belanghebbenden en raadplegingen van experts;
- Het gaat om een model dat gemakkelijk in real time toegankelijk is via een webinterface.

De Pathways Explorer bestrijkt de volgende aspecten echter niet:

- De scenario's zijn in geen geval voorspellingen, er is geen specifieke waarschijnlijkheid aan verbonden aangezien zij afhangen van maatschappelijke en politieke ambities;
- Er is geen kostenoptimalisatie opgenomen in het model. Hoewel kostenoptimalisatie in sommige gevallen nuttig kan zijn, heeft het vermijden ervan het voordeel dat alle opties kunnen worden onderzocht, zowel opties die rendabel zijn, als opties die nog niet rendabel zijn maar wel klaar zijn om op de markt te worden geïmplementeerd, en die door kostenoptimalisatiemodellen niet zouden worden bestreken;
- De macro-economische analyse en de nevenvoordelen zijn niet in dit model opgenomen, maar de resultaten van de scenario's kunnen worden benut door andere modellen die voor dit soort aanvullende analyse zijn ontwikkeld.

Het meest opvallende kenmerk van deze groep van modellen is wat we de decarbonisatiehefbomen noemen. Deze hefbomen bepalen de trajecten 2020-2050 op nationaal niveau voor de technologieën, de levensstijlen en de specifieke sectorale praktijken (bv. landbouwpraktijken). De term 'ambitie' verwijst naar de vraag of een traject een voortzetting van de huidige trends (niveau 1) inhoudt, een middelhoge tot hoge ambitie (niveaus 2 en 3) weerspiegelt, dan wel een ingrijpende transformatie (niveau 4) impliceert, zowel wat betreft de maatschappelijke veranderingen als de technologische ontplooiing. In alle sectoren worden een groot aantal hefbomen en trajecten gemodelleerd (meer dan 100, bv. de vraag naar vervoer per hoofd van de bevolking, het isolatieniveau in gerenoveerde huizen, de levensduur van bepaalde producten zoals auto's, de doeltreffendheid en de technologie van staal, de installatie van capaciteit voor de opwekking van hernieuwbare elektriciteit. Die zijn bepalend voor de ontwikkeling van vraag en aanbod op energiegebied. Deze niveaus zijn in de loop van talrijke projecten vastgesteld op basis van een uitgebreid literatuuronderzoek en een reeks workshops met experts uit de sector.

In de tool wordt een scenario gecreëerd door een combinatie van ambitieniveaus te kiezen voor alle hefbomen die beschikbaar zijn voor de gebruiker. Die hefbomen zijn gegroepeerd per categorie (bv. levensstijl en technologie) en sector (bv. gebouwen en vervoer). Deze hefbomen kunnen worden omschreven als 'trajecten' waarop de regeringen weinig of geen invloed hebben (bv. demografische tendensen, ontwikkeling van de energieprijzen), of als 'hefbomen' waarop rechtstreeks kan worden ingewerkt. Beide soorten hefbomen kunnen door de gebruiker worden gedefinieerd om de evolutie van alle modeloutputs te projecteren, met inbegrip van het energieverbruik, de productie en de implicaties op het vlak van de kosten. Een hogere ambitie wordt altijd gedefinieerd als een ambitie met een grotere impact op het vlak van de reductie van BKG-emissies.

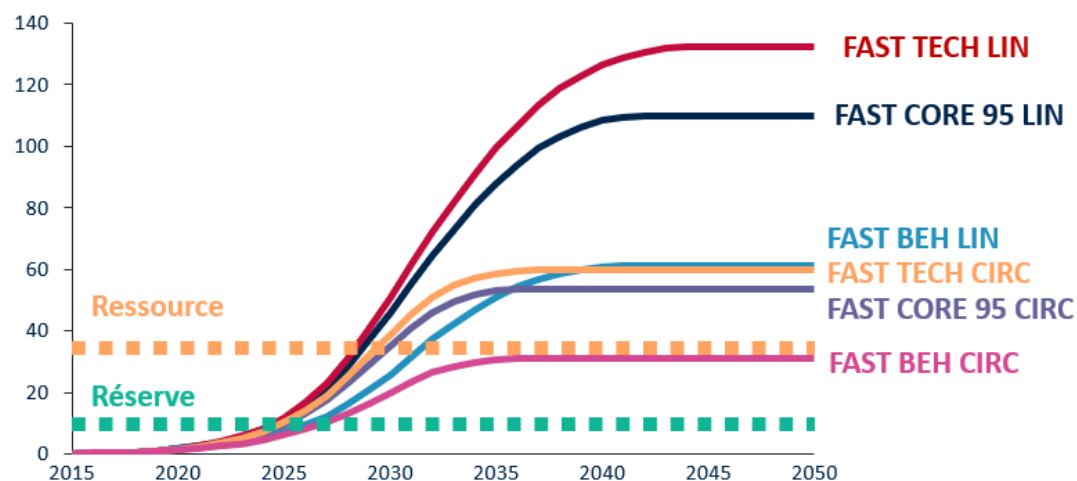
9 Bijlage 3: Bijzonderheden over de belangrijkste resultaten

9.1 Druk op kobalt

De onderstaande Figuur 21 en Figuur 22 vormen een aanvulling op de figuren die in onderdeel 4.3.4 bij de analyse van de druk op de hulpbronnen zijn gepresenteerd. De opmerkingen in datzelfde onderdeel kunnen ook nuttig zijn om deze grafieken beter te begrijpen. De methodologische uitleg van de verschillende indicatoren is te vinden in onderdeel 4.2 en in bijlage 2.

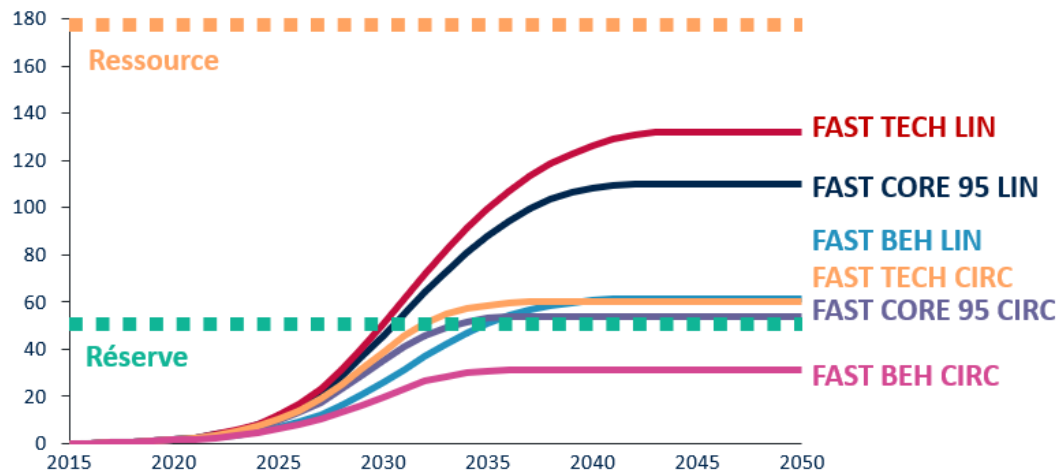
Figuur 21: Primaire behoeften aan kobalt versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Cobalt: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par taille de **population**)
(en milliers de tonnes)



Figuur 22: Primaire behoeften aan kobalt versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

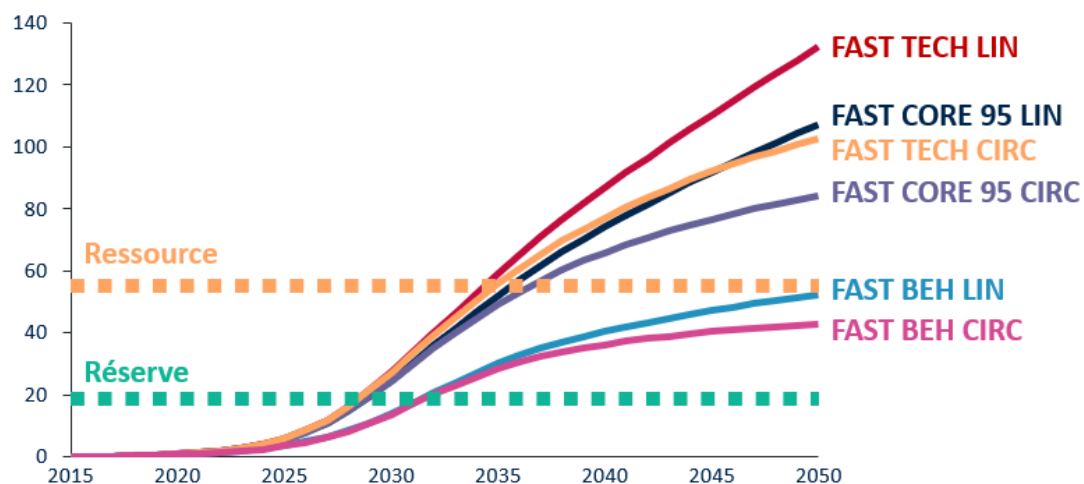
Cobalt: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par quantité de nouvelles voitures)
(en milliers de tonnes)



9.2 Druk op lithium

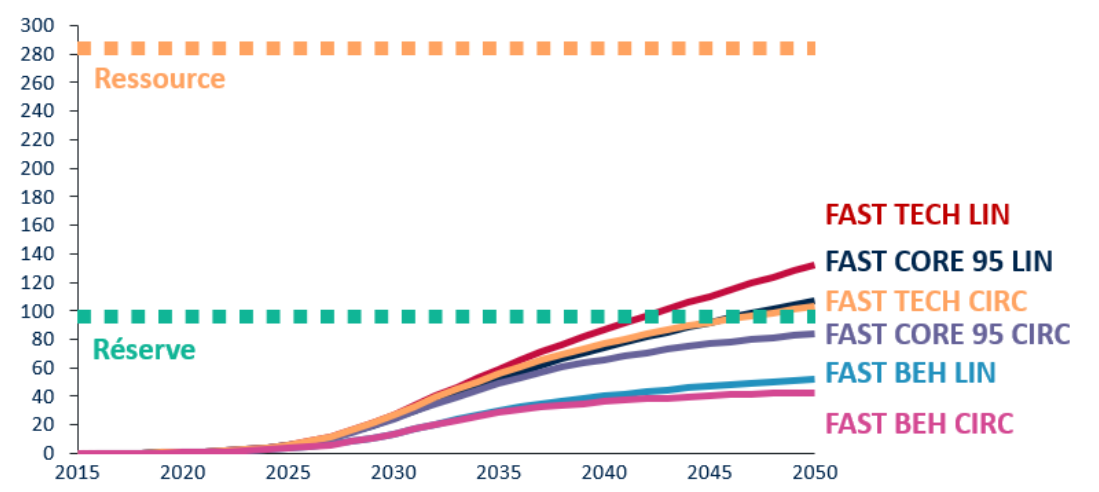
Figuur 23: Primaire behoeften aan lithium versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Lithium: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par taille de population)
(en milliers de tonnes)



Figuur 24: Primaire behoeften aan lithium versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Lithium: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par quantité de **nouvelles voitures**)
(en milliers de tonnes)

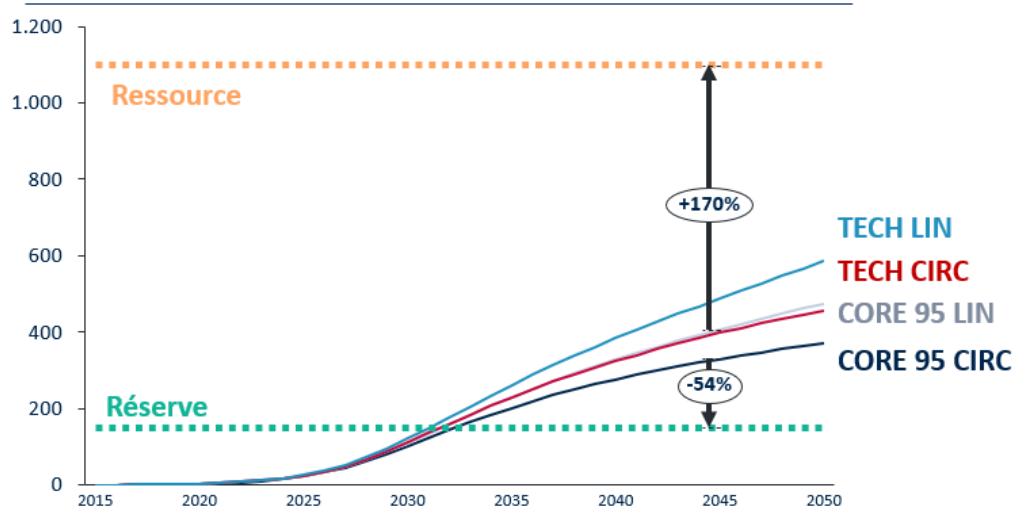


9.3 Druk op de andere hulpbronnen

9.3.1 Grafiet

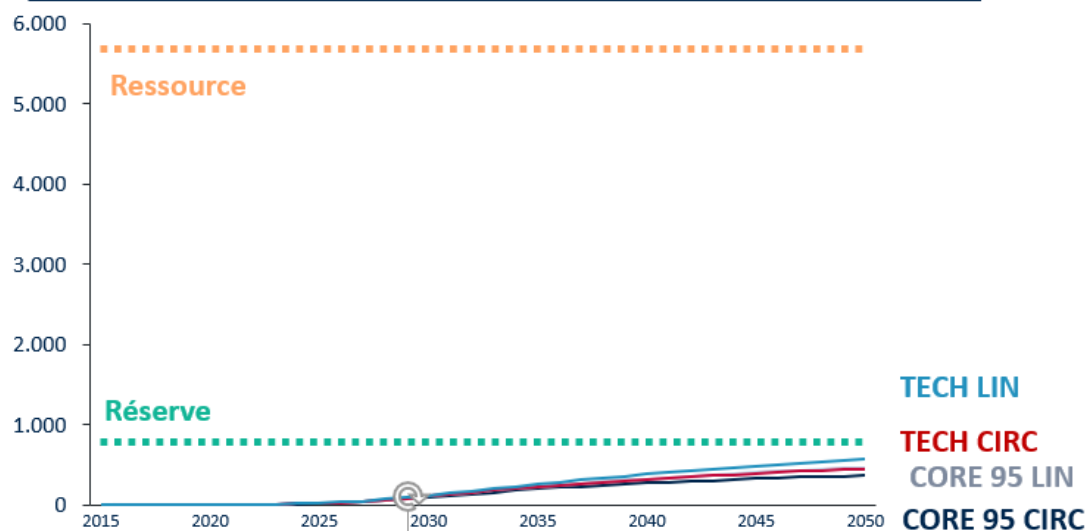
Figuur 25: Primaire behoeften aan grafiet versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Graphite: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par taille de **population**) (en milliers de tonnes)



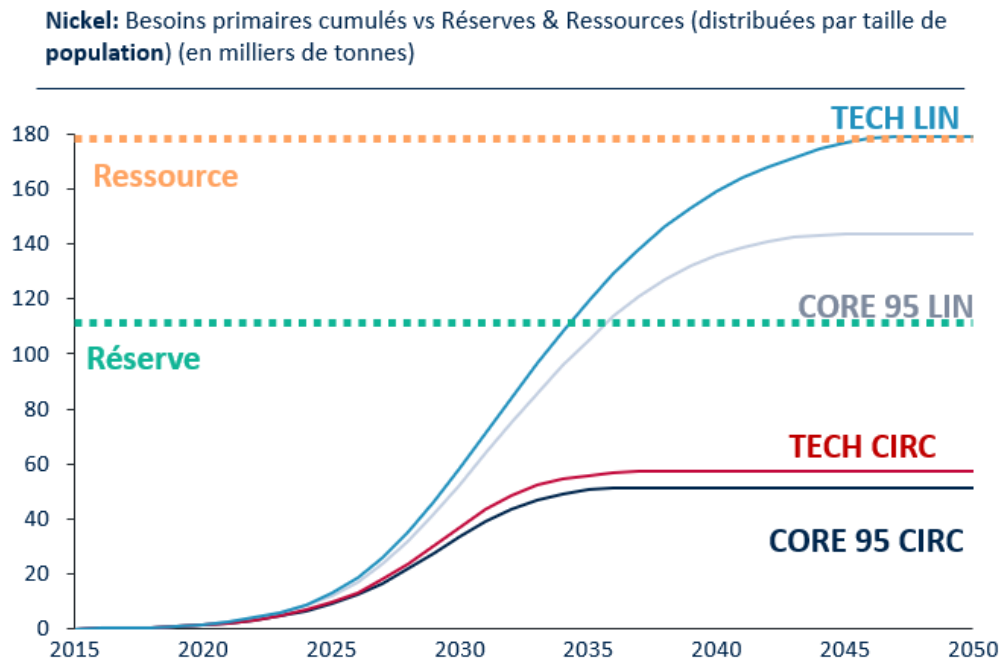
Figuur 26: Primaire behoeften aan grafiet versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Graphite: Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par quantité de **nouvelles voitures**) (en milliers de tonnes)

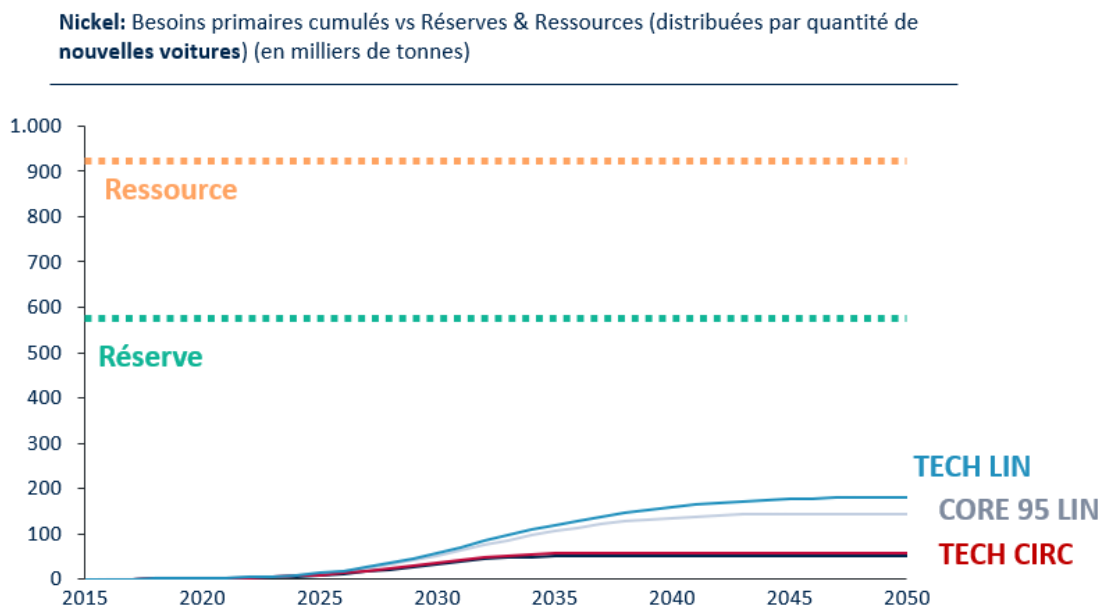


9.3.2 Nikkel

Figuur 27: Primaire behoeften aan nikkel versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))



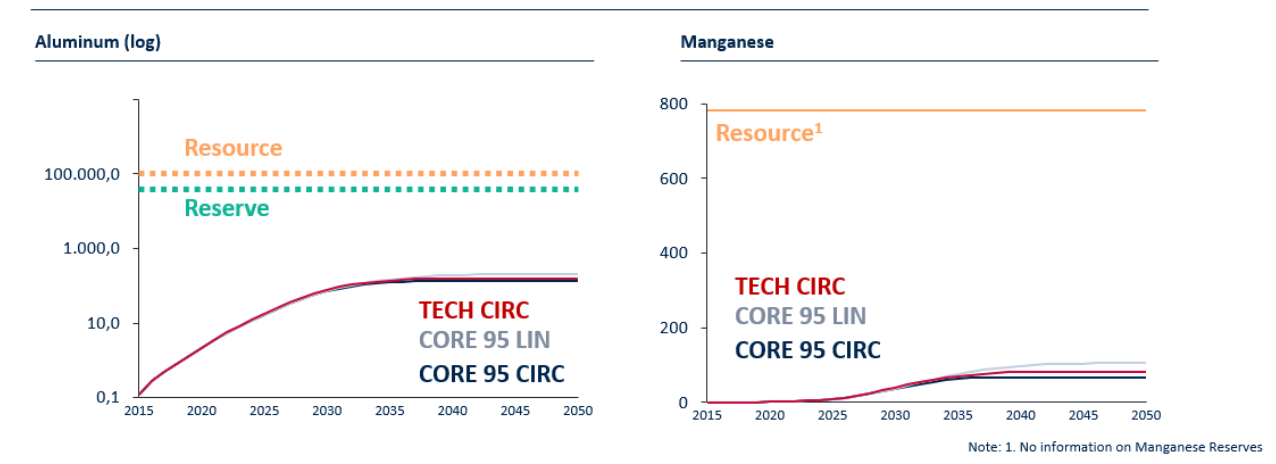
Figuur 28: Primaire behoeften aan nikkel versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de verdeling van nieuwe auto's in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))



9.3.3 Aluminium en mangaan

Figuur 29: Primaire behoeften aan aluminium en mangaan versus ramingen van reserves en hulpbronnen (beschikbaarheid in verhouding tot de bevolking in België en wereldwijd (toelichting in het onderdeel methodologie))

Besoins primaires cumulés vs Réserves & Ressources (distribuées par taille de population)
(en milliers de tonnes)



10 Bibliografie

- [1] M. S. Koroma, M. Messagie, G. Cardellini, N. Brown, november 2020: Prospective Environmental Impacts of Passenger Cars under Different Energy and Steel Production Scenarios. *Energies*, 13(23), 6236. DOI: 10.3390/en13236236
- [2] N. Hooftman, M. Messagie, J. Van Mierlo, T. Coosemans, 2020: The Paris Agreement and Zero-Emission Vehicles in Europe: Scenarios for the Road Towards a Decarbonised Passenger Car Fleet. In: B. Müller, G. Meyer (eds.) *Towards User-Centric Transport in Europe 2. Lecture Notes in Mobility*. Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-38028-1_11
- [3] J. Van Mierlo, M. Bercebar, M. El Baghdadi, C. De Cauwer, M. Messagie, T. Coosemans, V.A. Jacobs, O. Hegazy, 2021: Beyond the State of the Art of Electric Vehicles: A Fact-Based Paper of the Current and Prospective Electric Vehicle Technologies. *World Electr. Veh. J.*, 12(1), 20. DOI: 10.3390/wevj12010020
- [4] B. K. Sovacool, J. Kester, L. Noel, G.Z. de Rubens, 2019: Energy Injustice and Nordic Electric Mobility: Inequality, Elitism, and Externalities in the Electrification of Vehicle-to-Grid (V2G) Transport. *Ecological Economics*, 157, 205-217. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2018.11.013
- [5] R. Faria, P. Moura, J. Delgado, A.T. de Almeida, 2012: A sustainability assessment of electric vehicles as a personal mobility system. *Energy Conversion and Management*, 61, 19–30. DOI: 10.1016/j.enconman.2012.02.023.
- [6] L. Noel, G. Zarazua de Rubens, B.K. Sovacool, 2018: Optimizing innovation, carbon and health in transport: Assessing socially optimal electric mobility and vehicle-to-grid pathways in Denmark. *Energy*, 153, 628-637. DOI: 10.1016/j.energy.2018.04.076
- [7] T. Yoon, C.R. Cherry, M.S. Ryerson, J.E. Bell, 2019: Carsharing demand estimation and fleet simulation with EV adoption. *Journal of Cleaner Production*, 206, 1051-1058. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.124
- [8] T. Held, L. Gerrits, 2019: On the road to electrification – A qualitative comparative analysis of urban e-mobility policies in 15 European cities. *Transport Policy*, 81, 12-23. DOI: 10.1016/j.tranpol.2019.05.014
- [9] Global Battery Alliance, 2019: A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030: Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation. In Genève, Zwitserland: World Economic Forum.
- [10] N. Campagnol, J. Eddy, T. Hagenbruch, D. Klip, C. Mulligan, J. van de Staaij, 2018: Metal mining constraints on the electric mobility horizon. *McKinsey Energy Insights*, 1-12.
- [11] M. Depraetere, O. Rix, 2019: Future impact of EVs on the Belgian electricity network, Baringa Partners LLP 2019. [online]. <http://www.synerggrid.be/index.cfm?PageID=20914> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [12] M. Krzywdzinski, G. Béla, 2019: Towards a Just Transition. Coal, Cars and the World of Work. [online] <http://hdl.handle.net/11159/4871> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [13] J. Patterson, 2020: Life cycle CO2e emissions from electric vehicle production and wider sustainability impacts. Ricardo Strategic Consulting. Low Carbon Vehicle Partnership. [online] [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [14] Low Carbon Vehicle Partnership, 2019: Powered Light Vehicles: Opportunities for Low Carbon ‘L-Category’ Vehicles in the UK. [online] <https://www.zemo.org.uk/work-with-us/cars/info/powered-light-vehicles.htm> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [15] VITO, oktober 2020: Energyville Introduces Additional Energy System Scenarios for Electricity Provision in Belgium in 2030 and 2050. [online] <https://vito.be/en/news/energyville-introduces-additional-energy-system-scenarios-electricity-provision-belgium-2030> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [16] IEA, 2020: Global EV Outlook: Entering the decade of electric drive. International Energy Agency.
- [17] IEA, 2021: Global EV Outlook: Accelerating ambitions despite the pandemic. International Energy Agency.

- [18] N. Hill, D. Clarke, L. Blair, H. Menadue, 2019: Circular economy perspectives for the management of batteries used in electric vehicles. Final Project Report by Ricardo Energy & Environment for the JRC, Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- [19] P. Dornier, april 2020: How clean are electric cars? T&E's analysis of electric car lifecycle CO₂ emissions. Transport & Environment.
- [20] L. Franckx, 2019: Total cost of ownership of electric cars compared to diesel and gasoline cars in Belgium. Federal Planning Bureau.
- [21] T. Wyns, 2020: Metals in a CarbonNeutral Europe: A Blueprint for 2050. In: Les métaux et la transition. Quelles pistes pour répondre à la demande ? FRDO-seminarie van 12 oktober 2020. [online] https://www.frdo-cfdd.be/sites/default/files/content/download/files/01_tomas_wyns_metals_2050_report.pdf [geraadpleegd op 12 juli 2021]
- [22] O. Beys, 2020: Metals and transition. In: Les métaux et la transition. Quelles pistes pour répondre à la demande ? FRDO-seminarie van 12 oktober 2020. [online] https://www.frdo-cfdd.be/sites/default/files/content/download/files/05_olivier_beys.pdf [geraadpleegd op 12 juli 2021]
- [23] Belgische gewesten, 2019: Geïntegreerd Nationaal Energie- en Klimaatplan 2021-2030.
- [24] S. Wappelhorst, maart 2021: On the electrification path: Europe's progress towards clean transportation. European Alternative Fuels Observatory.
- [25] IndustriAll European Trade Union, 2020: Pour une relance de l'industrie automobile européenne et ses travailleurs. Déclaration. [online] https://news.industrial-europe.eu/content/documents/upload/2020/7/637299713627347292_Automotive%20Statement%20200710_FR.pdf [geraadpleegd op 12 juli 2021]
- [26] K. Hampshire, R. German, A. Pridmore, J. Fons, 2018: Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. Versie 2, 25. European Environment Agency.
- [27] S. Bailey, 2015: Low Energy Vehicles for Sustainable Future Transport, Loughborough University.
- [28] M. Christis, A. Vercalsteren, 2019: Impact of Circular Economy on achieving the climate targets: case mobility. CE Center publicatie nr. 6.
- [29] European Economic and Social Committee, 2021: Sustainability requirements for batteries in the EU. Policy reference: CCMI/178-EESC-2021
- [30] N. Meilhan, 2019: Comment faire enfin baisser les émissions de CO₂ des voitures. France stratégie. La Note d'analyse, 78.
- [31] Justice & Paix, 2020: Les minerais de la transition énergétique, vers une société sobre en carbone pour toutes et tous. [online] <https://www.justicepaix.be/mineraistransitionenergetique> [geraadpleegd op 12 juli 2021]
- [32] L. Canals Casals, B. Amante Garcia, L.V. Cremades, 2017: Electric vehicle battery reuse: Preparing for a second life. Journal of Industrial Engineering and Management, [S.l.], v. 10, n. 2, p. 266-285. DOI: 10.3926/jiem.2009
- [33] H.E. Melin, 2019: State-of-the-art in reuse and recycling of lithium-ion batteries – A research review. Circular Energy Storage, 1, 1-57.
- [34] A. Milovanoff, I.D. Posen, H.L. MacLean. 2020: Electrification of light-duty vehicle fleet alone will not meet mitigation targets. Nat. Clim. Chang. 10, 1102-1107. DOI: 10.1038/s41558-020-00921-7
- [35] RECHARGE The Advanced Rechargeable & lithium Batteries Association, 2019: Industrial investment for battery cell manufacturing in Europe. [online] <https://rechargebatteries.org/wp-content/uploads/2020/01/RECHARGE-Position-Paper-Industrial-Investment-December-2019.pdf> [geraadpleegd op 12 juli 2021]

- [36] J. Lelieveld, K. Klingmüller, A. Pozzer, R. T. Burnett, A. Haines, V. Ramanathan, 2019: Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. National Academy of Sciences, 116 (15), 7192-7197. DOI: 10.1073/pnas.1819989116
- [37] Groupe Renault, 28 december 2020: All There is to Know about Renault Twizy. [online] <https://easylectriclife.groupe.renault.com/en/outlook/markets/all-there-is-to-know-about-renault-twizy/> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [38] A. Krajinska, november 2020: A new Dieselgate in the making. Transport & Environment. [online] https://www.transportenvironment.org/sites/te/files/publications/2020_11_Plug-in_hybrids_report_final.pdf?fbclid=IwAR1FU5DTevwH7Rgx5CHXow8HTNALKzLWvGtyHauwRvLV_snVsxE_hzGYmA [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [39] M. Salisbury, september 2020: The future of vehicle to grid (V2G) EV charging. FleetPoint. [online] <https://www.fleetpoint.org/electric-vehicles-2/vehicle-to-grid/the-future-of-vehicle-to-grid-v2g-ev-charging/> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [40] FRDO, februari 2021: Webinaire EU Battery Regulation. [online] <https://www.frdo-cfdd.be/fr/interne/2402-webinaire-eu-battery-regulation> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [41] TDI Sustainability, 2020: TDI Sustainability's Alert Index for Responsible Sourcing. [online] https://tools.tdi-sustainability.com/airs_map [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [42] M. Lavietes, december 2019: Tesla, Apple among firms accused of aiding child labor in Congo. Reuters. [online] <https://www.reuters.com/article/us-usa-mining-children-trfn/tesla-apple-among-firms-accused-of-aiding-child-labor-in-africa-idUSKBN1YK24F> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [43] H. Ritchie, M. Roser, 2020: CO₂ and Greenhouse Gas Emissions, Emissions by sector. Our World in Data. [online] <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [44] C. Aichberger, G. Jungmeier, 2020: Environmental Life Cycle Impacts of Automotive Batteries Based on a Literature Review. Energies, 13(23), 6345. DOI: 10.3390/en13236345
- [45] N. Hill, S. Amaral, S. Morgan-Price, T. Nokes, J. Bates, H. Helms, H. Fehrenbach, K. Biemann, N. Abdalla, J. Jöhrens, E. Cotton, L. German, A. Harris, S. Ziem-Milojevic, S. Haye, C. Sim, A. Bauen, 2020: Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. Final Report for the European Commission. Ricardo Energy & Environment.
- [46] IEA, 2020: Electricity generation by source, Estonia 1990-2019. In: Electricity Information 2020. [online] <https://www.iea.org/countries/estonia> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [47] A. Mönnig, C. Schneemann, E. Weber, G. Zika, R. Helmrich, 2019: Electromobility 2035 Economic and labour market effects through the electrification of powertrains in passenger cars. [online] <http://hdl.handle.net/10419/204855> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [48] E. Bannon, december 2018: Dramatic job creation finding in e-vehicles study. Transport & Environment. [online] <https://www.transportenvironment.org/news/dramatic-job-creation-finding-e-vehicles-study> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [49] Volkswagen Group, 15 maart 2021: Power Day: Volkswagen presents technology roadmap for batteries and charging up to 2030. Press release. [online] <https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/power-day-volkswagen-presents-technology-roadmap-for-batteries-and-charging-up-to-2030-6891> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [50] Volkswagen Group, 19 maart 2021: Volkswagen threatens to leave Germany's car lobby VDA in spat over e-cars. [online] <https://www.cleanenergywire.org/news/volkswagen-threatens-leave-germanys-car-lobby-vda-spat-over-e-cars> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [51] F. Herrmann, W. Beinhauer, D. Borrmann, M. Hertwig, J. Mack, T. Potinecke, C.P. Praeg, P. Rally, november 2020: Employment 2030 Effects of Electric Mobility and Digitalisation on the Quality and Quantity of Employment at Volkswagen. Fraunhofer Institute for Industrial Engineering IAO. [online] [geraadpleegd op 22 juli 2021]

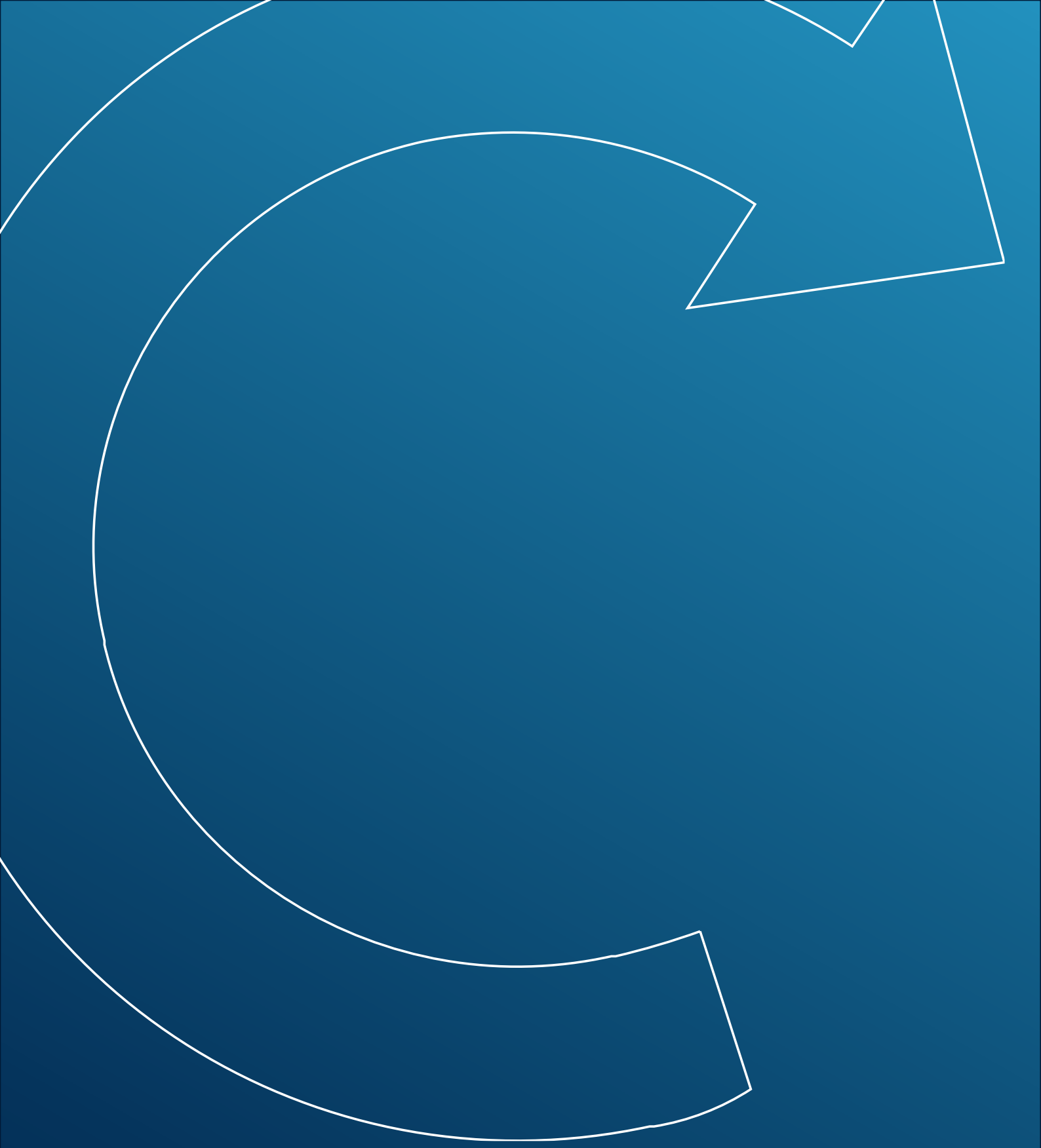
- [52] Boston Consulting Group, juli 2021: E-mobility: A green boost for European automotive jobs? Platform for electromobility. [online] https://www.platformelectromobility.eu/wp-content/uploads/2021/07/20210702-E-mobility_EU-Report_SUMMARY_vfinal.pdf [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [53] CLIMACT, 2021: 2050 Pathways Explorer - Belgium. [online] <https://becalc.netzero2050.be/> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [54] CLIMACT, 2021: EUCALC – Transition Pathways Explorer. [online] <http://tool.european-calculator.eu/intro> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [55] IIASA, 2021: The GAINS Model. International Institute for Applied Systems Analysis. [online] <https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/GAINS.html> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [56] Amnesty International, 2016: République Démocratique du Congo. « Voilà Pourquoi On Meurt » Les Atteintes aux Droits Humains en République Démocratique du Congo Alimentent le Commerce Mondial du cobalt. Indexnr.: AFR 62/3183/2016. [online] <https://www.amnesty.org/download/Documents/AFR6231832016FRENCH.pdf> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [57] J. Piguet (regisseur), 2020: À Contre sens. [online] <https://vimeo.com/ondemand/acontresensap> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [58] UNICEF, december 2014: Factsheet: kinderen in de mijnen. [online]
- [59] OESO, 2013: Guide OCDE sur le devoir de diligence pour des chaînes d’approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264111158-fr> [online] <https://www.oecd.org/fr/investissement/mne/GuideEdition2.pdf> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [60] F. Scheele, E. de Haan, V. Kiezebrink, 2016: cobalt blues Environmental pollution and human rights violations in Katanga's copper and cobalt mines. SOMO. [online] <https://goodelectronics.org/wp-content/uploads/sites/3/2016/04/cobalt-blues.pdf> [geraadpleegd op 22 juli 2021]
- [61] N. Niarchos, mei 2021: The Dark Side of Congo’s cobalt Rush. The New Yorker. [online] <https://www.newyorker.com/magazine/2021/05/31/the-dark-side-of-congos-cobalt-rush> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [62] B. Jerez, I. Garcés, R. Torres, 2021: lithium extractivism and water injustices in the Salar de Atacama, Chile: The colonial shadow of green electromobility. Political Geography, 87, 102382, ISSN 0962-6298, DOI: 10.1016/j.polgeo.2021.102382
- [63] C. Banza Lubaba Nkulu, L. Casas, V. Hauroid, T. De Putter, N.D. Saenen, et al., 2018: Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo. Nature sustainability, 1(9), 495-504. DOI: 10.1038/s41893-018-0139-4
- [64] D. Van Brusselen, T. Kayembe-Kitenge, S. Mbuyi-Musanazayi, T. Lubala Kasole, L. Kabamba Ngombe, P. Musa Obadia, et al., 2020: Metal mining and birth defects: a case-control study in Lubumbashi, Democratic Republic of the Congo. Lancet Planet Health, 4(4), e158-167. DOI: 10.1016/S2542-5196(20)30059-0
- [65] H.N. Jong, december 2019: Nickel mining resisted in Indonesia. [online] <https://chinadialogue.net/en/business/11727-nickel-mining-resisted-in-indonesia-2/> [geraadpleegd op 2 april 2021]
- [66] Wewer, A., Bilge, P., Dietrich, F. (2021). Advances of 2nd Life Applications for lithium Ion Batteries from Electric Vehicles Based on Energy Demand.
- [67] Hao, H., Qiao, Q., Liu, Z., & Zhao, F. (2017). Impact of recycling on energy consumption and greenhouse gas emissions from electric vehicle production: The China 2025 case.
- [68] Hao, H., Qiao, Q., Liu, Z., & Zhao, F. (2019). Electric vehicle recycling in China: Economic and environmental benefits. Resources, Conservation and Recycling.
- [69] Hoekstra, A. (2019). The Underestimated Potential of Battery Electric Vehicles to Reduce Emissions. Joule, Volume 3, Issue 6, p. 1412-1414. ISSN 2542-4351. DOI: 10.1016/j.joule.2019.06.002.

- [70] Martin, B. Pestiaux J., Schobbens Q., Emmrich, J., Hagemann M. (2020). A radical transformation of mobility in Europe: Exploring the decarbonisation of the transport sector by 2040 [online] <https://CLIMACT.com/en/case/decarbonisation-of-transport-by-2040/> [geraadpleegd op 11 augustus 2021]
- [71] Milovanoff, A., Posen, I.D. & MacLean, H.L. Electrification of light-duty vehicle fleet alone will not meet mitigation targets.(2020) Nat. Clim. Chang. 10, 1102-1107. <https://doi.org/10.1038/s41558-020-00921-7>
- [72] European Environment Agency (2020) Range of life-cycle CO2 emissions for different vehicle and fuel types (infographic) [online] https://www.eea.europa.eu/ds_resolveuid/545dee1b655e4033bcbf92ff4b58a9a2 [geraadpleegd op 13 augustus 2021]
- [73] Tugce Yuksel et al. (2016) Effect of regional grid mix, driving patterns and climate on the comparative carbon footprint of gasoline and plug-in electric vehicles in the United States. Environ. Res. Lett. 11 044007 [online] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/4/044007>
- [74] ECOS, European Environmental Bureau, Deutsche Umwelthilfe, Transport & Environment, (2021). Enhancing the sustainability of batteries: a joint NGOS' position paper on the EU battery regulation proposal. [online] https://mk0eeborgicuyptuf7e.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2021/03/Enhancing-the-sustainability-of-batteries_w.pdf [geraadpleegd op 13 augustus 2021]
- [75] Eyl-Mazzega, M.-A., Pour une production responsable de minerais et métaux à l'échelle internationale (2021). Le Monde [online] https://www.lemonde.fr/idees/article/2021/09/05/pour-une-production-responsable-de-minerais-et-metaux-a-l-echelle-internationale_6093493_3232.html [geraadpleegd op 6 september 2021]
- [76] Europese Commissie, Voorstel voor een VERORDENING VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG en tot wijziging van Verordening (EU) 2019/1020, (2020). [online] <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/ALL/?uri=CELEX:52020PC0798> [geraadpleegd op 3 april 2021]
- [77] Secretariaat-generaal van de Raad van de Europese Unie, Voorstel voor een VERORDENING VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD inzake batterijen en afgedankte batterijen, tot intrekking van Richtlijn 2006/66/EG en tot wijziging van Verordening (EU) 2019/102 - Voortgangsverslag - Raad Milieu, (2021). [online] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/PDF/?uri=CONSIL:ST_9052_2021_REV_1 [geraadpleegd op 1 september 2021]
- [78] Europees Parlement, Towards a mandatory EU system of due diligence for supply chains, (2020). [online] [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659299/EPRS_BRI\(2020\)659299_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2020/659299/EPRS_BRI(2020)659299_EN.pdf) [geraadpleegd op 7 september 2021]
- [79] International Labour Organization, C169 - Indigenous and Tribal Peoples Convention, 1989 (No. 169) [online] https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C169 [geraadpleegd op 7 september 2021]
- [80] Lisacar website, sectie « à propos » [online] <https://www.lisacar.eu/a-propos/> [geraadpleegd op 7 september 2021]
- [81] Eurostat (2021). Passenger cars in the EU. [online] https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Passenger_cars_in_the_EU#Overview [geraadpleegd op 8 oktober 2021]
- [82] Global witness (5 dec. 2018). The LME Responsible Sourcing position paper: A Joint NGO statement. [online] <https://www.globalwitness.org/en/press-releases/lme-responsible-sourcing-position-paper-joint-ngo-statement/> [geraadpleegd op 11 oktober 2021]
- [83] Verenigde Naties (2011). Guiding Principles on Business and Human Rights. Implementing the United Nations "Protect, Respect and Remedy" Framework. [online] https://www.ohchr.org/documents/publications/guidingprinciplesbusinessshr_en.pdf [geraadpleegd op 11 oktober 2021]
- [84] OESO (2011), OECD Guidelines for Multinational Enterprises, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264115415-en>

- [85] CLIMACT, NewClimate Institute (2020). A radical transformation of mobility in Europe: Exploring the decarbonisation of the transport sector by 2040. Explorative scenario and related policy packages. Commissioned by Greenpeace.
- [86] High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy (2020) What Role for Ocean-Based Renewable Energy and Deep-Seabed Minerals in a Sustainable Future? [online]
<https://oceanpanel.org/sites/default/files/2020-10/Ocean%20Energy%20and%20Deep-Sea%20Minerals%20Full%20Paper.pdf>
- [87] James R. Hein, Kira Mizell, Andrea Koschinsky, Tracey A. Conrad (2013), Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources, Ore Geology Reviews, Volume 51, p. 1-14, ISSN 0169-1368, [online]
<https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.12.001>
- [88] The metals company (2021) Company website [online] <https://metals.co/nodules/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [89] ISA (2021), Draft Exploitation Regulations [online] <https://www.isa.org.jm/mining-code/ongoing-development-regulations-exploitation-mineral-resources-area> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [90] SBMA (2020) Licensing process for seabed exploration [online] <https://www.sbma.gov.ck/news-3/article42> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [91] The Japan Times (2017), Japan successfully undertakes large-scale deep-sea mineral extraction [online] <https://www.japantimes.co.jp/news/2017/09/26/national/japan-successfully-undertakes-large-scale-deep-sea-mineral-extraction/#.XuiYffkzY2w> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [92] JOGMEC (2020), JOGMEC Conducts World's First Successful Excavation of Cobalt-Rich Seabed in the Deep Ocean, Excavation Test Seeks to Identify Best Practices to Access Essential Green Technology Ingredients While Minimizing Environmental Impact [online]
http://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news_01_000033.html [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [93] Reuters (2021), Norway eyes sea change in deep dive for metals instead of oil [online]
<https://www.reuters.com/article/us-norway-deepseamining-insight-idUSKBN29H1YT> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [94] DSCC (2019), DSCC Position Statement on Deep Seabed Mining [online]
http://www.savethehighseas.org/wp-content/uploads/2019/08/DSCC-Position-Statement-on-Deep-Seabed-Mining_July2019.pdf [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [95] IUCN (2021), Protection of deep-ocean ecosystems and biodiversity through a moratorium on seabed mining [online] <https://www.iucncongress2020.org/motion/069> [geraadpleegd op 1 oktober]
- [96] Deep-sea mining statement (2020), Marine Expert Statement Calling for a Pause to Deep-Sea Mining [online] <https://www.seabedminingsciencstatement.org/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [97] Reuters (2021), EU should promote moratorium on deep-sea mining, lawmakers say [online]
<https://www.reuters.com/business/environment/eu-should-promote-moratorium-deep-sea-mining-lawmakers-say-2021-06-09/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [98] No deep seabed mining call for a moratorium, Official website [online] <https://www.noseabedmining.org/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [99] Amnesty International, Transport & Environment (2021), THE EU BATTERY REGULATION DUE DILIGENCE RULES ENSURING THAT HUMAN RIGHTS AND THE ENVIRONMENT ARE NOT CASUALTIES OF THE ENERGY TRANSITION [online] <https://www.amnesty.eu/news/the-eu-battery-regulation-due-diligence-rules-ensuring-that-human-rights-and-the-environment-are-not-casualties-of-the-energy-transition/> [geraadpleegd op 6 oktober 2021]
- [100] Amnesty International (10 dec. 2019). Iles Salomon, inquiétudes liées au projet de mine. [online] <https://www.amnesty.be/infos/actualites/article/iles-salomon-inquietudes-liees-projet> [geraadpleegd op 11 oktober 2021]

- [101] Human Rights Watch (22 juli 2021). L'aluminium, angle mort du secteur automobile. [online] <https://www.hrw.org/fr/report/2021/07/22/laluminium-angle-mort-du-secteur-automobile/pourquoi-les-construc-teurs> [geraadpleegd op 11 oktober 2021]
- [102] <https://www.nature.com/articles/d41586-021-02760-8>
- [103] Europese Commissie (2021), Voorstel voor een VERORDENING VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD tot wijziging van Verordening (EU) 2019/631 wat betreft de aanscherping van de CO₂- emissienormen voor nieuwe personenauto's en nieuwe lichte bedrijfsvoertuigen in overeenstemming met de verhoogde klimaatambitie van de Unie [online] https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:870b365e-eecc-11eb-a71c-01aa75ed71a1.0009.02/DOC_1&format=PDF [geraadpleegd op 13 oktober 2021]
- [104] Transport & Environment (2021), Worrying trend towards heavily polluting SUVs undermines carmakers' sustainability claims [online] <https://www.transportenvironment.org/discover/worrying-trend-towards-heavily-polluting-suvs-undermines-carmakers-sustainability-claims/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [105] Transport & Environment (2021), Car CO₂ standards 100% zero-emissions future, but lacking short-term ambition [online] <https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/08/TE-cars-CO2-reaction-2-pager-2.pdf> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [106] Transport & Environment (2021), Cars climate brief #2: Why the EU should stop giving weaker CO₂ targets to heavier cars, [online] <https://www.transportenvironment.org/discover/cars-climate-brief-2-why-the-eu-should-stop-giving-weaker-co2-targets-to-heavier-cars/> [geraadpleegd op 1 oktober]
- [107] Human Rights Watch (2018), "What do we get out of it" The human rights impact of bauxite mining in Guinea, [online] www.hrw.org/report/2018/10/04/what-do-we-get-out-it/human-rights-impact-bauxite-mining-guinea [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [108] Business & Human Rights Resource Centre (2021), Transition Minerals Tracker [online] <https://trackers.business-humanrights.org/transition-minerals/> [geraadpleegd op 1 september 2021]
- [109] Le Monde 13 oktober 2021, "Il faut dire que la transition énergétique ne se fera pas sans difficultés, ce sera une route cahoteuse", rappelle le patron de l'AIE [online] https://www.lemonde.fr/energies/article/2021/10/13/cop26-le-patron-de-l-aie-espere-un-message-sans-ambiguite-des-etats-en-faveur-des-energies-decarbonees_6098120_1653054.html#xtor=AL-32280270-%5Btwitter%5D-%5Bios%5D [geraadpleegd op 14 oktober 2021]
- [110] Hendryx, M., Islam, M. S., Dong, G. H., & Paul, G. (2020). Air Pollution Emissions 2008-2018 from Australian Coal Mining: Implications for Public and Occupational Health. *International journal of environmental research and public health*, 17(5), 1570. <https://doi.org/10.3390/ijerph17051570>
- [111] Lin, CK., Lin, RT., Chen, T. *et al.* (2019) A global perspective on coal-fired power plants and burden of lung cancer. *Environ Health* 18, 9. <https://doi.org/10.1186/s12940-019-0448-8>
- [112] Cobalt Institute (2021), How can the batteries regulation stand the test of time? [online] https://www.cobaltinstitute.org/wp-content/uploads/2021/10/Batteries_Regulations_Cobalt_Institute.pdf [geraadpleegd op 1 september 2021]
- [113] U.S. Geological Survey [2019] National Minerals Information Center: Commodity Statistics and Information [online] <https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-information> [geraadpleegd op 3 april 2021]
- [114] OICA [2021] 2019 Production statistics [online] <https://www.oica.net/category/production-statistics/2019-statistics/> [geraadpleegd op 10 juni 2021]
- [115] Tallano, company website [online] <https://www.tallano.eu/> [geraadpleegd op 1 oktober 2021]
- [116] BloombergNEF (2021), Electric Vehicle Outlook 2021 [online] <https://about.bnef.com/electric-vehicle-outlook/> [geraadpleegd op 1 juni 2021]
- [117] International Energy Agency (2021), Global EV Outlook 2021 [online] <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021> [geraadpleegd op 1 mei 2021]

- [118] European Environment Agency (2020), Air quality in Europe – 2020 report [online] <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report> [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [119] European Environment Agency (2019), Emissions of air pollutants from transport [online] <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/transport-emissions-of-air-pollutants-8/transport-emissions-of-air-pollutants-8> [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [120] Transport & Environment (2018), Roadmap to decarbonising European cars [online] https://www.transportenvironment.org/wp-content/uploads/2021/07/2050_strategy_cars_FINAL.pdf [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [121] De Standaard (2021), Demir met 'realistisch ambitieus' plan naar klimaatop in Glasgow [online] https://www.standaard.be/cnt/dmf20211104_98094743 [geraadpleegd op 9 november 2021]
- [122] U.S. Geological Survey (2019) National Minerals Information Center: Commodity Statistics and Information [online] <https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-information> [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [123] U.S. Geological Survey (2019) National Minerals Information Center: Commodity Statistics and Information [online] <https://www.usgs.gov/centers/nmic/commodity-statistics-and-information> [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [124] The Oxford Institute for Energy Studies (2021), The Global Battery Arms Race: Lithium-Ion Battery Gigafactories and their Supply Chain [online] <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2021/02/THE-GLOBAL-BATTERY-ARMS-RACE-LITHIUM-ION-BATTERY-GIGAFACTORIES-AND-THEIR-SUPPLY-CHAIN.pdf> [geraadpleegd op 1 november 2021]
- [125] Transport & Environment (2021), Batteries [online] <https://www.transportenvironment.org/challenges/cars/batteries/> [geraadpleegd op 1 november 2021]



CLIMACT

www.CLIMACT.com
info@CLIMACT.com
+32 (0) 10 750 740