



Vlaanderen  
is materiaalbewust



# TOEKOMSTSCENARIO'S VOOR HET VLAAMS VOERTUIGENPARK EN MILIEU-IMPACTANALYSE VAN HERBESTEMMING VAN EV- BATTERIJEN VOOR STATIONAIRE TOEPASSINGEN

SAMEN MAKEN WE  
MORGEN MOOIER

**OVAM**

OVAM.VLAANDEREN.BE



**TOEKOMSTSCENARIO'S VOOR HET**  
**VLAAMS VOERTUIGENPARK**  
**EN MILIEU-IMPACTANALYSE VAN**  
**HERBESTEMMING VAN EV-**  
**BATTERIJEN VOOR STATIONAIRE**  
**TOEPASSINGEN**

publicatiedatum / 7.12.2023



## DOCUMENTBESCHRIJVING

- |  |   |
|--|---|
| 1 <i>Titel van publicatie:</i><br>Toekomstscenario's voor het Vlaams<br>voertuigenpark en milieu-impactanalyse<br>van herbestemming van EV batterijen voor<br>stationaire toepassingen   | 2 <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i><br>OVAM  |
| 3 <i>Wettelijk Depot nummer:</i>   | 4 <i>Trefwoorden:</i><br>voertuigenpark, toekomstscenario's, Stock<br>& Flow model, hergebruik, herbestemming,<br>EV-batterijen |
| 5 <i>Samenvatting:</i><br>In dit rapport worden een aantal toekomstscenario's met betrekking tot de samenstelling van het Vlaams wagenpark voor personenvervoer opgesteld en doorgerekend met het Stock & Flow model. De scenario's zijn in staat te voldoen aan de klimaatdoelstelling zonder al te veel beslag te leggen op materialen zoals kobalt, lithium en nikkel. Ook wordt dieper ingegaan op het milieuvoordeel van herbestemming van batterijen uit elektrische voertuigen in stationaire toepassingen. |   |
| 6 <i>Aantal bladzijden:</i> 78   | 7 <i>Aantal tabellen en figuren:</i> /  |
| 8 <i>Datum publicatie:</i><br>2023   | 9 <i>Prijs*:</i> /  |
| 10 <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i><br>Ann Van der Linden, Yoko Dams en Tim<br>Goelen (VITO)<br>An Van Pelt en Lies Verlinden (OVAM)   | 11 <i>Contactpersonen:</i><br>An Van Pelt en Lies Verlinden (OVAM)  |
| 12 <i>Andere titels over dit onderwerp:</i> /<br><i>Toekomstscenario's van het Vlaams<br/>voertuigenpark: effecten op klimaat en<br/>metaalvoorraden</i>   |   |

U hebt het recht deze brochure te downloaden, te printen en digitaal te verspreiden. U hebt niet het recht deze aan te passen of voor commerciële doeleinden te gebruiken.

De meeste OVAM-publicaties kunt u raadplegen en/of downloaden op de OVAM-website:  
[ovam.vlaanderen.be](https://ovam.vlaanderen.be)

\* Prijswijzigingen voorbehouden.

## INHOUD

Lijst van afkortingen.....	5
<b>1</b> Inleiding .....	<b>6</b>
<b>2</b> Toekomstscenario's Vlaams voertuigenpark .....	<b>7</b>
2.1 Beschrijving scenario's	8
2.1.1 Scenario's opgesteld door FEBIAC ("BAU" en "EV")	8
2.1.2 Opmaak scenario's met combinatie van verschillende elementen ("SC1", "SC2", "SC3")	11
2.2 Resultaten	17
2.2.1 Klimaatimpact	17
2.2.2 Materialengebruik in een "closed loop" systeem (enkel recyclage)	18
2.2.3 Materiaalgebruik in een "open loop" systeem (hergebruik en herbestemming)	22
2.3 Besluit	29
<b>3</b> Milieu-impactanalyse van herbestemming van EV-batterijen in stationaire toepassingen .	<b>30</b>
3.1 Introductie	30
3.2 Doel en reikwijdte van de analyse	30
3.2.1 Definitie van het doel van de analyse	30
3.2.2 Bepalen van de reikwijdte van de analyse	31
3.3 Levenscyclus gegevens inventarisatie	35
3.3.1 Batterij voor stationaire toepassing	35
3.3.2 Herbestemming EV-batterij	38
3.4 Resultaat milieu-impactanalyse	44
3.4.1 Klimaatverandering	44
3.4.2 Fijn stof	45
3.4.3 Ecotoxiciteit, zoet water	46
3.4.4 Grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen	48
3.4.5 Gewogen impacts	49
3.5 Resultaat gevoeligheidsanalyse	50
3.5.1 Efficiëntie bij ingebruikname van een herbestemde batterij	50
3.5.2 Impact van de elektriciteitsmix	55
3.6 Besluit	59
<b>Bijlage A: Beschrijving "Stock &amp; flow model" .....</b>	<b>61</b>
<b>Bijlage B: Voorstudies .....</b>	<b>65</b>
1.1 Backcasting scenario's ("THUIS" en "DEV+")	65
1.2 Exploratie hergebruik ("BAU Reuse" en "EV Reuse")	68

## LIJST VAN AFKORTINGEN

BAU	Business-as-usual
EV scenario	“zero emission scenario” van FEBIAC
EV	Volledig elektrisch voertuig
HEV	Hybride voertuig
PHEV	Plug-in hybride voertuig
ICEV	Conventionele wagen

# 1 INLEIDING

De beschikbaarheid van ruwe materialen staat steeds meer onder druk. Ook Vlaanderen maakt gebruik van ruwe materialen via directe import en gebruik, maar ook indirect via (half)afgewerkte producten. De beschikbare voorraad van een materiaal (voorraad in ontginbare mijnen én recupereerbaar uit de stadsmijn) is een belangrijk element in duurzaamheid. Wanneer een bepaald productie- en consumptiepatroon leidt tot een stelselmatige vermindering van de beschikbare voorraad materiaal (op nationaal niveau en zeker op wereldniveau), is er per definitie geen sprake van duurzaamheid: de productie- en consumptiepatronen gaan door tot de beschikbare voorraad op is. Het komt er dus op aan materiaalkringlopen zo te organiseren dat de voorraden niet slinken.

Deze opdracht brengt voor de materialen kobalt, lithium en nikkel in kaart hoeveel ervan in de Vlaamse economie gebruikt wordt én hoeveel van dit materiaal bij einde-leven terug beschikbaar komt voor:

- recyclage en dus opnieuw kan ingezet worden voor de productie van nieuwe EV-batterijen (een “closed loop” systeem);
- hergebruik en herbestemming in een andere toepassing, nl. stationaire energieopslag (dus “open loop”).

Op die manier wordt vermeden dat nieuw (primaire) materiaal moet ontgonnen worden.

In dit onderzoek werd de voorbije jaren een model ontwikkeld waarmee de vraag door de Vlaamse economie naar de materialen gebruikt in personenwagens in kaart gebracht wordt. Hierbij wordt bekeken in welke types van wagens en in welke onderdelen ervan de stocks zich bevinden en of deze al dan niet worden gerecycleerd. Het model verenigt verschillende aspecten van de automarkt zoals:

- de verkoop van de verschillende types personenwagens en de internationale handel in tweedehandsvoertuigen;
- technische aspecten zoals de gedetailleerde samenstelling van voertuigen;
- levensduurmodellen om in te schatten wanneer nieuw aangekochte voertuigen einde leven zullen zijn;
- aannames over welke EV-batterijen nog hergebruikt kunnen worden en hoe zij nog presteren.

In consultatie met de sectorfederatie FEBIAC en het beheersorganisme Febelauto werden enkele scenario's opgesteld en doorgerekend die in staat zijn te voldoen aan de klimaatdoelstelling en zonder al te veel beslag te leggen op materialen zoals kobalt, lithium en nikkel. De resultaten hiervan worden besproken in dit rapport.

Er gebeurde al veel onderzoek (inclusief analyse van milieu-impacts via LCA) over de elektrificatie van het wagenpark, inclusief de impact van de productie en het gebruik van hoog performante batterijen. Wat in beschikbare studies telkens onderbelicht bleef, is het potentieel vanuit milieuperspectief om batterijen van elektrische voertuigen die einde-leven zijn (wat betreft de toepassing ervan in voertuigen) te herbestemmen voor toepassingen die minder veeleisend zijn zoals stationaire energieopslag (vb. thuisbatterijen). Er werd in deze studie niet alleen bekeken hoeveel batterijen uit elektrische voertuigen van het type plug-in en volledige elektrisch, die niet meer voldoen aan de hoge specificaties vereist voor gebruik in voertuigen, nog wel in andere toepassingen ten volle gebruikt zouden kunnen worden en dus in de toekomst mogelijks een tweede leven krijgen.

Tevens werd, zoals wordt besproken in het tweede deel van dit rapport, dieper ingegaan op het milieuvoordeel van herbestemming van batterijen uit elektrische voertuigen.

Er wordt voor dit onderzoek een aanpak gevolgd die de principes van een levenscyclusanalyse (LCA) volgt, maar met beperktere diepgang. Daarom wordt geopteerd om niet de term LCA-analyse, maar wel milieu-impactanalyse te gebruiken in dit onderzoek.

## 2 TOEKOMSTSCENARIO'S VLAAMS VOERTUIGENPARK

De OVAM heeft in consultatie met FEBIAC vzw, de federatie van de auto- en tweewielerindustrie in België en het Groothertogdom Luxemburg, en Febelauto vzw, het beheersorganisme voor afgedankte voertuigen, een aantal scenario's opgesteld die in staat zijn te voldoen aan de specifieke reductiedoelstelling voor personenvervoer in het Vlaams Energie- en Klimaatplan (VEKP), zonder onze materialenvoetafdruk te verhogen.

### Klimaat

Met het Vlaams Energie- en Klimaatplan (VEKP) 2021-2030 engageert Vlaanderen zich om in 2030 35% reductie van broeikasgassen ten opzichte van 2005 te realiseren in de niet-ETS sectoren, waaronder transport en mobiliteit. Voorliggende studie focust zich op personenvervoer met de wagen. Men ambieert een daling van het aantal kilometers over de weg van -12 % t.o.v. 2015 voor personenwagens. Deze afname van de verkeersvolumes en tevens door een relatief sterke vergroening van het wagenpark zou volgens het Vlaams Energie- en Klimaatplan resulteren in een verwachte daling van de emissies voor het personenverkeer naar 4,8 Mton CO<sub>2</sub>-eq. in de periode 2005-2030<sup>1</sup>. Echter, in 2021 werden extra maatregelen goedgekeurd door de Vlaamse Regering om de reductie te verhogen tot 40 %<sup>2</sup>. Er werd nog geen doorvertaling van deze verscherpte ambitie naar wat het betekent voor personenvervoer met de wagen gepubliceerd. Wel werden in de loop van 2021 bij VITO in opdracht van het Vlaams Energie- en Klimaatagentschap (VEKA) enkele doorrekeningen gedaan die tegen 2030 uitkomen op 4,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq als doelstelling voor de emissies van het personenverkeer. We nemen voorlopig dit cijfer als uitgangspunt<sup>3</sup>.

### Materialen

De beschikbaarheid van primaire materialen staat steeds meer onder druk. Ook Vlaanderen maakt gebruik van primaire materialen via directe import en gebruik, maar ook indirect via de import van (half)afgewerkte producten. De beschikbare voorraad van een materiaal is een belangrijk element in het afwegen van duurzaamheid. Met beschikbare voorraad wordt bedoeld zowel de voorraad aan materialen in ontginbare mijnen, als de hoeveelheid materialen die recupereerbaar zijn uit de stadsmijn. Wanneer een bepaald productie- en consumptiepatroon leidt tot een stelselmatige vermindering van de beschikbare voorraad materiaal (op nationaal niveau en zeker op wereldniveau), is er per definitie geen sprake van duurzaamheid. Het komt er dus op aan materiaalkringlopen zo te organiseren dat de beschikbare voorraden niet slinken.

Voor elk van de scenario's wordt het effect op het klimaat kwantitatief ingeschat. Daarnaast wordt zowel voor het huidige wagenpark als voor de verschillende scenario's inzichtelijk gemaakt welke materialen vervat zitten in ons wagenpark voor personenvervoer in Vlaanderen. Met statistische

<sup>1</sup> Emissies voor personenverkeer in 2005 zijn 9,0 Mton CO<sub>2</sub> eq en gaan naar 4,8 Mton CO<sub>2</sub>-eq in 2030 (bron: Vlaams Energie- en klimaatplan, figuur 4-7)

<sup>2</sup> [https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1659456490/Visienota\\_bijkomende\\_maatregelen\\_aaxnal.pdf](https://assets.vlaanderen.be/image/upload/v1659456490/Visienota_bijkomende_maatregelen_aaxnal.pdf)

<sup>3</sup> Intussen werd in de actualisatie van het VEKP gepubliceerd in mei 2023 dit cijfer van 4,6 Mton bevestigd.

modellering (type Stock en Flow model of kortweg S&F model, voor metalen, beschrijving in Bijlage A: Beschrijving “Stock & flow model”) wordt berekend hoeveel van de materialen van het personenvoertuigenpark jaarlijks zullen vrijkomen en vervolgens hergebruikt of gerecycleerd kunnen worden.

## 2.1 BESCHRIJVING SCENARIO'S

De voorbije twee jaren heeft de OVAM samengewerkt met FEBIAC en Febelauto. FEBIAC stelde een rekenmodel op waarmee de toekomstige verkoopcijfers voor nieuwe wagens kan worden ingeschat. Ze stellen daarbij twee mogelijke toekomstbeelden voorop, nl. een business-as-usual, of “BAU”, scenario (doortrekken van de huidige trends in de verkoopcijfers van nieuwe wagens) en een “EV” scenario. In dit laatste scenario maakt de volledig elektrische wagen een sterkere opmars in de verkoopcijfers veelal ten koste van de plug-in hybride. Meer uitleg vind je onder 2.1.1. De OVAM stelde enkele beleidsmaatregelen voor die emissies komende van transport trachten in te perken. In een voorbereidende fase werd al uitgerekend hoe sterk men zou moeten inzetten op bijvoorbeeld thuiswerk of autodelen, wil men de klimaatdoelstelling halen enkel en alleen op basis van slechts één beleidsmaatregel. Dit zijn “backcastingscenario's” en zijn niet realistisch van aard maar maken het toepassingsgebied van de beleidsmaatregel inzichtelijk. Daarnaast werd in deze fase eveneens bekeken in welke mate hergebruik van batterijen uit elektrische voertuigen die eindeleven zijn het materiaalbeslag kan terugdringen. Aangezien hergebruik van gebruikte batterijen in nieuwe wagens volgens de sector geen standaardpraktijk is, werd deze oefening eveneens beschouwd als exploratief. Vervolgens werden enkele gecombineerde scenario's berekend, waarbij een set van beleidsmaatregelen in voege zijn, en die in staat zijn de klimaatdoelstellingen te halen zonder bijkomende druk op de materiaalvoorraad te leggen. Deze scenario's worden besproken in 2.1.2.

### 2.1.1 Scenario's opgesteld door FEBIAC (“BAU” en “EV”)

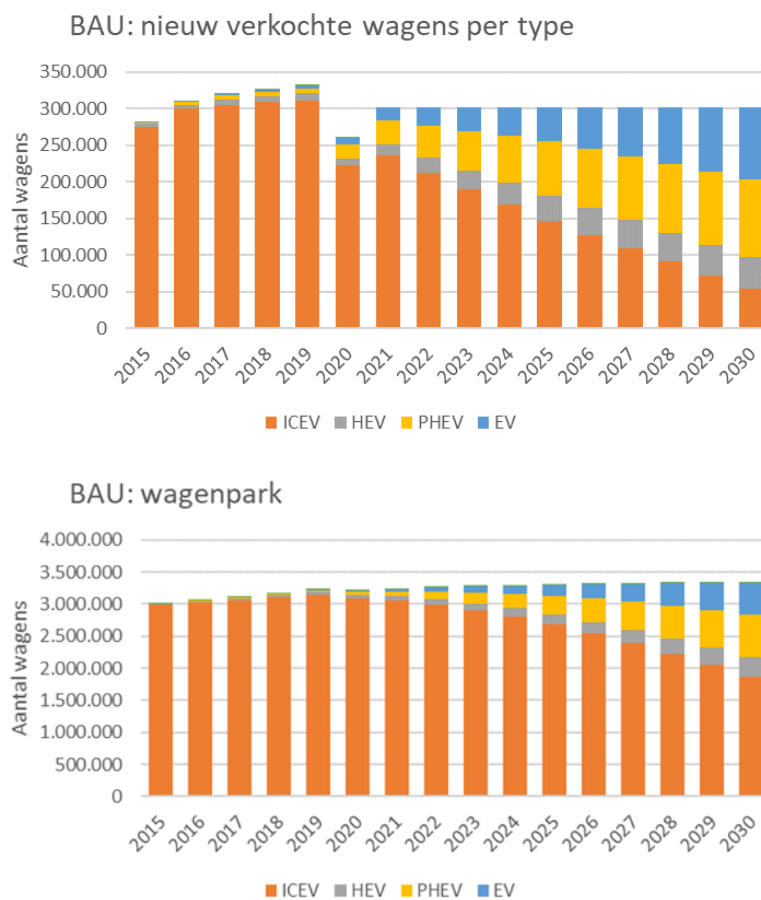
Voor het opstellen van de mobiliteitsscenario's vertrekt FEBIAC van huidige Vlaamse, Federale en Europese regelgeving van toepassing op nieuwe voertuigen die in Europa op de markt worden gezet. Men maakt een onderscheid tussen twee markten, de zakelijke markt en de particuliere markt. Beide markten verschillen immers structureel van elkaar. De zakelijke markt is de grote trekker van elektrificatie en zal dit naar verwachting blijven. Vanuit de zakelijke markt is er een belangrijke injectie van tweedehandsvoertuigen naar de particuliere markt. Zo stelt men vast dat 50 % van de volledig elektrische wagens en 25 % bij de plug-in hybride wagens die einde leasecontract zijn (zakelijke markt) doorstromen naar de particuliere markt. Tweedehandswagens worden ook vaak verhandeld en uitgevoerd, zowel binnen als buiten Europa. Het is momenteel nog onduidelijk of deze handel ook zal standhouden voor elektrische en hybride voertuigen, die gradueel een dominante rol opnemen in de scenario's. Elektrische en hybride voertuigen hebben namelijk een veel hogere economische waarde. Voor de scenario's hield FEBIAC geen rekening met import en export omdat de cijfers een grillig verloop kennen en daarom niet voorspelbaar zijn.

#### Business as Usual (“BAU”)

Het BAU-scenario neemt de (verstrengde) EU CO<sub>2</sub> doelen als uitgangspunt d.w.z. een gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie van 22,8 % tegen 2025 en van 51,3 % tegen 2030 over de volledige set van nieuw verkochte wagens. Tegen 2025 zijn 40 % van deze wagens van het type plug-in hybride (“PHEV”) of volledig elektrisch (“EV”). Wat nog verder toeneemt naar 67,5% in 2030. Er wordt aangenomen dat er jaarlijks 500 000 nieuwe voertuigen verkocht worden op de Belgische markt. We veronderstellen dat 60 % (ofwel 301 205 wagens) in Vlaanderen worden verkocht. Deze verkoopcijfers houdt men constant tot en met 2030. Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld (steeds weergegeven in % ten opzichte van 2015, behalve als anders aangegeven):



- Een toename van het aantal voertuigen met 11 %;
- In het totale voertuigenpark is er tussen 2020 en 2030 een sterke daling van het aandeel dieselveertuigen (-60 %), maar ook van het aandeel benzinewagens (-19 %). In de figuren worden ze samen afgebeeld onder de naam "ICEV".
- Hybridevoertuigen op diesel faseren uit. Deze op benzine vervielfvoudigen.
- Ook de voertuigen van het type "PHEV" en "EV" kennen een sterke groei. In 2030 vertegenwoordigen ze respectievelijk 20 % en 15 % van het Vlaamse voertuigenpark.;
- Het aantal voertuigkilometers neemt met 14 % toe tegen 2030;
- Het aantal persoonskilometers, neemt eveneens toe, met 24 % tegen 2030;
- De bezettingsgraad<sup>4</sup> ligt op 1,3 in 2015 en stijgt daarna lichtjes (1,4 in 2030).



Figuur 1: Evolutie nieuw verkochte wagens (boven) en samenstelling van het wagenpark (onder) volgens het BAU scenario tot 2030

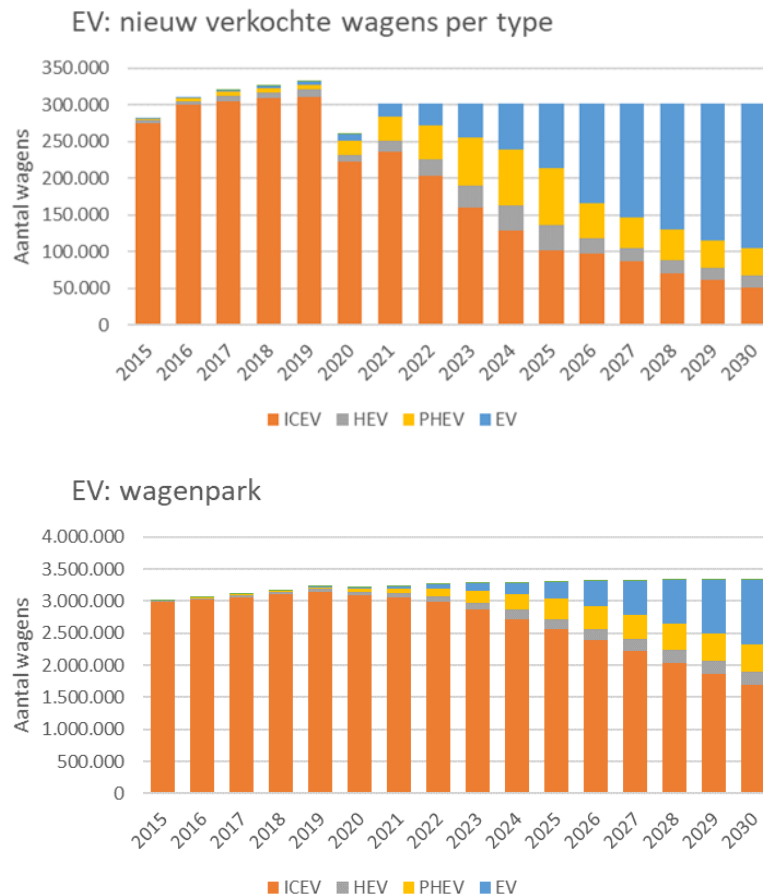
### Zero-emission scenario ("EV")

Het EV-scenario neemt de (verstrenge) EU CO<sub>2</sub> doelen en het nieuw federaal wetsontwerp dat inzet op een geleidelijke uitfasering van niet-emissievrije wagens als uitgangspunt. De beoogde gemiddelde CO<sub>2</sub>-reductie over de volledige set van nieuw verkochte wagens ligt op 39 % tegen 2025 en stijgt verder naar 70 % tegen 2030. Tegen 2025 zijn bijna 55 % van de nieuwe wagens van het type plug-in hybride of volledig elektrisch. In 2026 springt dit naar 60 % door het in voege treden van

<sup>4</sup> De gemiddelde bezettingsgraad van personenwagens in Vlaanderen wordt berekend door het totaal aantal persoonskilometers met de wagen (bron: Federaal planbureau, transportdatabank, "Aantal reizigerskilometer afgelegd per gewest, wegtype en voertuigcategorie op het Belgisch grondgebied") te delen door het totaal aantal voertuigkilometers (bron: VEKP, VR 2018 2007 DOC.0830/2TER).

de fiscale stimulans. Deze groei zet zich verder. In 2030 is 78 % van de nieuw verkochte wagens plug-in hybride (“PHEV”) of volledig elektrisch (“EV”). De totale verkoopcijfers blijven onveranderd: jaarlijks worden er 500 000 nieuwe voertuigen verkocht op de Belgische markt, wat overeenkomt met 301 205 wagens in Vlaanderen. Deze verkoopcijfers houdt men constant tot en met 2030. Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld (steeds ten opzichte van BAU-scenario weergegeven):

- Het totaal aantal voertuigen is gelijk aan deze in het BAU scenario;
- Het aandeel dieselwagens in het totale voertuigenpark daalt sterk (-66 %); het aandeel benzinewagens daalt eveneens (-24 %). In de figuren worden ze samen afgebeeld onder de naam “ICEV”.
- Hybridevoertuigen (“HEV”) op diesel faseren uit. Deze op benzine verviervoudigen.
- Ook de voertuigen van het type “PHEV” en “EV” kennen een sterke groei. Maar de toename van EV wagens is hier meer uitgesproken. In 2030 vertegenwoordigen ze respectievelijk 13 % en 30 % van het Vlaamse voertuigenpark;
- De aannames betreffende het aantal voertuigkilometers, persoonskilometers en bezettingsgraad zijn hetzelfde als in het BAU scenario.



Figuur 2: Evolutie nieuw verkochte wagens (boven) en samenstelling van het wagenpark (onder) volgens het EV scenario tot 2030

### 2.1.2 Opmaak scenario's met combinatie van verschillende elementen ("SC1", "SC2", "SC3")

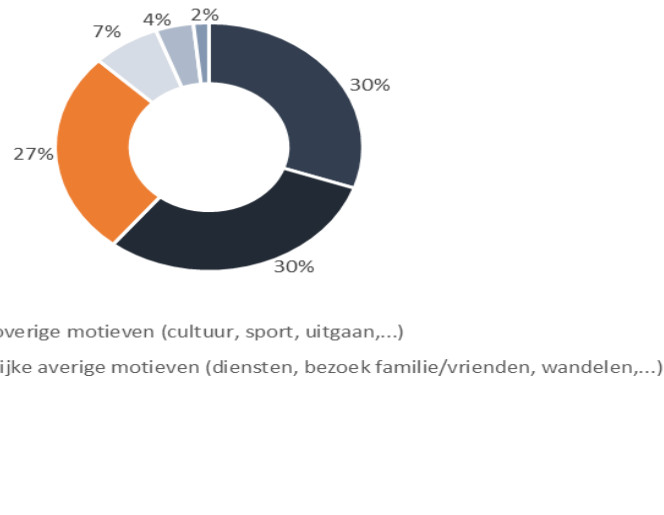
Deze scenario's zijn zo opgesteld dat ze de klimaatdoelstelling halen. We zetten steeds in op een combinatie van verschillende beleidsmaatregelen, nl:

- ✓ Een versnelde introductie van de volledig elektrische wagen (in overeenstemming met het EV scenario);
- ✓ Een structurele vermindering van het aantal gereden voertuigkilometers: Zoals het VEKP beoogt, wordt er in elk scenario een ~12 % reductie in voertuigkilometers gerealiseerd. Hiervoor werd (1) het aantal persoonskilometers<sup>5</sup> teruggebracht, en/of (2) de gemiddelde bezettingsgraad van voertuigen opgetrokken. Als gevolg van de Covid-19-crisis waarin het maken van verplaatsingen verboden of sterk afgeraden werd, daalde het aantal voertuigkilometers in Vlaanderen. Veel (niet-essentiële) bedrijven maakten de omslag naar thuiswerk. In de scenario's gaan we uit van een blijvend effect ook na 2020 doordat tele- en thuiswerken meer ingeburgerd werd. Men neemt bij de berekeningen van de scenario's een structureel effect van thuis- en telewerk van 11-16 % verminderde vraag naar personenkilometers in 2021 (ten opzichte van het BAU scenario) aan. (zie Box 1 voor interpretatie van deze cijfers.)
- ✓ De introductie van een systeem van deelwagens vanaf 2026: deelwagens hebben een hogere bezettingsgraad (dubbel) en rijden 10 % meer dan wagens die niet gedeeld zijn.
  - In SC1 en SC3 werd aangenomen dat 30 % van het aantal nieuw verkochte volledig elektrische wagens fungeert in een deelsysteem. Dit percentage neemt jaarlijks met 5 % toe.
  - In SC2 werd verondersteld dat 20 % van het aantal nieuw verkochte volledig elektrische wagens fungeert in een deelsysteem. Dit percentage blijft de volgende jaren constant.

---

<sup>5</sup> Het aantal personenkilometer is de som van de afstanden die alle passagiers in die personenwagens samen hebben afgelegd.

Om de drie jaar brengt het Federaal Planbureau (FPB), in samenwerking met de FOD Mobiliteit en Vervoer, de vooruitzichten van de transportvraag in België in kaart. In het rapport "Vooruitzichten van de transportvraag 2019 – updated" loopt de projectie tot 2040, met 2015 als referentiejaar. De kilometers die we afleggen voor woon-werk verkeer, krijgen in 2015 een aandeel van 27 % in het totaal aantal personenkilometers. Deze kilometers werden voor 75 % ingevuld met de wagen (solo). Deze ritten zouden dus deels (11-16 %) niet, dan wel anders (met trein, fiets,...) ingevuld worden.



Figuur 3: Aandeel reizigerskilometer per type in 2015 (bron: Federaal Planbureau, 2019)

Box 1: Aandeel woon-werk in totale transportbehoefte

Dit resulteert in volgende kerncijfers (Tabel 1).

	SC1	SC2	SC3
Verminderde vraag personenkilometers in 2030 t.o.v. pre corona	-11 %	-16 %	-11 %
Aandeel verkoop volledig elektrische wagens t.o.v. alle nieuwe verkochte wagen (in 2030)	65 %	65 %	65 %
Gemiddelde bezettingsgraad wagens in 2030	1,65	1,56	1,65
Aantal voertuigen in het park in 2030	2 502 661	2 548 518	2 649 707

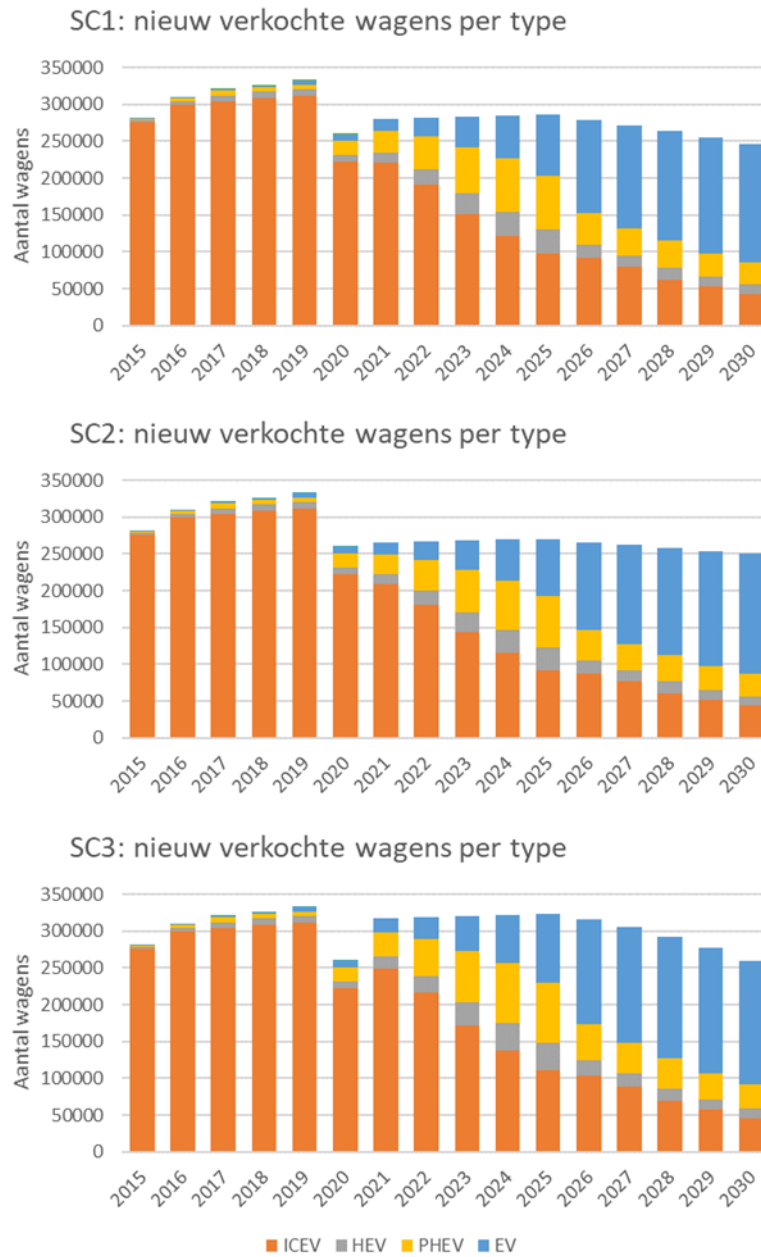
Tabel 1: Kerncijfers scenario's

In SC1 en SC3 doet er zich een snelle en progressieve introductie van deelwagens voor waardoor de gemiddelde bezetting van de wagens in 2030 op 1,65 komt te liggen. In SC2 veronderstellen we een iets tragere opmars. De gemiddelde bezetting van een wagen in 2030 bedraagt hier 1,56. Ter compensatie wordt in SC2 nog minder persoon- en voertuigkilometers gereden (dus nog meer thuis- en telewerk of bijvoorbeeld fietsen).

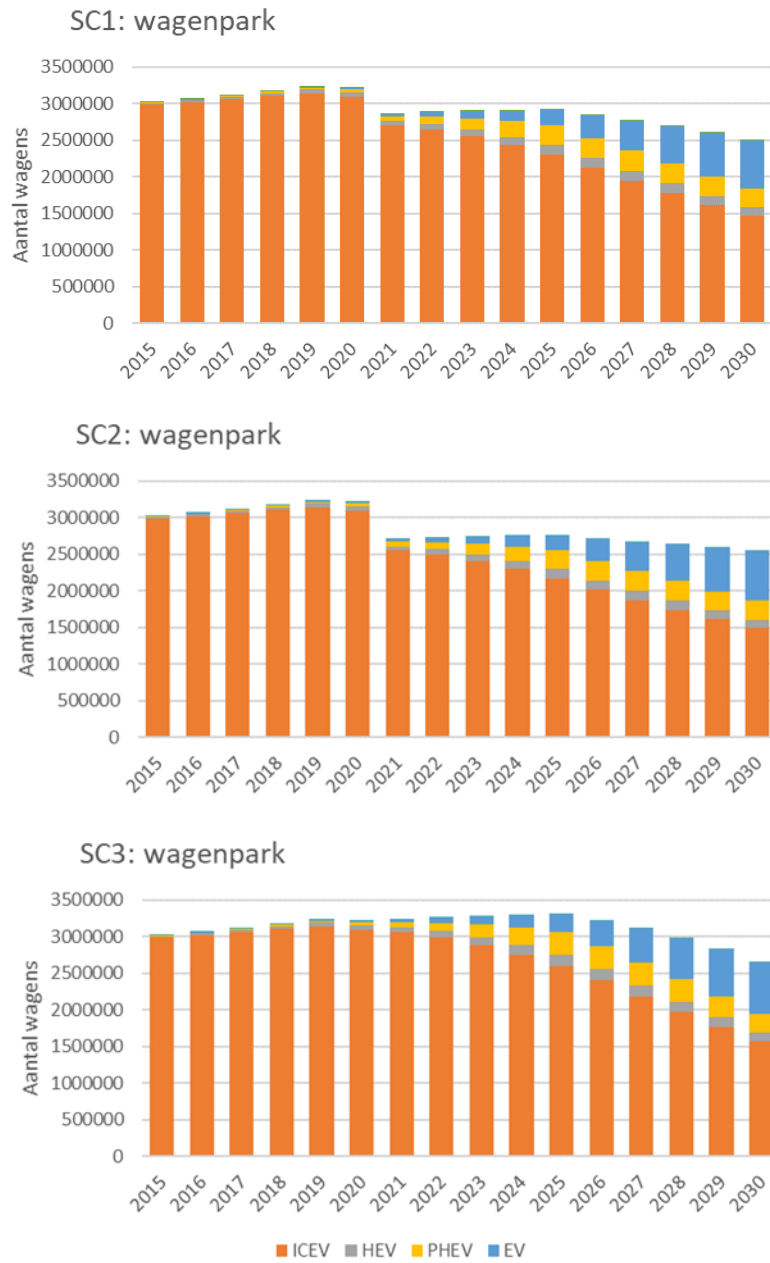
De reductie van het aantal persoonskilometers is bij de drie scenario's vrij vergelijkbaar. Echter, SC1 verschilt van SC3 doordat in SC3 het wagenpark eerst (tot 2026) niet zo drastisch teruggebracht wordt. De huishoudens laten de wagen dus veelal aan de kant, in plaats van te verkopen. Het

gemiddeld aantal gereden kilometers per voertuig zal daarom in SC3 eerst sterk dalen. Het wagenpark begint maar te krimpen bij het op gang komen van deelwagens.

Figuur 4 en Figuur 5 geven een overzicht van het aantal wagens nieuw verkocht en in het park tot 2030. Tabel 2 bevat een samenvatting van alle aannames per scenario.



Figuur 4: Evolutie nieuw verkochte wagens volgens scenario's SC1, SC2 en SC3 tot 2030



Figuur 5: Evolutie (incl. de samenstelling) van het wagenpark volgens scenario's SC1, SC2 en SC3 tot 2030

	2015	BAU	EV	SC 1	SC 2	SC 3
<b>Samenstelling park (situatie in 2030)</b>						
Diesel	61 %	19 %	<b>16 %</b>	16 %	16 %	16 %
Benzine	38 %	37 %	<b>35 %</b>	35 %	35 %	35 %
Diesel - HEV	0 %	0 %	<b>0 %</b>	0 %	0 %	0 %
Benzine - HEV	1 %	9 %	<b>6 %</b>	6 %	6 %	6 %
Diesel - PHEV	0 %	3 %	<b>2 %</b>	2 %	2 %	2 %
Benzine - PHEV	0 %	17 %	<b>11 %</b>	11 %	11 %	11 %
EV	0 %	15 %	<b>30 %</b>	30 %	30 %	30 %
andere (hydrogen fuel cell, LPG, CNG,...)	1 %	0 %	<b>0 %</b>	0 %	0 %	0 %
<b>Belangrijkste aannames per scenario (situatie in 2030)</b>						
Totaal aantal voertuigen	3 013 824	3 334 408	3 334 407	<b>2 502 661</b>	<b>2 548 518</b>	<b>2 649 707</b>
<i>Vershil t.o.v. 2015</i>		11 %	11 %	<b>-17 %</b>	<b>-15 %</b>	<b>-12 %</b>
Totaal aantal voertuigkilometer (in miljoen kilometer)	45 343 <sup>6</sup>	51 782	51 782	<b>40 128</b>	<b>40 092</b>	<b>40 006</b>
<i>Vershil t.o.v. 2015</i>		14 %	14 %	<b>-12 %</b>	<b>-12 %</b>	<b>-12 %</b>
Totaal aantal persoonskilometer (in miljoen kilometer)	60 478 <sup>7</sup>	74 721	74 721	<b>66 091</b>	<b>62 392</b>	<b>66 091</b>
<i>Vershil t.o.v. 2015</i>		24 %	24 %	<b>9 %</b>	<b>3 %</b>	<b>9 %</b>
Bezettingsgraad	1,33 <sup>8</sup>	1,44	1,44	<b>1,65</b>	<b>1,56</b>	<b>1,65</b>
<i>Vershil t.o.v. 2015</i>		8 %	8 %	<b>23 %</b>	<b>17 %</b>	<b>24 %</b>
Aantal voertuigkilometer per voertuig (in miljoen kilometer)	15 045 <sup>9</sup>	15 529	15 529	<b>16 034</b>	<b>15 731</b>	<b>15 098</b>
<i>Vershil t.o.v. 2015</i>		3 %	3 %	<b>7 %</b>	<b>5 %</b>	<b>0 %</b>
Extra kilometers deelwagens				0,1	0,1	0,1

<sup>6</sup> Bron: VEKP, VR 2018 2007 DOC.0830/2TER

<sup>7</sup> Bron: Federaal planbureau, transportdatabank

<sup>8</sup> Berekende waarde

<sup>9</sup> Berekende waarde

Aandeel nieuwe BEV in deelsysteem			<b>2026 30 %</b>	<b>2026 20 %</b>	<b>2026 30 %</b>
			<b>2027 35 %</b>	<b>2027 20 %</b>	<b>2027 35 %</b>
			<b>2028 40 %</b>	<b>2028 20 %</b>	<b>2028 40 %</b>
			<b>2029 45 %</b>	<b>2029 20 %</b>	<b>2029 45 %</b>
			<b>2030 50 %</b>	<b>2030 20 %</b>	<b>2030 50 %</b>

Tabel 2: Overzicht van de belangrijkste aannames per scenario in 2030



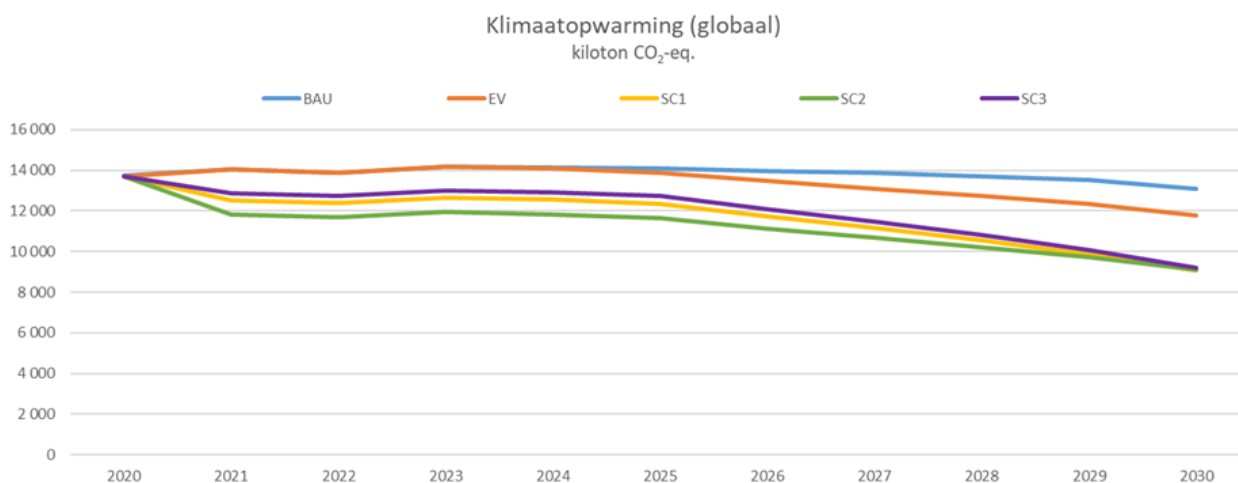
## 2.2 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de broeikasgasemissies zoals ingeschat per scenario dat werd opgesteld, getoond. Tevens werden “grondstofbudgetten” opgemaakt voor Vlaanderen. Deze geven voor enkele scenario's weer hoe groot de Vlaamse vraag naar het specifiek materiaal is en in welke mate we deze vraag met recyclage kunnen opvangen.

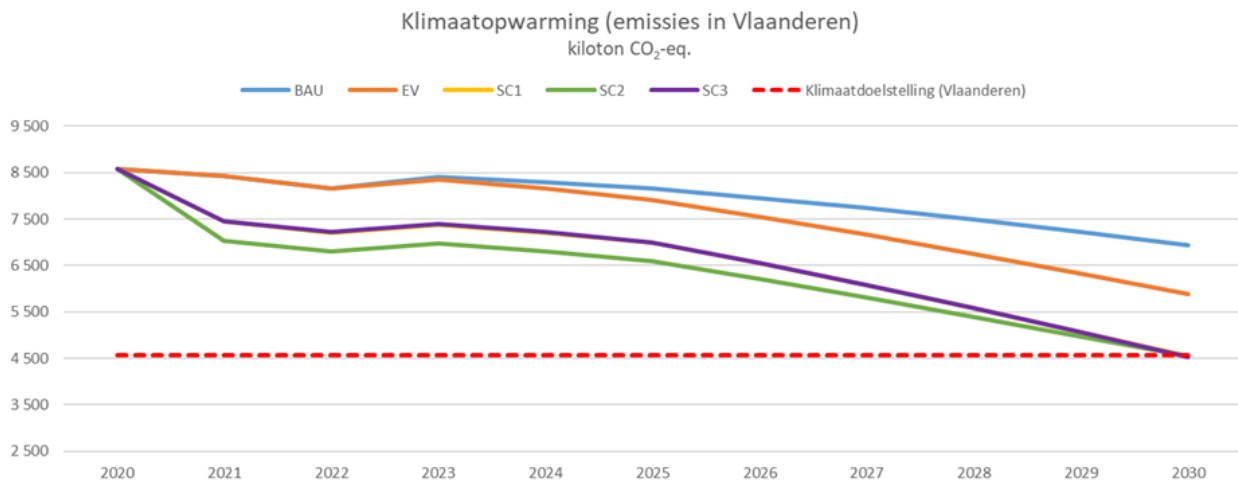
### 2.2.1 Klimaatimpact

In het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2021-2030 wordt een reductiedoelstelling van 51 % bij personenwagens vooropgesteld.

Figuur 6 toont de broeikasgasemissies wereldwijd (globale emissies). Voor deze studie werd gewerkt met een streefcijfer van 4,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq (aangegeven met een rode lijn in Figuur 7). Zoals eerder aangegeven zijn de scenario's “SC1”, “SC2” en “SC3” zo opgesteld dat ze de doelstelling halen in 2030. Figuur 7 geeft enkel de emissies weer in Vlaanderen (territoriale emissies). Broeikasgasemissies die gepaard gaan met bijvoorbeeld de productie in het buitenland voor het Vlaamse wagenpark zijn zichtbaar in Figuur 6, maar niet in Figuur 7.



Figuur 6: Broeikasgasemissies (in kiloton CO<sub>2</sub>-eq.) wereldwijd verbonden aan het gebruik van personenwagens volgens mobiliteitsscenario's: BAU, EV, SC1; SC2 en SC3



Figuur 7: Broeikasgasemissies (in kiloton CO<sub>2</sub>-eq.) in Vlaanderen verbonden aan het gebruik van personenwagens (in Vlaanderen) volgens mobiliteitsscenario's: BAU, EV, SC1; SC2 en SC3. De rode stippellijn geeft de doelstelling weer. De verschillen tussen SC1 en SC3 zijn marginaal in deze figuur.

Het SC2 scenario waar het wagenpark verkleint en de som van de afstanden die alle passagiers in personenwagens samen hebben afgelegd, of kortweg persoonskilometers, het meest wordt teruggebracht realiseert de grootste afname in emissies doorheen de jaren, zowel globaal als territoriaal. Globaal gezien presteert het SC1 scenario beter dan de laatste in rij, SC3. Echter, naar emissies in Vlaanderen toe verschillen beide scenario's (SC1 en SC3) amper. Lokaal, in Vlaanderen, zorgt het verbruik van brandstoffen voor de grootste emissie uitstoot. In SC1 wordt het wagenpark dat sterk gereduceerd werd, intensief gebruikt. In SC3 bestaat het wagenpark uit iets meer wagens waarmee relatief minder gereden wordt. Maar beide scenario's verschillen dus amper op gebied van persoonskilometers.

## 2.2.2 Materialengebruik in een "closed loop" systeem (enkel recyclage)

Met behulp van het S&F-model voor voertuigen<sup>10</sup> trachten we het verbruik aan materialen voor personenvervoer in Vlaanderen in te schatten. Allereerst schatten we de gemiddelde samenstelling van 4 types personenwagens: een voertuig met verbrandingsmotor, een gewoon hybride voertuig, een plug-in hybride wagen en een volledig elektrisch voertuig. Hiervoor delen we elk type personenwagen op in verschillende componenten zoals skelet, aandrijving, interieur, chassis, etc. Vervolgens koppelen we een materiaalsamenstelling aan deze componenten. Op deze manier bepalen we de samenstelling van de voertuigen op materiaalniveau.

Aan de hand van de historische evolutie van het gewicht van de verschillende types voertuigen en de verkoop<sup>11</sup> ervan, maken we een schatting van de materialensamenstelling van het volledige Vlaamse voertuigenpark voor personenvervoer. Via statistische modellering met het S&F-model voor voertuigen schatten we vervolgens wanneer de voertuigen afgedankt zullen worden in de toekomst. We veronderstellen dat men de voertuigen na afdanking depollueert en ontmantelt. Bepaalde onderdelen zoals de banden, de katalysator, filters en vloeistoffen voert men naar gespecialiseerde recyclage-installaties af<sup>12</sup>. We

<sup>10</sup> Voor meer informatie over dit model verwijzen we naar Bijlage A, alsook naar het OVAM-rapport "Toekomstscenario's Vlaamse voertuigenpark – update (2021)"

<sup>11</sup> FOD Mobiliteit en transport, FEBIAC en Eurostat

<sup>12</sup> Recyclagepercentages voor batterijrecyclage werden berekend en afgetoetst met de sector.

veronderstellen hier een “closed loop systeem”: de batterij wordt dus eveneens naar recyclage afgevoerd. Voor het gedepollueerde en ontmantelde wrak wordt verondersteld dat dit naar een ‘gemiddelde’ shredderinstallatie gaat. Hiermee bedoelen we een shredderinstallatie die een recyclagegraad bereikt gelijk aan het gemiddelde van alle Belgische shredderinstallaties<sup>13</sup>. De uit het shredderproces gerecupereerde fracties voert men af voor recyclage in gespecialiseerde installaties. Een deel van de materialen van de afgedankte voertuigen zal dus terug beschikbaar zijn voor onze economie.

In de volgende figuren geven we voor de metalen kobalt, lithium en nikkel het grondstofbudget voor Vlaanderen weer.

#### *Leeswijzer figuren*

De oranje balkjes in de figuren geven aan hoeveel (in ton) van het specifiek metaal we enkel in Vlaanderen nodig hebben voor de productie en het gebruik van dit metaal in personenwagens. We geven de hoeveelheden weer voor de verschillende scenario's en telkens voor de jaren 2025 en 2030.

- De volledige oranje balk geeft weer hoeveel van het betreffende metaal er in totaal nodig is voor de productie en het gebruik van Vlaamse personenwagens.
- Het licht oranje deel van de balk geeft weer hoeveel daarvan primair ontgonnen moet worden.
- Het donker oranje gedeelte geeft weer hoeveel van het metaal zou kunnen teruggewonnen worden met recyclage indien we veronderstellen dat het betreffende metaal dat vrij komt door inzameling en recyclage van afgedankte voertuigen maximaal terug wordt gebruikt in voertuigen. Des te performanter dit recyclageproces in termen van inzameling, sorteren en effectieve terugwinning, des te minder bijkomend primair moet worden ontgonnen.
- De zwarte lijn geeft aan hoeveel van dit specifiek metaal in 2020 in Vlaanderen gebruikt werd (voor alle toepassingen).

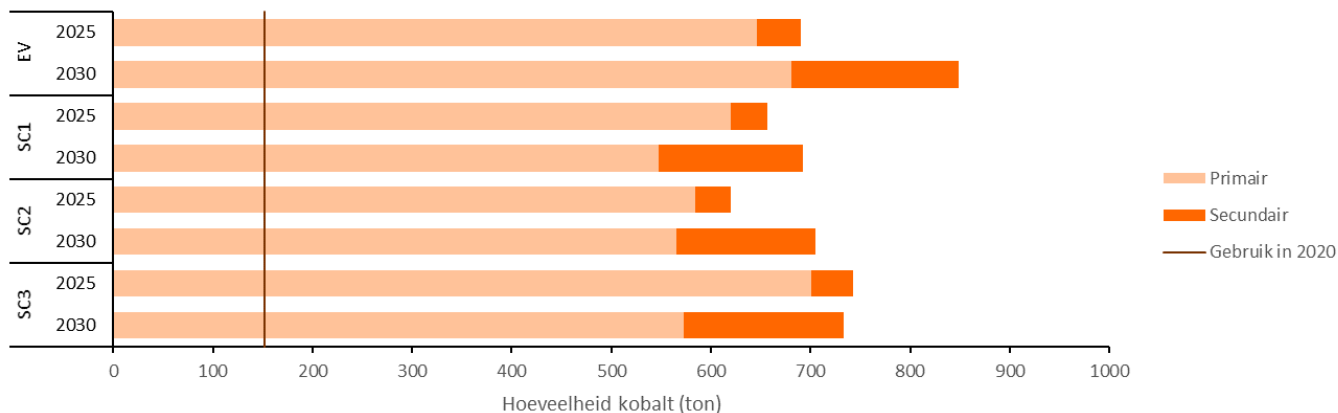
(\*) In realiteit zal de effectief ontgonnen hoeveelheid gerecycleerd materiaal ergens in de donker oranje balk liggen aangezien slechts een deel van de afgedankte voertuigen door het officiële systeem worden ingezameld en gerecycleerd.

(\*\*) Aangezien de metalen kobalt, lithium en nikkel enkel voorkomen in de batterijen van hybride en elektrische voertuigen, en niet in andere onderdelen van een voertuig, veronderstellen we dat deze metalen ook enkel gerecycleerd worden uit afgedankte autobatterijen.

<sup>13</sup> Op basis van literatuurstudie waarvan de resultaten gevalideerd werden door de OVAM.

### 2.2.2.1 Resultaten voor kobalt

#### Grondstofbudget: Kobalt



Figuur 8: Grondstofbudget voor Vlaanderen voor kobalt per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

Bij het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's) zou Vlaanderen in 2030 680 ton gebruiken voor autobatterijen (in de veronderstelling dat de samenstelling van deze batterijen verandert en ze steeds minder Co bevatten<sup>14</sup>). De rest van onze vraag naar kobalt (168 ton) kunnen we invullen met kobalt uit recyclaat.

Doordat in SC3 het wagenpark tot 2026 niet zo drastisch teruggebracht wordt, klimt de vraag naar kobalt voor EV batterijen in dat scenario in 2025 zelfs naar 701 ton.

Ter vergelijking, Vlaanderen trok in 2020 ongeveer 152 ton kobalt, naar zich toe<sup>15</sup>. En dit voor alle toepassingen in Vlaanderen waarvoor dit metaal gebruikt wordt, niet alleen voor batterijen in auto's.

Door in te zetten op meer thuiswerk en autodelen kunnen we onze totale vraag naar kobalt tegen 2030 terugdringen met 14-18 % en meer specifiek de vraag naar kobalt bovenop wat men met recyclage lokaal kan terugwinnen met 16-20 %.

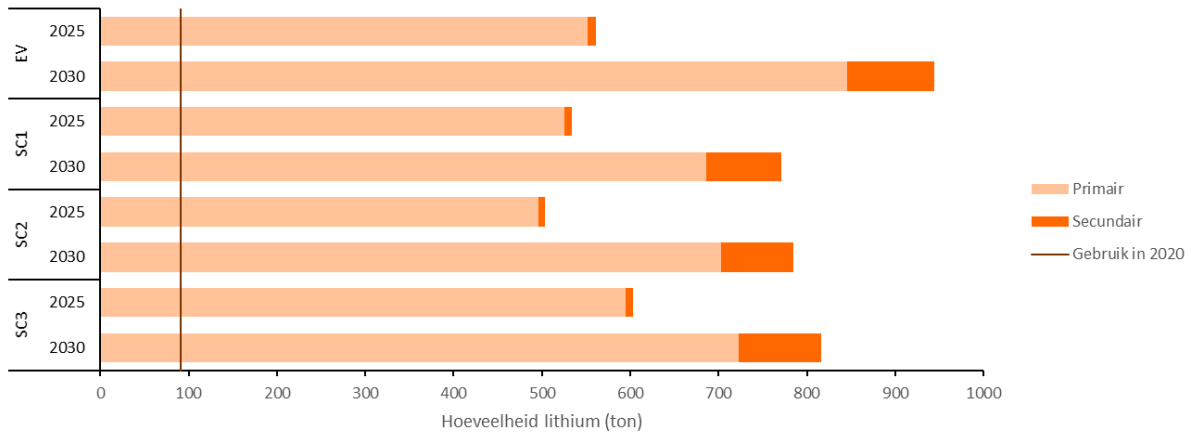
<sup>14</sup> Meer duidelijk in het OVAM- rapport "Toekomstscenario's Vlaamse voertuigenpark – update (2021)"

<sup>15</sup> Bron productie in 2020: USGS, Mineral commodity summaries 2021

Bron EU consumptie: EC, "Study on the EUs list of Critical Raw Materials", 2020

### 2.2.2.2 Resultaten voor lithium

Grondstofbudget: Lithium



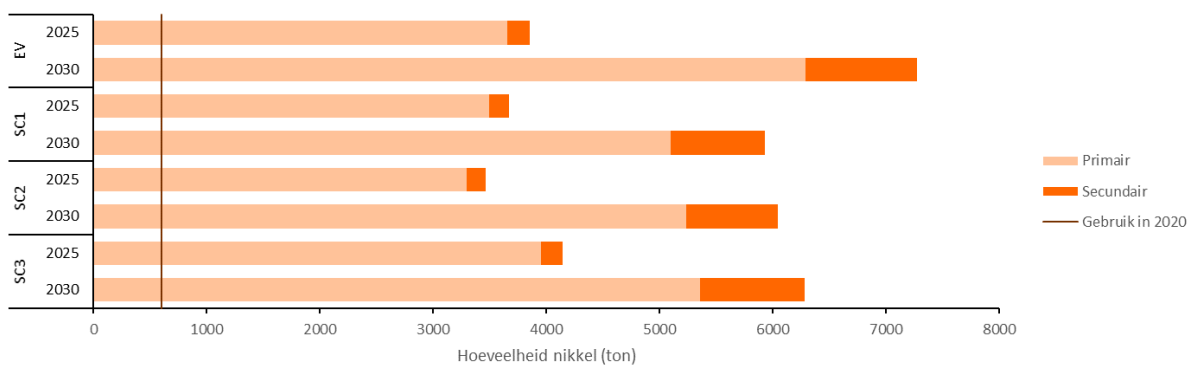
Figuur 9: Grondstofbudget voor Vlaanderen voor lithium per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

Bij het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's) zou Vlaanderen in 2030 846 ton, gebruiken voor autobatterijen. De rest van onze vraag naar lithium (98 ton) kunnen we invullen met lithium uit recyclaat<sup>16</sup>.

Ter vergelijking, Vlaanderen gebruikte in 2020 91 ton lithium, voor alle toepassingen. Door in te zetten op meer thuiswerk en autodelen kunnen we onze totale vraag naar lithium tegen 2030 terugdringen met 14-18 % en meer specifiek de vraag naar lithium bovenop wat men uit recyclage krijgt, reduceren met 15-19 %.

### 2.2.2.3 Resultaten voor nikkel

Grondstofbudget: Nikkel



Figuur 10: Grondstofbudget voor Vlaanderen voor nikkel per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

<sup>16</sup> Op basis van eigen inschatting van recyclagegraad voor Li.

Bij het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's) zou Vlaanderen in 2030 6 294 ton gebruiken voor autobatterijen. De rest van onze vraag naar nikkel (981 ton) kunnen we invullen met nikkel uit recyclaat.

Ter vergelijking, Vlaanderen gebruikte in 2020 603 ton nikkel, voor alle toepassingen<sup>17</sup>.

Door in te zetten op meer thuiswerk en autodelen kunnen we onze totale vraag naar nikkel tegen 2030 terugdringen met 14-18 % en meer specifiek de vraag naar nikkel bovenop wat men lokaal kan recupereren, reduceren met 15-19 %.

### 2.2.3 Materiaalgebruik in een "open loop" systeem (hergebruik en herbestemming)

Met eenzelfde modelleeraanpak, nl. het S&F-model voor voertuigen<sup>18</sup> trachten we de materiaalbehoefte voor personenvervoer in Vlaanderen in te schatten. We werken niet meer met een uitsluitend "gesloten systeem" waarbij materialen uit oude voertuigen opnieuw, via recyclage, ingezet worden in nieuwe voertuigen. We voegen de optie toe dat batterijen uit oude (PH)EV-wagens opnieuw ingezet kunnen worden via hergebruik in een EV-wagen of herbestemming in een stationaire toepassing. Dit kan vanaf 2020.

In de literatuur vonden we per leeftijdscategorie het aandeel dat nog naar hergebruik en herbestemming kan. Een deel van de oude (PH)EV-batterijen wordt opnieuw ingezet in een voertuig. Dit is veelal het geval bij een herstelling. Een ander deel gaat naar een andere toepassing (open loop) en wordt ingezet als batterij voor stationaire opslag. Het overige deel gaat naar recyclage.

LEEFTIJD (PH)EV BATTERIJEN	1 – 10 JAAR	11 – 15 JAAR	16 – 20 JAAR	>20 JAAR
Recyclage	2%	33,5%	64%	100%
Reuse in EVs	10%	3,5%	0%	0%
Reuse in SS	88%	63%	36%	0%

Tabel 3 : Percentage van de (PH)EV batterijen dat na einde leven van de wagen hergebruikt of herbestemd worden of naar recyclage gaan bij verschillende leeftijden. Bron: Element Energy, "Batteries on wheels: the role of battery electric cars in the EU power system and beyond - Technical Annex," 2019

De materiaalsamenstelling van batterijen verandert doorheen de jaren. Om te bepalen welke batterijen hergebruikt worden in (PH)EV-wagens en welke herbestemd worden in stationaire toepassingen, gebruiken we de relatieve verhouding van het aantal batterijen dat in het origineel marktjaar zijn ingezet ongeacht de leeftijd van de batterij. Het originele introductiejaar van de batterijen in de (PH)EV's bepaalt immers de samenstelling (en dus het aandeel kobalt, nikkel, enzovoort). Des te meer batterijen er in een bepaald marktjaar ingezet werden, des te hoger de kans dat ze zullen worden hergebruikt of herbestemd. Deze kans is gelijk voor hergebruik in een EV-voertuig of herbestemming in batterijen voor stationaire opslag (EV of SS). Een alternatieve benadering zou zijn om eerst de oudste batterijen naar recyclage te laten gaan en het overige deel in te zetten voor hergebruik en herbestemming. De leeftijd is niet noodzakelijk gecorreleerd aan de

<sup>17</sup> Bron productie in 2020: USGS, Mineral commodity summaries 2021

Bron EU consumptie: EC, "Study on the EUs list of Critical Raw Materials", 2020

<sup>18</sup> Voor meer informatie over dit model verwijzen we naar Bijlage A, alsook naar het OVAM-rapport "Toekomstscenario's Vlaamse voertuigenpark – update (2021)"

resterende batterijcapaciteit. Doordat deze gegevens niet opgenomen zijn in het model werd deze benadering niet gevolgd. Hierdoor wordt dezelfde filosofie als in alle andere berekeningen gevolgd.

Zodra de batterij aan een tweede leven begint, wordt eveneens gewerkt met een weibull verdeling die inschat wanneer ook dit tweede leven ten einde zal komen. Twee parameters, "schaal" en "vorm", bepalen de precieze kansverdeling. De waardes die we aannemen verschilt voor beide hergebruikstrajecten:

- Voor hergebruik in een EV-voertuig worden dezelfde parameterwaardes verondersteld als voor EV-voertuigen met een nieuwe batterij. Dat wil zeggen: de schaalparameter krijgt de waarde 11,98 en de vormparameter ligt op 2,011<sup>19</sup>. Voertuigen gaan dus gemiddeld mee voor een periode van 12 jaar.
- Voor herbesteding in een stationaire toepassing worden volgende parameterwaardes verondersteld: schaal is 12,5 en vorm is 10<sup>20</sup>. Concreet betekent dit dat de batterijen voornamelijk terugkomen in de periode tussen 8 en 15 jaar na inzet in een stationaire toepassing.

Verder wordt er verondersteld dat alle batterijen uit (PH)EV-voertuigen die eindeleven worden in Vlaanderen, in Vlaanderen blijven om hergebruikt, herbested dan wel gerecycleerd te worden.

Er worden ook (PH)EV-wagens uitgevoerd. Deze materialen verlaten bijgevolg de Belgische economie. We namen de assumpties over van FEBIAC, dat onderscheid maakt tussen de B2C en de B2B markt. In de B2B markt worden auto's meestal voor een periode van 5 jaar geleased. Na deze leaseperiode worden de wagens vaak uitgevoerd naar het buitenland. Zo veronderstellen we dat 75 % van deze (PH)EV-voertuigen, en 50 % van de EV-voertuigen uitgevoerd wordt na afloop van het leasecontract (gewone hybride wagens, HEVs, volgen dezelfde exportregels als die voor conventionele wagens). Alle particuliere (B2C) wagens blijven wel in Vlaanderen.

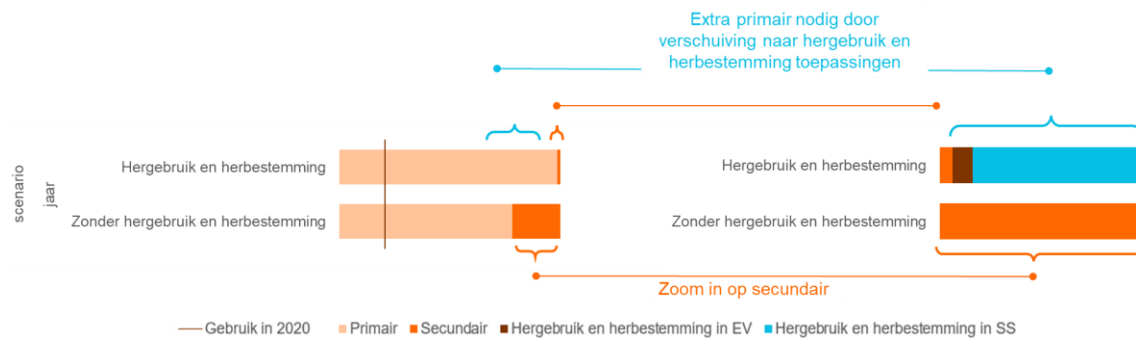
In de volgende figuren geven we voor de metalen kobalt, lithium en nikkel het grondstofbudget voor Vlaanderen weer wanneer hergebruik en herbesteding ook meegenomen wordt in de analyse.

---

<sup>19</sup> Deels eigen berekening, deels bron: Kollie Z., Dupont-Kieffer, A., Hivert, L.; "Car survival in a national fleet: a non-parametric approach based on French data"; World conference on Transport Research Society. 12<sup>th</sup> World Conference on Transport Research; Jul 2010; Lisbonne, Portugal; 17p, 2010

<sup>20</sup> Eigen inschatting na bevraging bij experts en stakeholders

## Leeswijzer figuren



### 1. Figuur links

De oranje balkjes in de figuren geven aan hoeveel (in ton) van het specifiek metaal we enkel in Vlaanderen nodig hebben voor de productie en het gebruik van dit metaal in personenwagens. We geven de hoeveelheden weer voor de verschillende scenario's en telkens voor de jaren 2025 en 2030.

- De volledige oranje balk geeft weer hoeveel van het betreffende metaal er in totaal nodig is voor de productie en het gebruik van Vlaamse personenwagens.
- Het licht oranje deel van de balk geeft weer hoeveel daarvan primair ontgonnen moet worden.
- Het donker oranje gedeelte geeft weer hoeveel van het metaal zou kunnen teruggewonnen worden met recyclage indien we veronderstellen dat het betreffende metaal dat vrij komt door inzameling en recyclage van afgedankte voertuigen maximaal terug wordt gebruikt in voertuigen. Des te performanter dit recyclageproces in termen van inzameling, sorteren en effectieve terugwinning, des te minder bijkomend primair moet worden ontgonnen.
- De zwarte lijn geeft aan hoeveel van dit specifiek metaal in 2020 in Vlaanderen gebruikt werd (voor alle toepassingen).

We vergelijken steeds het materiaalgebruik tussen een closed loop systeem (enkel recyclage) en een open loop waar een deel van de batterijen uit oude (PH)EV-voertuigen hergebruikt worden in nieuwe elektrische voertuigen ("EV") of herbestemd worden in stationaire toepassingen ("SS").

### 2. Figuur rechts

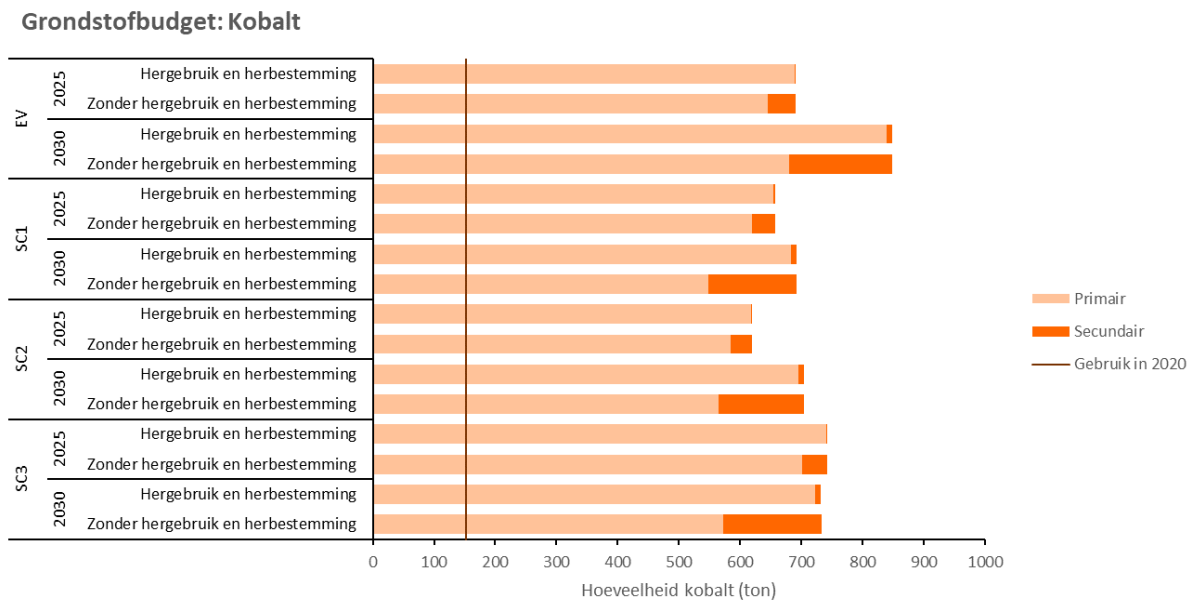
De rechtse figuur zoomt in op het materiaalgebruik in een tweede leven ofwel "secundair gebruik". In een closed loop systeem wordt gerecycleerd metaal gebruikt voor de productie van nieuwe batterijen. In een "open loop" systeem daarentegen wordt de levensduur van een deel van de batterijen verlengd, waardoor er minder gerecycleerde metalen ingezet kunnen worden voor de productie van nieuwe batterijen (donker oranje). Men zal in de overgangperiode dus meer aanspraak moeten maken op primair metaal. De hoeveelheden metaal die "vastzitten" in hergebruikte batterijen in voertuigen worden weergegeven in het bruin. De hoeveelheden metaal die worden ingezet in een andere toepassing, stationaire opslag, worden weergegeven in het blauw.

(\* In realiteit zal de effectief ontgonnen hoeveelheid gerecycleerd materiaal ergens in de donker oranje balk liggen aangezien slechts een deel van de afgedankte voertuigen door het officiële systeem worden ingezameld en gerecycleerd.

(\*\*) Aangezien de metalen kobalt, lithium en nikkel enkel voorkomen in de batterijen van hybride en elektrische voertuigen, en niet in andere onderdelen van een voertuig, veronderstellen we dat deze metalen ook enkel gerecycleerd worden uit afgedankte autobatterijen.



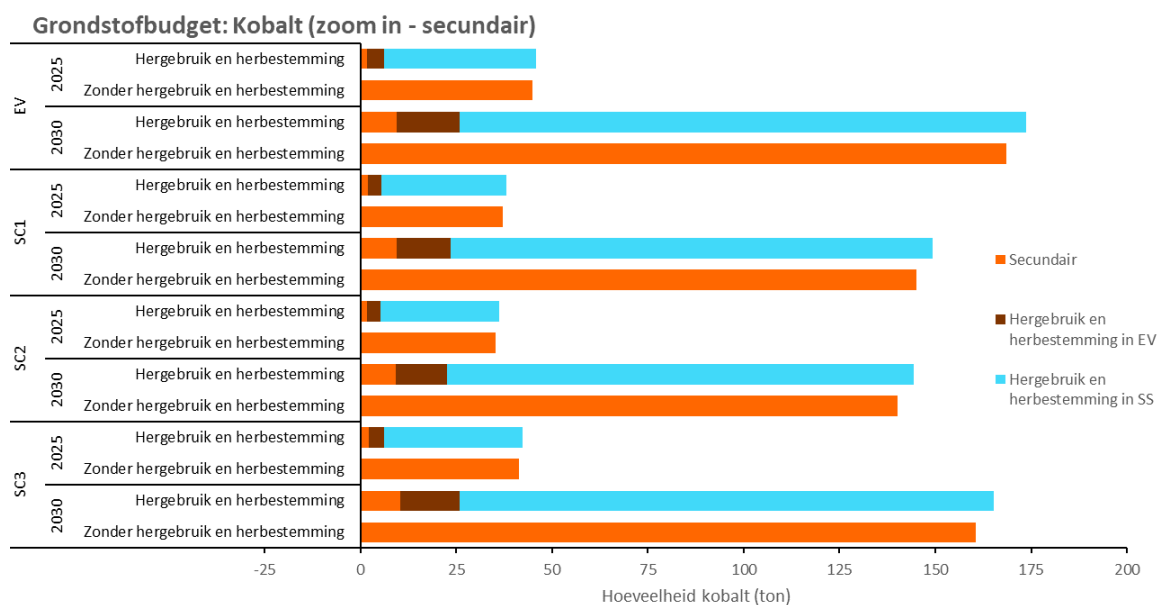
### 2.2.3.1 Resultaten voor kobalt



Figuur 11: Vergelijking grondstofbudget voor Vlaanderen tussen een closed loop (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop (met hergebruik en herbestemming) systeem voor kobalt per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

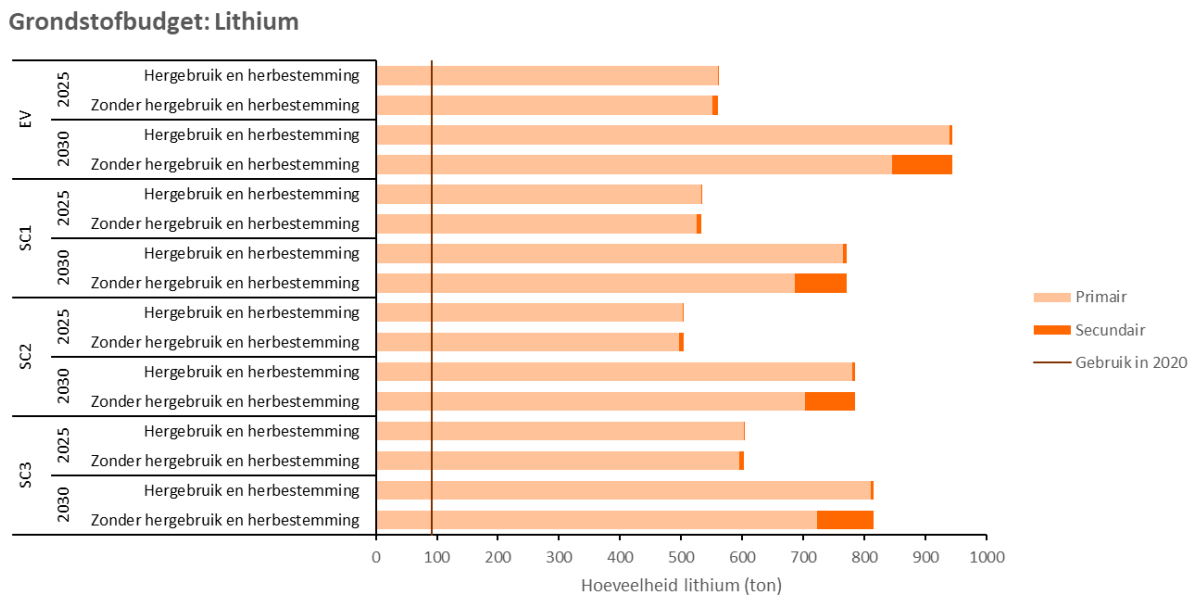
In een systeem met hergebruik en herbestemming van batterijen uit oude (PH)EV-voertuigen heeft men in 2030 in het EV-scenario 159 ton extra primair kobalt nodig doordat men minder materiaal beschikbaar heeft uit recyclage. In SC1 en SC2 zou dat neerkomen op 135 respectievelijk 131 ton. In SC3 waar de omslag naar een kleiner voertuigenpark pas later gebeurt, zou er nog 150 ton primair kobalt extra nodig zijn, wil men batterijen hergebruiken in EV's en herbestemmen in batterijen voor stationaire opslag.

Als we inzoomen op het gebruik van secundaire materialen, zou in het EV-scenario in 2030 168 ton kobalt uit recyclage ingezet kunnen worden in nieuwe batterijen ("zonder hergebruik en herbestemming"). Echter, het totaal aantal ton kobalt dat ingezet wordt in een tweede leven zijnde hergebruik, herbestemming of recyclage, is groter ("hergebruik en herbestemming"). Het zou uitkomen op 174 ton waarvan 148 ton vervat zit in batterijen die instaan voor stationaire opslag, 16 ton opnieuw gebruikt wordt in EV-voertuigen en 9 ton dat na recyclage gebruikt kan worden voor de productie van nieuwe batterijen.



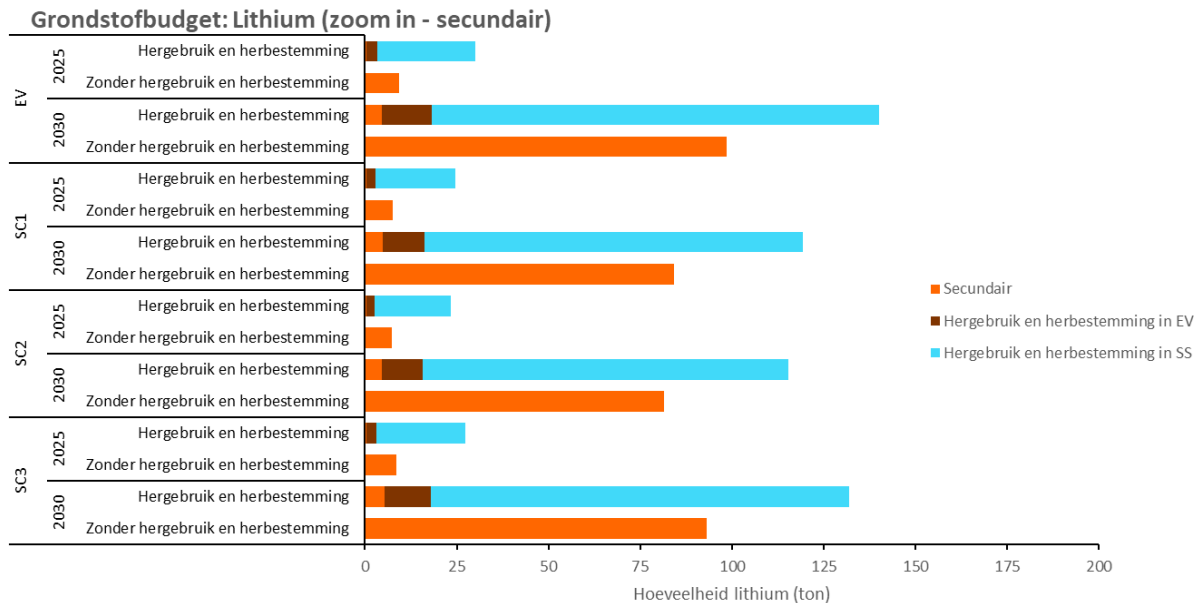
Figuur 12: Vergelijking secundair gebruik kobalt voor Vlaanderen tussen een closed loop systeem (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop systeem (met hergebruik en herbestemming) per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

### 2.2.3.2 Resultaten voor lithium



Figuur 13: Vergelijking grondstofbudget voor Vlaanderen tussen een closed loop systeem (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop systeem (met hergebruik en herbestemming) voor lithium per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

In een systeem met hergebruik en herbestemming van batterijen uit oude (PH)EV-voertuigen heeft men in 2030 in het EV-scenario 94 ton extra primair lithium nodig doordat men minder materiaal beschikbaar heeft uit recyclage. In SC1 en SC2 zou dat neerkomen op 79 respectievelijk 77 ton. In SC3 waar de omslag naar een kleiner voertuigenpark pas later gebeurt, zou er nog 88 ton primair lithium extra nodig zijn, wil men batterijen hergebruiken in EV's en herbestemmen in batterijen voor stationaire opslag.



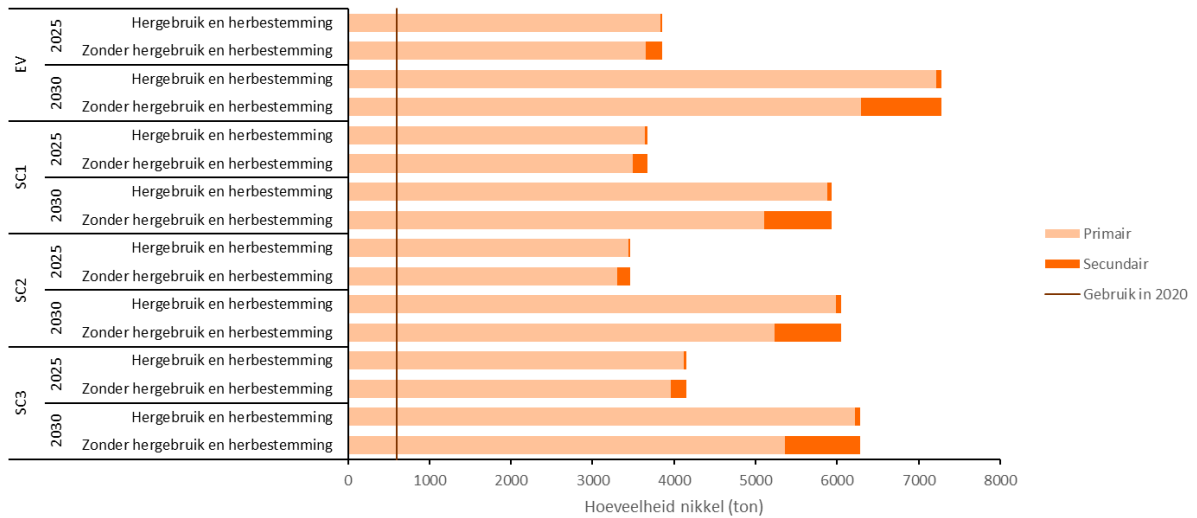
Figuur 14: Vergelijking secundair gebruik lithium voor Vlaanderen tussen een closed loop systeem (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop systeem (met hergebruik en herbestemming) per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

Als we inzoomen op het gebruik van secundaire materialen, zou in het EV-scenario in 2030 98 ton lithium uit recyclage ingezet kunnen worden in nieuwe batterijen (“zonder hergebruik en herbestemming”). Echter, het totaal aantal ton lithium dat ingezet wordt in een tweede leven zijnde hergebruik, herbestemming of recyclage (“hergebruik en herbestemming”), is groter. Het zou uitkomen op 140 ton waarvan 122 ton vervat zit in batterijen die instaan voor stationaire opslag, 14 ton opnieuw gebruikt wordt in EV-voertuigen en 5 ton dat na recyclage gebruikt kan worden voor de productie van nieuwe batterijen.

Het verschil tussen “hergebruik en herbestemming” en “zonder hergebruik en herbestemming” is groot omdat nog niet alle recyclageprocessen lithium terugwinnen uit de batterijen. Ook ligt de efficiëntie nog laag (ruwweg 30 % in 2025 en 70 % 2030). Bijgevolg is de “winst” die je genereert door recyclage uit te stellen tot op het moment dat de recyclage van lithium efficiënter zal zijn. Er zal op termijn dus meer lithium kunnen teruggewonnen worden dan wanneer een closed loop systeem zou worden toegepast.

### 2.2.3.3 Resultaten voor nikkel

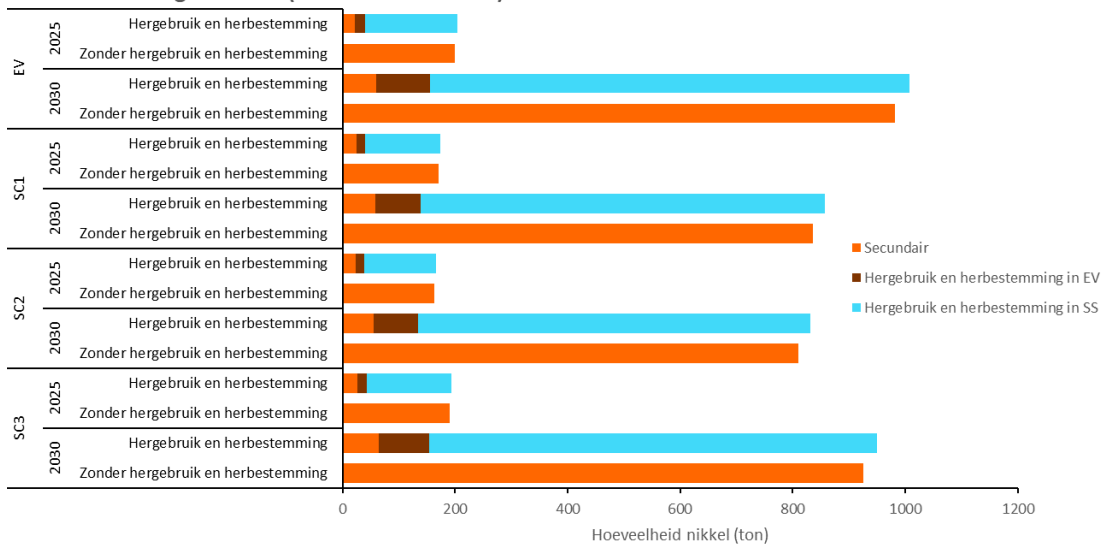
#### Grondstofbudget: Nikkel



Figuur 15: Vergelijking grondstofbudget voor Vlaanderen tussen een closed loop systeem (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop systeem (met hergebruik en herbestemming) voor nikkel per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

In een systeem met hergebruik en herbestemming van batterijen uit oude (PH)EV-voertuigen heeft men in 2030 in het EV-scenario 921 ton extra primair nikkel nodig doordat men minder materiaal beschikbaar heeft uit recyclage. In SC1 en SC2 zou dat neerkomen op 778 respectievelijk 754 ton. In SC3 waar de omslag naar een kleiner voertuigenpark pas later gebeurt, zou er nog 861 ton primair nikkel extra nodig zijn, wil men batterijen hergebruiken in EV's en herbestemmen in batterijen voor stationaire opslag.

#### Grondstofbudget: Nikkel (zoom in - secundair)



Figuur 16: Vergelijking secundair gebruik nikkel voor Vlaanderen tussen een closed loop systeem (zonder hergebruik en herbestemming) en een open loop systeem (met hergebruik en herbestemming) per scenario en voor de jaren 2025 en 2030

Als we inzoomen op het gebruik van secundaire materialen, zou in het EV-scenario in 2030 981 ton nikkel uit recyclage ingezet kunnen worden in nieuwe batterijen (“zonder hergebruik en herbestemming”). Echter, het totaal aantal ton nikkel dat ingezet wordt in een tweede leven zijnde hergebruik, herbestemming of recyclage (“hergebruik en herbestemming”), is groter. Het zou uitkomen op 1 008 ton waarvan 853 ton vervat zit in batterijen die instaan voor stationaire opslag, 96 ton opnieuw gebruikt wordt in EV-voertuigen en 60 ton dat na recyclage gebruikt kan worden voor de productie van nieuwe batterijen.

## 2.3 BESLUIT

Deze studie werd uitgevoerd in navolging van de CE Center studie (2019) “Impact of Circular Economy on achieving the climate targets: case mobility” waar scenario’s voor personenvervoer werden opgesteld die de klimaatdoelstelling zouden halen, én de daaropvolgende OVAM-rapporten (2020 en 2021) “Toekomstscenario’s Vlaamse voertuigenpark” die met behulp van stock & flow modellering de materiaalimpact uitrekende van deze scenario’s.

In een traject samen met de sectorfederaties FEBIAC en Febelauto werden nieuwe scenario’s opgesteld en doorgerekend die in staat zijn te voldoen aan de klimaatdoelstelling en zonder al te veel beslag te leggen op materialen zoals kobalt, lithium en nikkel. Deze scenario’s gaan steeds uit van een versnelde introductie van de volledig elektrische wagen. Ook dalen de voertuigkilometers in Vlaanderen met ~12 %, zoals beoogd in het VEKP. Daarnaast worden er door thuis- en telewerk, dat een boost kende tijdens de covid 19 pandemie en nadien een blijver bleek, minder woon-werk kilometers afgelegd. Tot slot wordt de bezettingsgraad van personenwagens opgetrokken door de opmars van autodelen na 2025. De drie scenario’s die uitgewerkt werden verschillen in de mate waarin autodelen en thuiswerken opgepikt wordt, en de snelheid waarmee het wagenpark krimpt.

De materiaalimpact van deze nieuwe scenario’s werd vergeleken met het “EV” scenario dat opgesteld werd door FEBIAC. Het scenario gaat uit van (verstrengde) EU CO<sub>2</sub>-doelen en de inzet op een geleidelijke uitfasering van niet-emissievrije wagens. Voor kobalt, lithium en nikkel, realiseren de nieuwe scenario’s tegen 2030 een 15-20 % reductie in materiaalvraag ten opzichte van het EV-scenario waar het wagenpark aangroeit en sterk elektrificeert.

Als we ook de optie meenemen dat batterijen uit oude (PH)EV-voertuigen hergebruikt zouden worden in nieuwe EV-voertuigen dan wel herbestemd in batterijen die dienen voor stationaire opslag, zien we dat de hoeveelheid ingezet secundair materiaal in de economie nog verhoogd kan worden. Dit heeft wel als consequentie dat er bij de aanvang van de omslag in het systeem meer primair materiaal nodig is om aan onze transportvraag te voldoen. De metalen zitten immers langer vervat in een functionele toepassing waardoor bij het begin van de omslag naar een meer circulair systeem, minder materiaal vrijkomt via recyclage voor de productie van nieuwe toepassingen zoals batterijen. Op langere termijn heeft het langer in gebruik houden van materiaal echter een positief effect op het totale materiaalgebruik. Tijdens het recycleren van materialen is er immers steeds een verlies aan materiaal. Hoe minder recyclagecycli er zijn, hoe lager dit verlies.

## 3 MILIEU-IMPACTANALYSE VAN HERBESTEMMING VAN EV-BATTERIJEN IN STATIONAIRE TOEPASSINGEN

### 3.1 INTRODUCTIE

In een Circulaire Economie worden materialen en producten zo lang mogelijk in de waardeketen gehouden. De levenscyclus van de producten wordt verlengd waardoor het gebruik van materialen en de productie van afval tot een minimum wordt beperkt. Hierdoor wordt de milieu-impact die hieraan verbonden is, gereduceerd. Het samenwerkingsverband tussen de Europese Commissie en sectororganisaties uit de waardeketen van batterijen heeft zich als doel gesteld om een duurzame en circulaire waardeketen voor batterijen in Europa tot stand te brengen. Op deze manier willen ze de overgang naar een koolstof neutrale samenleving bevorderen. Kringloopontwerpen wordt als een van de objectieven vooropgesteld, met als doel het ontwerp en het gebruik van materialen in batterijen te evalueren vanuit het oogpunt van hergebruik, herstel en recyclagemogelijkheid.

In dit onderzoek wordt nagegaan of wordt voldaan aan een van de basisdoelen van circulaire economie, namelijk het reduceren van de milieu-impact verbonden aan productie en consumptie.

Het onderwerp van dit onderzoek is het vergelijken van de milieu-impact verbonden aan het herbestemmen van een EV-batterij in batterijen voor stationaire toepassing met een nieuwe batterij voor dezelfde toepassing. Er wordt voor dit onderzoek een aanpak gevolgd die de principes van een levenscyclusanalyse volgt, maar met beperktere diepgang. Daarom wordt geopteerd om niet de term LCA-analyse, maar wel milieu-impact analyse te gebruiken in dit onderzoek. In het volgende hoofdstuk worden nog wel de verschillende standaardstappen overlopen zoals gebruikelijk is bij een LCA-analyse.

### 3.2 DOEL EN REIKWIJDTE VAN DE ANALYSE

#### 3.2.1 Definitie van het doel van de analyse

##### Reden van het onderzoek

De transitie naar een duurzaam energiesysteem is volop aan de gang. Het gebruik van batterijen voor energieopslag maakt hier integraal deel van uit. Het herbestemmen van EV-batterijen, die einde leven zijn voor wat betreft hun gebruik in voertuigen (zowel qua hergebruik als remanufacturing), lijkt hierbij een goede circulaire toepassing. Het doel van dit onderzoek voor OVAM is om inzicht te krijgen in de milieu-impact die verbonden is aan de herbestemming van EV-batterijen in batterijen voor stationaire toepassingen ten opzichte van het gebruik van nieuwe batterijen voor dezelfde toepassing.

##### Doelpubliek van het resultaat

Het doelpubliek voor dit onderzoek is in de eerste plaats OVAM om hen te ondersteunen bij het nemen van beslissingen over het herbestemmen van EV-batterijen in batterijen voor stationaire toepassingen.

Belangrijk is om hierbij te vermelden dat ISO 14040/44 bepaalde beperkingen oplegt aan de communicatie van vergelijkingen aan een breder publiek. Aangezien dit onderzoek geen LCA-analyse volgens ISO 14040/44

betreft, moet hieraan niet voldaan worden. We raden aan om bij eventuele communicatie over de resultaten van dit onderzoek, de aannames en randvoorwaarden zoals ook opgenomen in dit rapport, te vermelden.

### 3.2.2 Bepalen van de reikwijdte van de analyse

#### Onderwerp van het onderzoek

In dit onderzoek wordt de milieu-impact verbonden aan de herbestemming van een elektrisch voertuig (EV)-batterij in een batterij voor een stationaire toepassing, ook wel Energy Storage System (ESS) genoemd, vergeleken met de milieu-impact van een nieuwe batterij voor dezelfde toepassing.

#### Aanpak

Het effect van het herbestemmen van EV-batterijen in batterijen voor stationaire toepassingen op de economie is moeilijk in te schatten omdat deze markt momenteel volop in ontwikkeling is. Hierdoor is het aandeel EV-batterijen dat wordt herbestemd in batterijen voor stationaire toepassingen momenteel beperkt. Ook voor de toekomst zijn er een aantal zaken die een invloed zullen hebben op deze herbestemming. Naast de onzekerheid over de beschikbaarheid van EV-batterijen voor herbestemming in stationaire toepassingen zijn er nog andere uitdagingen die deze vorm van herbestemming in de weg staan.

Voor deze eerder verkennende vergelijking van de milieu-impact wordt een vereenvoudigde aanpak gevolgd om het verschil verbonden aan de herbestemming van EV-batterijen in batterijen voor stationaire toepassing ten opzichte van een nieuw batterij voor eenzelfde toepassing te analyseren. De specifieke aannames die worden gemaakt worden weergegeven in Tabel 4. Gegevens in *italic* werden berekend, om te voldoen aan de vooropgestelde voorwaarden qua energielevering door de herbestemde batterij.

	<b>Nieuwe batterij</b>	<b>Herbestemming batterij</b>
Type battery	LFP-G	NMC622-G
Nominal capacity when new (kWh)	120.9	120.7
Battery mass (kg)	493.8	756.1
Resterende capaciteit bij ingebruikname ESS (%)	98 %	80 %
Resterende capaciteit bij einde gebruik als ESS (%)	80 %	<i>64.0 %</i>
Kalender veroudering (%)	0.0025 %	0.0025 %
Cyclus veroudering bi DoDmax (%)	0.0027 %	0.0019 %
Cycli/day	0.55	0.55
DoDmax	80 %	<i>71 %</i>
Efficiëntie bij ingebruikname ESS (%)	98 %	95 %
Efficiëntieverlies (aanname liniair) over 5 years (%)	5 %	5 %

Tabel 4: Aannames batterij-parameters

Functionele eenheid

De functionele eenheid moet de functie, die het te onderzoeken product vervult, omvatten. De volgende functionele eenheid werd gekozen:

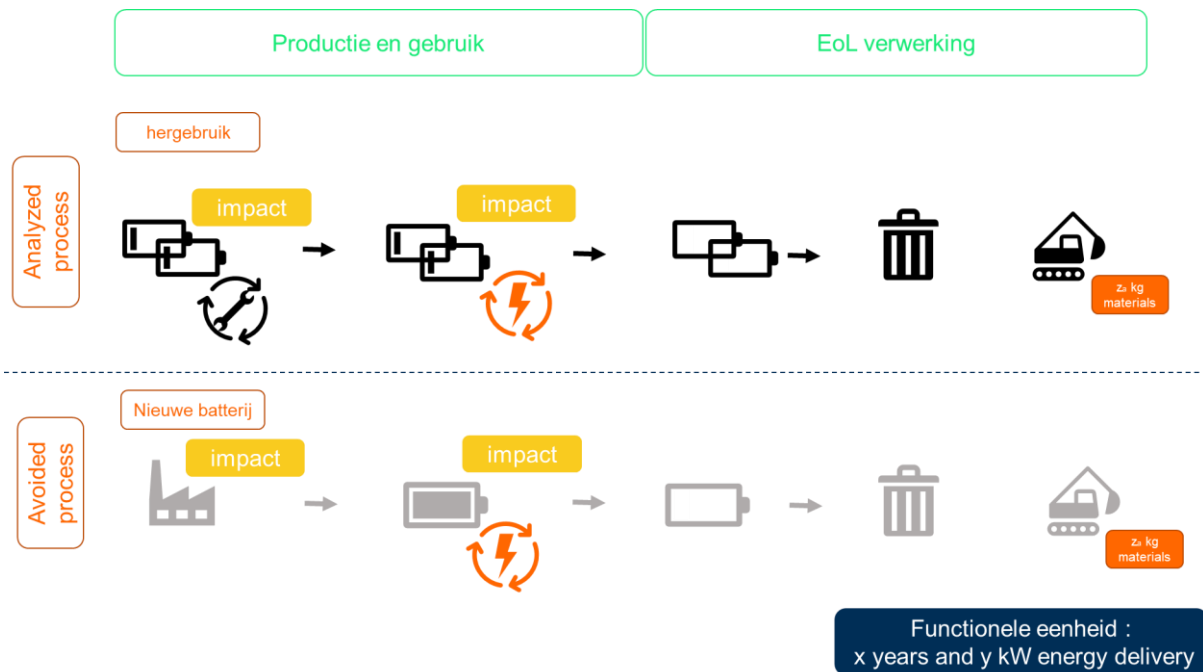
‘De hoeveelheid elektriciteit die kan worden geleverd door een nieuwe LFP-batterij voor stationaire toepassing, waarbij de aannames zoals weergegeven in Tabel 5 worden gevolgd.’

Aantal gebruiksjaren	12,4
Hoeveelheid elektriciteit geleverd (kWh)	358 650

Tabel 5: Functionele eenheid

Systeemgrenzen

De studie werd uitgevoerd vanaf het beschikbaar komen van de einde-leven EV-batterij. Deze batterij komt vrij van impact ter beschikking voor gebruik in een stationaire toepassing. Dit wil zeggen data de milieu-impact verbonden aan de productie en gebruik tijdens het eerste leven, volledig wordt toegekend aan dit eerste leven. De impact verbonden aan het gebruiksklaar maken voor de nieuwe toepassing alsook de impact verbonden aan het gebruik en de einde-leven verwerking ervan na gebruik in de stationaire toepassing wordt mee in rekening gebracht. Voor de nieuwe batterij wordt zowel de productie, het gebruik alsook de einde-leven verwerking in beschouwing genomen. Onderstaande figuur geeft hiervan een overzicht.



Figuur 17: Schematisch overzicht van de systeemgrenzen gebruikt in deze analyse



### De milieu-impactcategorieën en methodes

Tijdens de impactanalyse wordt het belang van potentiële milieu-impacts geëvalueerd op basis van de resultaten van de levenscyclus inventarisatie.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de Environmental Footprint-methode. Deze methode is gebaseerd op de ILCD-methode, die is voorgeschreven in de Product Environmental Footprint (PEF) Guide (Europese Commissie, 2012), en werd ontwikkeld in het Environmental Footprint initiatief van de Europese Commissie.

#### **Geografische dekking**

Deze studie heeft betrekking op de voorbereiding voor herbestemming in een stationaire toepassing, transport, gebruik en recyclage bij einde leven van EV-batterijen enerzijds en de productie, transport, gebruik en recyclage bij einde leven van een nieuwe batterij voor stationaire toepassing in Vlaanderen anderzijds. Voor het verlies van elektriciteit door het gebruik van de batterij wordt gebruik gemaakt van de Belgische elektriciteitsmix. In een gevoeligheidsanalyse wordt nagegaan wat de invloed hiervan op het resultaat is. Voor de achtergrondgegevens wordt de Europese mix (chemicaliën, vervoer, enz.) gebruikt in de analyse.

#### **Periode**

Dit is een prospectieve studie in die zin dat het de bedoeling is de milieueffecten te berekenen en vergelijken van de voorbereiding voor herbestemming in stationaire toepassing, transport, gebruik en recyclage bij einde leven van EV-batterijen enerzijds met de productie, transport gebruik en recyclage bij einde leven van een nieuwe batterij voor stationaire toepassing anderzijds op basis van beschikbare gegevens uit de literatuur. De analyse gebeurt dus niet op basis van een concrete al bestaande situatie. De voorgrondgegevens (directe impact verbonden aan de verwerkingstechnieken) betreffen ramingen van de technieken die momenteel nog niet op grote schaal worden toegepast. Het is echter niet de bedoeling een volledig prospectieve milieu-impact analyse te maken van het gehele toekomstige achtergrondsysteem te maken. Daarom wordt de Ecoinvent-database gebruikt voor het achtergrondsysteem (gebruikte hulpstoffen, transport, energiedragers ed.).

#### **Technologische dekking**

In deze studie worden voorgrondgegevens voor de productie, verwerking voor herbestemming in stationaire toepassing en recyclage gebaseerd op literatuur en bestaande modellen. Voor de achtergrondprocessen zoals elektriciteitsproductie, vervoer en productie van hulpstoffen worden gegevens uit de Ecoinvent LCA-database gebruikt.

#### **Consistentie en reproduceerbaarheid**

Alle veronderstellingen die in de loop van het project zijn gemaakt en de beperkingen van het onderzoek worden gerapporteerd. De resultaten van de duurzaamheidsevaluatie worden geïnterpreteerd in overeenstemming met het doel en de reikwijdte.

#### **Bronnen van de gegevens en hun representativiteit**

De gegevens zijn verzameld door VITO voor de beschouwde scenario's.

#### **Variabiliteit en onzekerheid van de informatie en de methoden**

Aangezien deze studie een verkennende milieu-impact analyse betreft, lijkt een onzekerheidsberekening minder relevant (aangezien de onzekerheid hoe dan ook groot is). Om rekening te houden met de grote

onzekerheid worden verschillen in de resultaten alleen als significant beschouwd als ze groter zijn dan een bepaalde drempelwaarde. Deze drempel hangt af van de effectcategorie (Tabel 6). Zelfs met deze voorzorgsmaatregel moeten de resultaten voorzichtig worden geïnterpreteerd. Daarom wordt in de resultaten aangegeven wanneer de onzekerheid naar verwachting groot is. Daarnaast worden gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om het effect van enkele onzekere parameters op de resultaten te beoordelen.

Impact category EF-methode	Classificatie ILCD	Impact category EF	Verskil dat als significant wordt geschouwd <sup>21</sup>
Climate change	I	Climate change	20 %
Ozone depletion	I	Photochemical ozone formation	20 %
Respiratory inorganics	I	Particulate matter	20 %
Eutrophication freshwater	II	Freshwater eutrophication	30 %
Eutrophication marine	II	Marine eutrophication	30 %
Eutrophication terrestrial	II	/	30 %
Photochemical ozone formation, HH	II	Photochemical ozone formation	30 %
Acidification terrestrial and freshwater	II	Acidification	30 %
Ionising radiation, HH	II	Ionising radiation	30 %
Non-cancer human health effects	II/III	Human toxicity	50 %
Cancer human health effects	II/III		
Ecotoxicity freshwater	II/III	Freshwater ecotoxicity	50 %
Resource use, energy carriers	III	Resource use, fossils	50 %
Resource use, mineral and metals	III	Resource use, minerals and metals	50 %
Land use	III	Land use	50 %
Water scarcity	III	Water use	50 %
/	/	Terrestrial ecotoxicity	50 %
/	/	Marine ecotoxicity	50 %

Tabel 6: Significantieniveaus

Bij de bespreking van de resultaten van de gekarakteriseerde individuele profielen is het van belang te weten of een proces (of een levenscyclusfase) al dan niet een significante bijdrage levert aan een milieueffectcategorie. Daarvoor wordt het ISO-kader (ISO 14044 - Bijlage B) gebruikt. Volgens ISO 14044 bijlage B kan het belang van de bijdragen worden ingedeeld in percentages. De rangschikkingscriteria die gebruikt worden zijn:

- A: bijdrage > 50 %: belangrijkste, aanzienlijke invloed;
- B: 25 % < bijdrage ≤ 50 %: zeer belangrijk, relevante invloed;
- C: 10 % < bijdrage ≤ 25 %: tamelijk belangrijk, enige invloed;
- D: 2,5 % < bijdrage ≤ 10 %: weinig belangrijk, geringe invloed;
- E: bijdrage < 2,5 %: niet belangrijk, te verwaarlozen invloed.

<sup>21</sup> The difference between techniques that is considered as significant depends on the ILCD classification. Differences are assumed to be significant for level I categories (recommended and satisfactory) if they are at least 20%, for level II categories (recommended but in need of some improvements) if they are at least 30% and for level III categories (recommended, but to be applied with caution) if they are at least 50%. These ranges are based on our own judgement.

### 3.3 LEVENSCYCLUS GEGEVENS INVENTARISATIE

#### 3.3.1 Batterij voor stationaire toepassing



Figuur 18: Schematische voorstelling van de verschillende stappen verbonden aan het gebruik van een nieuwe batterij voor stationaire toepassing

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de aannames die gebruikt worden in de analyse. Achtereenvolgens wordt een overzicht gegeven over de samenstelling van de batterijen, de transportafstand en -modi die verondersteld worden, de impacts verbonden aan het gebruik van de batterij en tot slot de hoeveelheid materiaal die beschikbaar komt en de respectievelijke verwerking ervan bij einde leven.

Onderdelen	Gewicht	Ecoinvent-record
<b>Manufacturing of 1 cell (in g)</b>		
Positive Electrode Materials (dry)	745.1	Cathode LFP Cathode NMC 622 – 1 g
Negative Electrode Materials (dry)	357.1	Anode - BatPac - Graphite (excl. anode and cell yield) Anode – BatPac – Graphite - 1g Synthetic graphite 0.95 g Polyvinylfluoride {GLO}  market for   Cut-off, U 0.05 g Water, ultrapure {RER}  market for water, ultrapure   Cut-off, U 1.2 g
Positive current collector (aluminum foil)	60.6	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U Sheet rolling, aluminium {GLO}  market for   Cut-off, U
Negative current collector (copper foil)	144.6	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U Sheet rolling, copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Separators	10.4	separator - PP/PE/PP Separator – PP/PE – 1 g 0.66 g Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U 0.33 g Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U 1 g Extrusion, plastic film {GLO}  market for   Cut-off, U
Electrolyte	380.3	electrolyte LiPF6 (EC_MEC) electrolyte LiPF6 (EC_MEC) – 1g 0.12 Lithium hexafluorophosphate {GLO}  market for   Cut-off, U 0.88 Ethylene carbonate {GLO}  market for   Cut-off, U
Positive terminal assemblies	7.9	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U
Negative terminal assemblies	26.3	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U
Cell Containers	35.9	Equal shares of

		Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}  market for   Cut-off, U Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U
Electricity for cell manufacturing (kWh)	29.9	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U
<b>Manufacturing of 1 module (in g)</b>		
Manufacturing of cells	32 367	(18 cells in 1 module)
Module state-of-charge regulator assembly	72.0	Electronics, for control units {GLO}  market for   Cut-off, U
Module terminal mass (total, 2-cm conductors,80% copper)	133.7	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Total mass of aluminum heat conductors or thermal enclosures	949.9	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U
Total mass of polymer spacers for gas release	9.3	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO}  market for   Cut-off, U
Module enclosure	342.5	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, U
<b>Manufacturing of 1 battery pack (in kg)</b>		
Manufacturing of modules	813	(20 modules in 1 battery)
Battery coolant mass within jacket	10.4	Ethylene glycol {GLO}  market for   Cut-off, U
Battery jacket	43.5	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U
Module inter-connect	4.0	Cable, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U
Module compression plates and steel straps	6.8	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, U
Both battery pack terminals	0.3	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Battery pack heaters	0.2	Resistor, surface-mounted {GLO}  market for   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects)	4.0	BMS (Battery Management System)
Electricity for battery pack assembly (kWh)	22.7	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U

Tabel 7: Samenstelling van 1 EV batterij type LFP, met een nominale capaciteit wanneer nieuw van 120,9 kWh. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

<b>Transport to user (in km)</b>		
Ship	10 000	Transport, freight, sea, container ship {GLO}  market for transport, freight, sea, container ship   Cut-off, U
Truck	50	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U

Tabel 8: Transport naar gebruiker van een batterij type LFP. Bron : Gebaseerd op eigen aannames.

<b>Use in stationary application</b>		
Cooling system (kg)	4.8	Cooling system

Tabel 9: Gebruik koelsysteem en energieverlies tijdens gebruik van een batterij type LFP. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

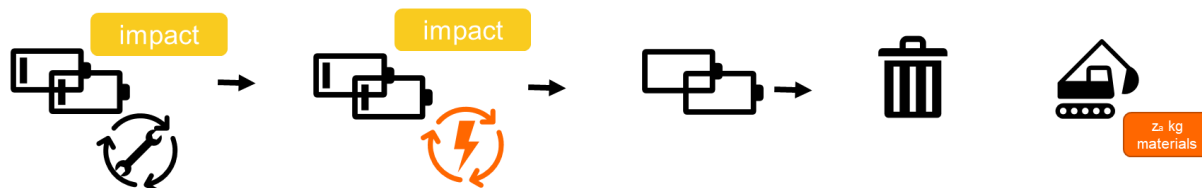
<b>Transport to end of life (in km)</b>		
Truck	100	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U

Tabel 10: Transport naar einde leven verwerking van een batterij type LFP. Bron : Gebaseerd op eigen aannames.

<b>Dismantling of 1 battery pack and recycling of some components (in kg)</b>		
Battery coolant to hazardous waste incineration	10.40	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration   Cut-off, U
Battery jacket to recycling	83.91	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  production   Cut-off, U – 95 % Waste plastic, mixture {RoW}  treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration   Cut-off, U – 5 %
Module inter-connect to recycling	6.60	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U Copper {GLO}  market for   Cut-off, U – 66 % RR
Module compression plates and steel straps to recycling	13.40	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Both battery pack terminals to recycling	0.53	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Battery pack heaters to waste incineration	0.20	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - steel	3.27	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - copper	1.19	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - rest	1.75	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
<b>Hydrometallurgy (in kg)</b>		
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - aluminium	-0.02	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - lithium	-19.44	Lithium carbonate {GLO}  production, from concentrated brine   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - copper	-0.06	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U

Tabel 11: Verwerking en recyclage bij einde leven van batterijen van een batterij type LFP. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

### 3.3.2 Herbestemming EV-batterij



Figuur 19: Schema verschillende stappen voor herbestemming van EV batterij

In onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de aannames die gebruikt worden in de analyse. Achtereenvolgens wordt een overzicht gegeven over de samenstelling van de batterijen, de transportafstand en -modi die verondersteld worden, de impacts verbonden aan het gebruik van de batterij en tot slot de hoeveelheid materiaal die beschikbaar komt en de respectievelijke verwerking ervan bij einde leven.

Onderdelen	Gewicht	Ecoinvent-record
<b>Manufacturing of 1 cell (in g)</b>		
Positive Electrode Materials (dry)	543.4	Cathode NMC 622
		Cathode NMC 622 – 1 g LiNi0.6Co0.2Mn0.2O2 0.89 g Carbon black {GLO}  market for   Cut-off, U 0.06g Polyvinylfluoride {GLO}  market for   Cut-off, U 0.05g N-methyl-2-pyrrolidone {GLO}  market for   Cut-off, U 0.006g
Negative Electrode Materials (dry)	331.4	Anode - BatPac - Graphite (excl. anode and cell yield)
		Anode – BatPac – Graphite - 1g Synthetic graphite 0.95 g Polyvinylfluoride {GLO}  market for   Cut-off, U 0.05 g Water, ultrapure {RER}  market for water, ultrapure   Cut-off, U 1.2 g
Positive current collector (aluminum foil)	27.0	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U Sheet rolling, aluminium {GLO}  market for   Cut-off, U
Negative current collector (copper foil)	64.6	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U Sheet rolling, copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Separators	4.7	separator - PP/PE/PP
		Separator – PP/PE – 1 g 0.66 g Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U 0.33 g Polyethylene, high density, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U 1 g Extrusion, plastic film {GLO}  market for   Cut-off, U
Electrolyte	168.8	electrolyte LiPF6 (EC_MEC)
		electrolyte LiPF6 (EC_MEC) – 1g 0.12 Lithium hexafluorophosphate {GLO}  market for   Cut-off, U 0.88 Ethylene carbonate {GLO}  market for   Cut-off, U
Positive terminal assemblies	4.2	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U
Negative terminal assemblies	13.9	Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U

		Equal shares of Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}  market for   Cut-off, U Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U Polypropylene, granulate {GLO}  market for   Cut-off, U
Cell Containers	13.5	
Electricity for cell manufacturing (kWh)	30.0	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U
<b>Manufacturing of 1 module (in g)</b>		
Manufacturing of cells	21 627	(18 cells in 1 module)
Module state-of-charge regulator assembly	72.0	Electronics, for control units {GLO}  market for   Cut-off, U
Module terminal mass (total, 2-cm conductors,80% copper)	121.7	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Total mass of aluminum heat conductors or thermal enclosures	331.6	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U
Total mass of polymer spacers for gas release	9.3	Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO}  market for   Cut-off, U
Module enclosure	174.0	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, U
<b>Manufacturing of 1 battery pack (in kg)</b>		
Manufacturing of modules	536	(20 modules in 1 battery)
Battery coolant mass within jacket	6.1	Ethylene glycol {GLO}  market for   Cut-off, U
Battery jacket	24.9	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U
Module inter-connect	3.7	Cable, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U
Module compression plates and steel straps	2.4	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, U
Both battery pack terminals	0.3	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Battery pack heaters	0.2	Resistor, surface-mounted {GLO}  market for   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects)	4.0	BMS (Battery Management System)
Electricity for battery pack assembly (kWh)	14.8	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U

Tabel 12: Samenstelling van 1 EV batterij type NMC 622, met een nominale capaciteit wanneer nieuw van 120,9 kWh. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

Onderdelen	Gewicht	Ecoinvent-record
<b>Dismantling of 1 battery pack and recycling of some components (in kg)</b>		
Battery coolant to hazardous waste incineration	6.07	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration   Cut-off, U
Battery jacket to recycling	48.04	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  production   Cut-off, U – 95 % Waste plastic, mixture {RoW}  treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration   Cut-off, U – 5%
Module inter-connect to recycling	6.01	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U
Module compression plates and steel straps to recycling	4.84	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Both battery pack terminals to recycling	0.48	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Battery pack heaters to waste incineration	0.20	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - steel	3.27	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - copper	1.19	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - rest	1.75	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
<b>Thermal treatment of modules</b>		
Thermal treatment with recovery of cobalt, nickel - cobalt	-0.94	Cobalt {GLO}  production   Cut-off, U
Thermal treatment with recovery of cobalt, nickel - nickel	-0.01	Nickel, 99.5% {GLO}  nickel mine operation, sulfidic ore   Cut-off, U
<b>Hydrometallurgy</b>		
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - aluminium	-0.00054	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - lithium	-1.15	Lithium carbonate {GLO}  production, from concentrated brine   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - copper	-0.0031	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U

Tabel 13: Materiaal naar recyclage tijdens voorbereiding voor herbestemming van een batterij type NMC 622. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.



Onderdelen	Gewicht	Ecoinvent-record
<b>Materials for repurposing of 1 battery pack (in kg)</b>		
Battery coolant mass within jacket	6.1	Ethylene glycol {GLO}  market for   Cut-off, U – 50 % Water, deionised {Europe without Switzerland}  market for water, deionised   Cut-off, U – 50 %
Battery jacket	24.9	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for   Cut-off, U – 95 % Polyurethane, flexible foam {RER}  production   Cut-off, U – 5 %
Module inter-connect	3.7	Cable, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U
Module compression plates and steel straps	2.4	Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {GLO}  market for   Cut-off, U
Both battery pack terminals	0.3	Copper {GLO}  market for   Cut-off, U - 75% Aluminium oxide, metallurgical {IAI Area, EU27 & EFTA}  market for aluminium oxide, metallurgical   Cut-off, U – 25 %
Battery pack heaters	0.2	Resistor, surface-mounted {GLO}  market for   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects)	4.0	BMS (Battery Management System)
		<p>BMS 1 kg Printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free {GLO}  market for   Cut-off, U 0.089 kg IBIS 0.48 kg</p> <p>IBIS (Integrated Battery Interface ) 1 kg Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer {GLO}  market for   Cut-off, U 2.0 E-4 kg Printed wiring board, through-hole mounted, unspecified, Pb free {GLO}  market for   Cut-off, U 1.1 E-1 kg Integrated circuit, logic type {GLO}  market for   Cut-off, U 1.75E-5 kg Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U 8.54E-1 kg Electric connector, wire clamp {GLO}  production   Cut-off, U 2.1 E-2 kg Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}  market for   Cut-off, U 6.8 E-3 kg Nylon 6 {RER}  market for nylon 6   Cut-off, U 1.9 E-3 kg Brass {CH}  market for brass   Cut-off, U 5.7 E-3 kg Metal working, average for steel product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 8.5 E-3 Injection moulding {GLO}  market for   Cut-off, U 8.8 E-3 kg Casting, brass {GLO}  market for   Cut-off, U 5.7 E-3 kg</p> <p>Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U 3.0 E-3 kg Metal working, average for steel product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 3.0 E-3 kg</p> <p>High voltage system 3.0 E-1 High voltage system 1 kg Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U 1.4 E-3 kg Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 &amp; EFTA}  market for   Cut-off, U 1.2E-1 kg</p>

		<p>Nylon 6-6 {RER}  market for nylon 6-6   Cut-off, U 4.4E-2 kg  Synthetic rubber {GLO}  market for   Cut-off, U 3.6E-2 kg  Polyethylene terephthalate, granulate, amorphous {GLO}  market for   Cut-off, U 5.7E -2 kg  Copper {GLO}  market for   Cut-off, U 2.71 E-1 kg  Polyphenylene sulfide {GLO}  market for   Cut-off, U 3.2E-2 kg  Tin {GLO}  market for   Cut-off, U 1.6E-2 kg  Cable, ribbon cable, 20-pin, with plugs {GLO}  market for   Cut-off, U 4.55E-1 kg  Metal working, average for steel product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 1.4E-3 kg  Metal working, average for aluminium product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 1.2E-1 kg  Injection moulding {GLO}  market for   Cut-off, U 1.4E-1 kg  Metal working, average for copper product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 2.71E-1 kg  Metal working, average for metal product manufacturing {GLO}  market for   Cut-off, U 1.6E-2 kg</p> <p>Low voltage system 1.3 E-1  Low voltage system 1 kg  Nylon 6-6 {RER}  market for nylon 6-6   Cut-off, U 3.0 E-2 kg  Electronic component, passive, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U 9.7E-1 kg  Injection moulding {GLO}  market for   Cut-off, U 3.0 E-2 kg</p>
Electricity for battery pack assembly (kWh)	14.8	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U
<b>Repurposing process</b>		
Electricity to evaluate (SoH): complete charge/discharge cycle for each module (kWh)	120.94	Electricity, medium voltage {GLO}  market group for   Cut-off, U

Tabel 14: Materialen nodig bij het voorbereiden van herbestemming van een batterij type NMC 622. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

<b>Transport to user (in km)</b>		
Truck	50	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U

Tabel 15: Transport naar gebruiker van een batterij type NMC 622. Bron : Gebaseerd op eigen aannames.

<b>Reuse in stationary application</b>		
Cooling system (kg)	9.19	Cooling system
Electricity loss (kWh) <sup>22</sup>	13 204	Electricity, high voltage {BE}  market for   Cut-off, U

Tabel 16: Gebruik koelsysteem en energieverlies tijdens gebruik van een batterij type NMC 622. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

<sup>22</sup> Er werd geopteerd om enkel het verschil in elektriciteitsverlies op te nemen in de analyse

<b>Transport to end of life treatment (in km)</b>		
Truck	100	Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, euro4 {RER}  market for transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO4   Cut-off, U

Tabel 17: Transport naar eindverwerker van een batterij type NMC 622. Bron : Gebaseerd op eigen aannames.

<b>Dismantling of 1 battery pack and recycling of some components</b>		
Battery coolant to hazardous waste incineration	6.069	Hazardous waste, for incineration {Europe without Switzerland}  treatment of hazardous waste, hazardous waste incineration   Cut-off, U
Battery jacket to recycling	48.038	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA}  production   Cut-off, U – 95 % Waste plastic, mixture {RoW}  treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration   Cut-off, U – 5 %
Module inter-connect to recycling	6.014	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U Copper {GLO}  market for   Cut-off, U – 66 % RR
Module compression plates and steel straps to recycling	4.837	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Both battery pack terminals to recycling	0.483	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Battery pack heaters to waste incineration	0.200	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - steel	3.271	Steel, chromium steel 18/8 {RER}  steel production, electric, chromium steel 18/8   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - copper	1.188	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U
Pack integration unit (BMS & disconnects) to recycling - rest	1.748	Municipal solid waste {RoW}  treatment of, incineration   Cut-off, U
<b>Thermal treatment of modules</b>		
Thermal treatment with recovery of cobalt, nickel - cobalt	18.815	Cobalt {GLO}  production   Cut-off, U
Thermal treatment with recovery of cobalt, nickel - nickel	-0.255	Nickel, 99.5 % {GLO}  nickel mine operation, sulfidic ore   Cut-off, U
<b>Hydrometallurgy</b>		
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - aluminium	-0.011	Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, new, at refiner   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - lithium	-23.090	Lithium carbonate {GLO}  production, from concentrated brine   Cut-off, U
Hydrometallurgical treatment with recovery of copper, aluminium, lithium carbonate - copper	-0.026	Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining   Cut-off, U

Tabel 18: Verwerking en recyclage bij einde leven van een batterij type NMC622. Bron : Gebaseerd op Greet 2 model en BATPAC, informatie verzameld door VITO in het kader van het H2020 project CIRCUSOL en eigen aannames.

## 3.4 RESULTAAT MILIEU-IMPACTANALYSE

In wat volgt worden de vergelijkende milieuprofielen voor de twee verschillende opties weergegeven. Deze vergelijking wordt voorgesteld en besproken voor een selectie van impactcategorieën die voor deze studie de meest relevante zijn. Dit zijn de categorieën klimaatverandering (climate change), emissie van fijn stof (particulate matter formation), ecotoxiciteit, zoet water (ecotoxicity, fresh water), fossiele brandstoffen (fossil fuel depletion) en de gewogen impact (weighted impact).

### 3.4.1 Klimaatverandering

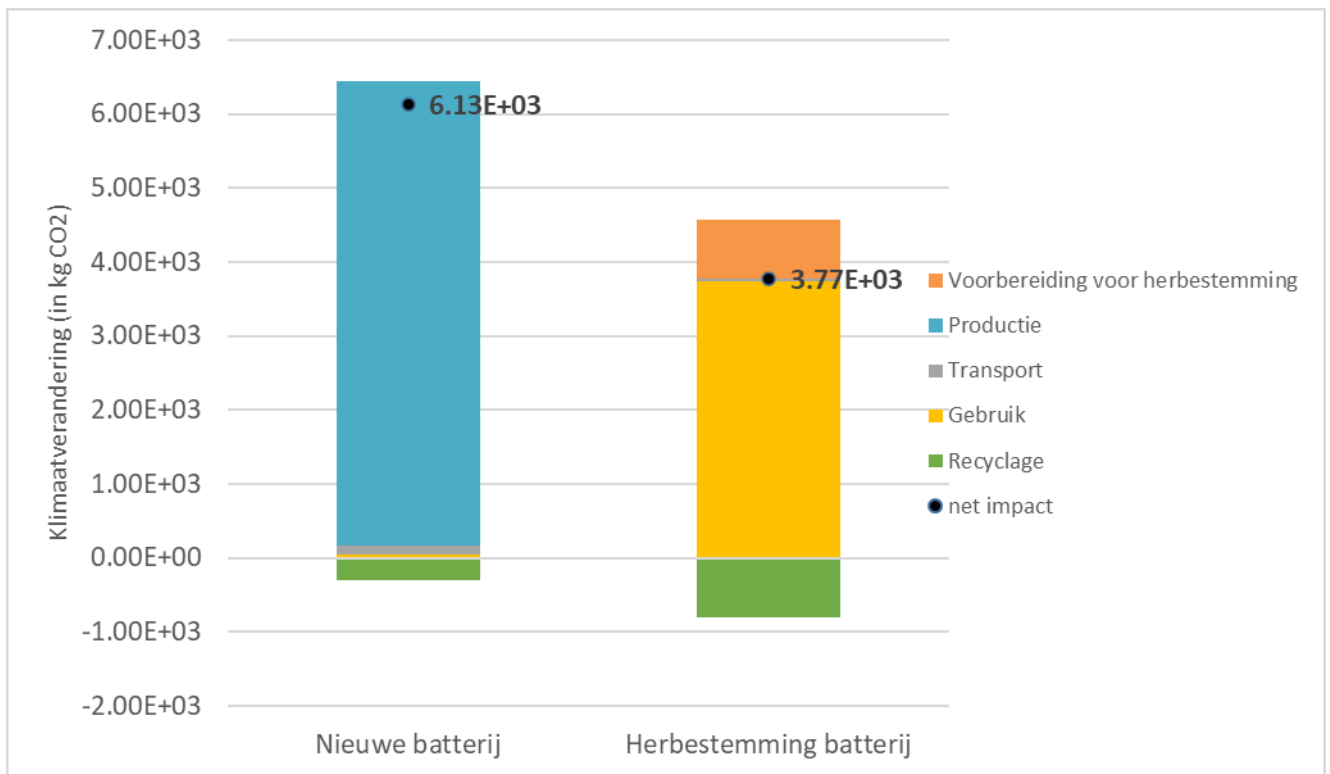
Voor de impactcategorie “klimaatverandering” veroorzaken beide systemen een netto-impact. De impact verbonden aan een herbestemde batterij is significant lager dan deze van een nieuwe batterij.

Deze impact wordt voornamelijk (82 % van de impact) veroorzaakt door de herbestemming als stationaire batterij en is nagenoeg volledig te wijten aan het hogere verlies aan elektriciteit ten opzichte van een nieuwe batterij. Bij de nieuwe batterij wordt de impact nagenoeg volledig (98 % van de impact) veroorzaakt door de productie van een nieuwe batterij (productie). De impact wordt voornamelijk veroorzaakt door het elektriciteitsverbruik tijdens het productieproces. Maar ook de productie van het kathode-materiaal heeft een belangrijke invloed op de totale impact.

In kg CO <sub>2</sub>	Nieuwe batterij	Herbestemming batterij
Transport	1.06E+02 <sup>23</sup>	4.75E+01
Vorbereiding voor herbestemming		7.99E+02
Productie	6.28E+03	
Gebruik	5.23E+01	3.73E+03
Recyclage	-3.07E+02	-8.10E+02
<b>Net impact</b>	<b>6.13E+03</b>	<b>3.77E+03</b>

Tabel 19: Impacts voor klimaatverandering per fase in de levenscyclus

<sup>23</sup> Wetenschappelijke notatie voor een macht van 10



Figuur 20: Impacts voor klimaatverandering per fase in de levenscyclus

### 3.4.2 Fijn stof

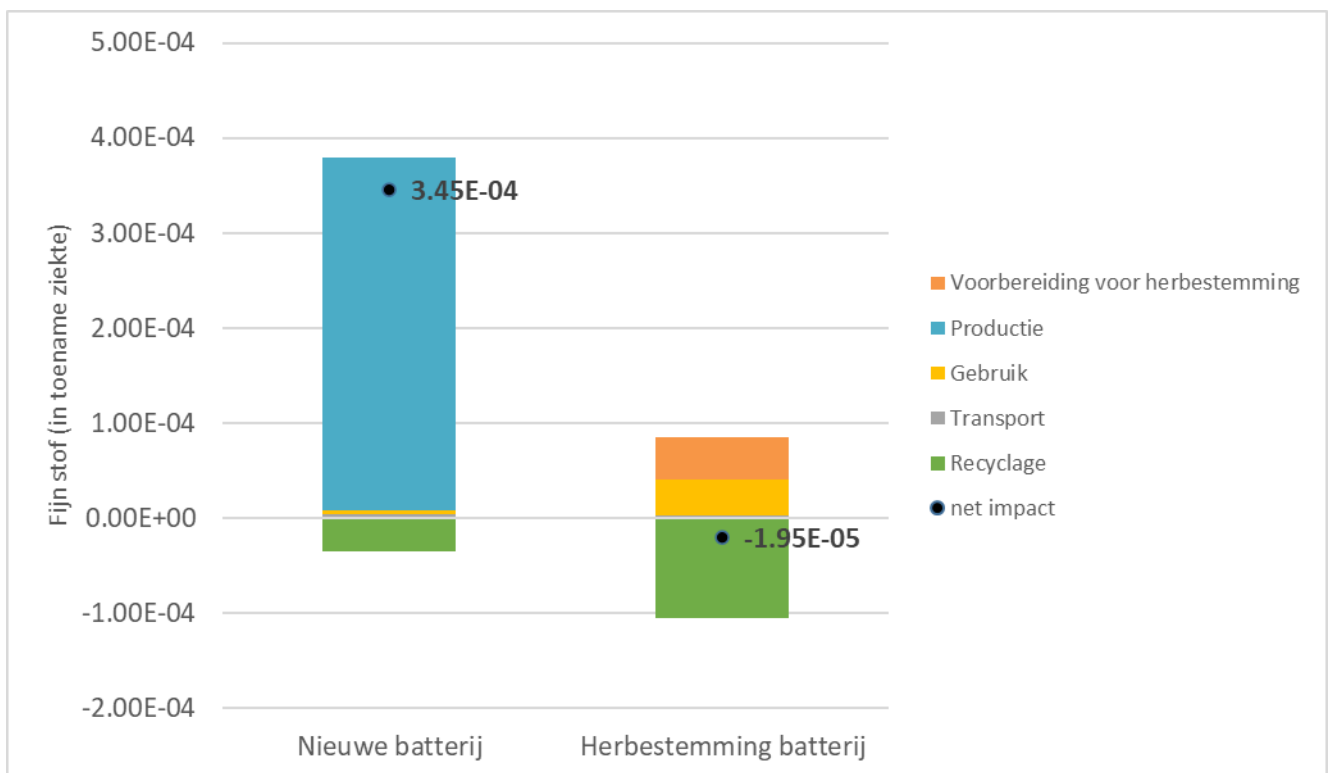
Voor de impactcategorie “emissie van fijn stof”, heeft het systeem met een nieuwe batterij een netto-impact, en dit met een herbestede batterij heeft een negatieve impact of een vermeden impact. Het verschil tussen beide is significant.

Bij de herbesteding in een batterij voor stationaire toepassing wordt deze impact voornamelijk veroorzaakt door het klaarmaken voor herbesteding in een stationaire toepassing (52 %). Dit komt voornamelijk door het materiaal dat nodig is voor het opnieuw samenstellen van de batterij. De impact die hieraan verbonden is, is hoger dan de vermeden impact door recyclage van de teruggewonnen materialen in deze stap. Ook de herbesteding van de batterij zelf veroorzaakt een significant deel van de impact (44 %) en is nagenoeg volledig te wijten aan het hogere verlies aan elektriciteit ten opzichte van een nieuwe batterij. Deze impacts worden gecompenseerd door vermeden impacts bij de recyclage, waardoor er een vermeden impact ontstaat.

Bij de nieuwe batterij wordt de impact vooral veroorzaakt door de productie van de batterij (98 %). Zowel de productie van het kathode-materiaal als de elektriciteit nodig tijdens het productieproces hebben een relevante impact. De productie van koperfolie voor de anode collector veroorzaakt een tamelijk belangrijke impact.

In disease inc.	Nieuwe batterij	Herbestemming batterij
Transport	4.72E-06	3.43E-06
Voorbereiding voor herbestemming		4.41E-05
Productie	3.71E-04	
Gebruik	3.32E-06	3.77E-05
Recyclage	-3.45E-05	-1.05E-04
<b>Net impact</b>	<b>3.45E-04</b>	<b>-1.95E-05</b>

Tabel 20: Impacts voor verbonden aan de emissies van fijnstof per fase in de levenscyclus



Figuur 21: Impacts verbonden aan de emissie van fijnstof per fase in de levenscyclus

### 3.4.3 Ecotoxiciteit, zoet water

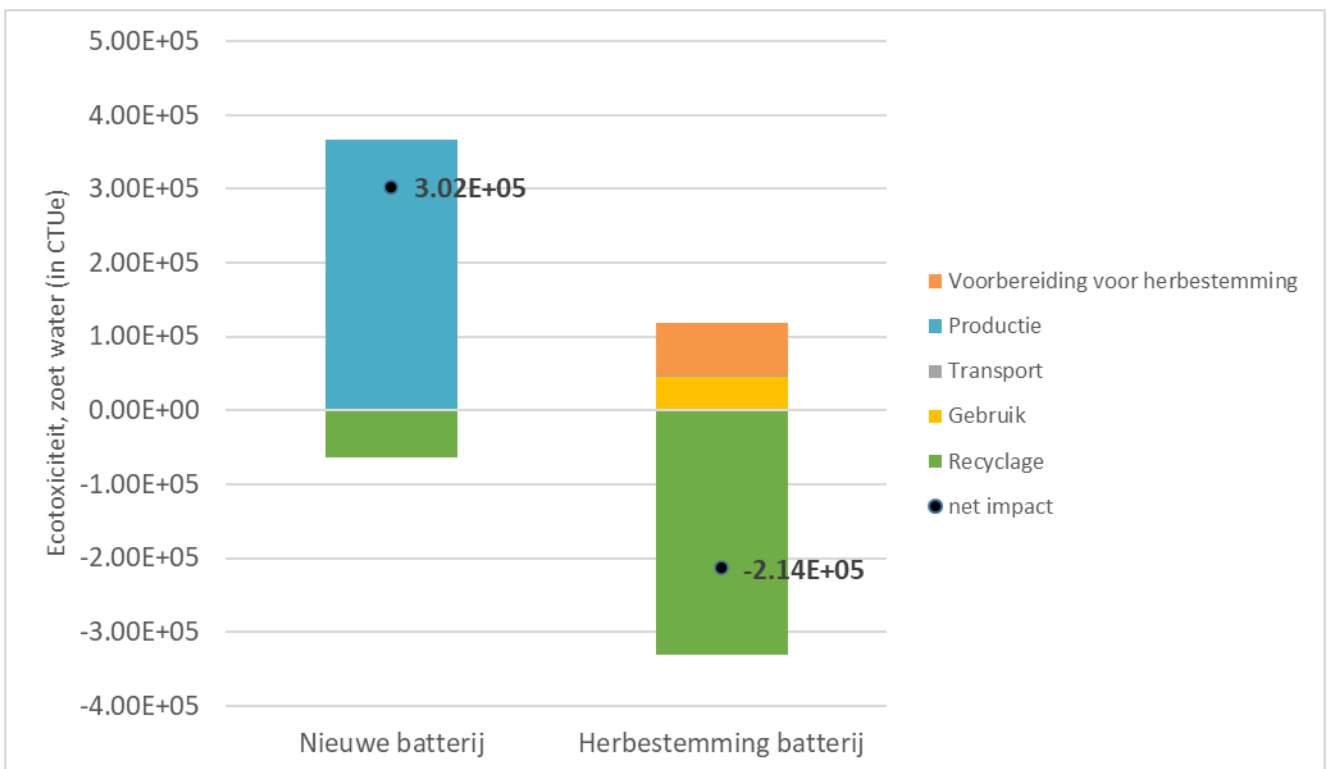
Voor de impactcategorie “Ecotoxiciteit, zoet water”, heeft het systeem waarbij een nieuwe batterij wordt gebruikt een netto-impact, terwijl het systeem met een herbestemde batterij een negatieve impact of vermeden impact heeft, en dus significant lager is.

Bij de herbestemde batterij wordt deze impact voornamelijk veroorzaakt door het klaarmaken voor herbestemming in een stationaire toepassing (61 %). De impact hieraan verbonden wordt veroorzaakt door het materiaal dat nodig voor het opnieuw samenstellen van de batterij en is hoger dan de vermeden impact door

recyclage van de teruggewonnen materialen in deze stap. Daarnaast veroorzaakt het hogere verlies aan elektriciteit tijdens gebruik ten opzichte van een nieuwe batterij een relevante impact (39 %). Deze impacts worden gecompenseerd door vermeden impacts bij de recyclage, waardoor er een vermeden impact ontstaat. Bij de nieuwe batterij wordt de impact vooral veroorzaakt door de productie van de batterij (99 %). De productie van koperfolie voor de anode collector veroorzaakt een relevante impact. Het gebruik van elektriciteit tijdens het productieproces heeft een tamelijk belangrijke impact.

In CTUe	Nieuwe batterij	Herbestemming batterij
Transport	1.01E+03	5.78E+02
Vorbereiding voor herbestemming		7.14E+04
Productie	3.64E+05	
Gebruik	1.17E+03	4.60E+04
Recyclage	-6.38E+04	-3.32E+05
<b>Net impact</b>	<b>3.02E+05</b>	<b>-2.14E+05</b>

Tabel 21: Impacts voor Ecotoxiciteit, zoet water per fase in de levenscyclus



Figuur 22: Impacts voor Ecotoxiciteit, zoet water per fase in de levenscyclus

### 3.4.4 Grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen

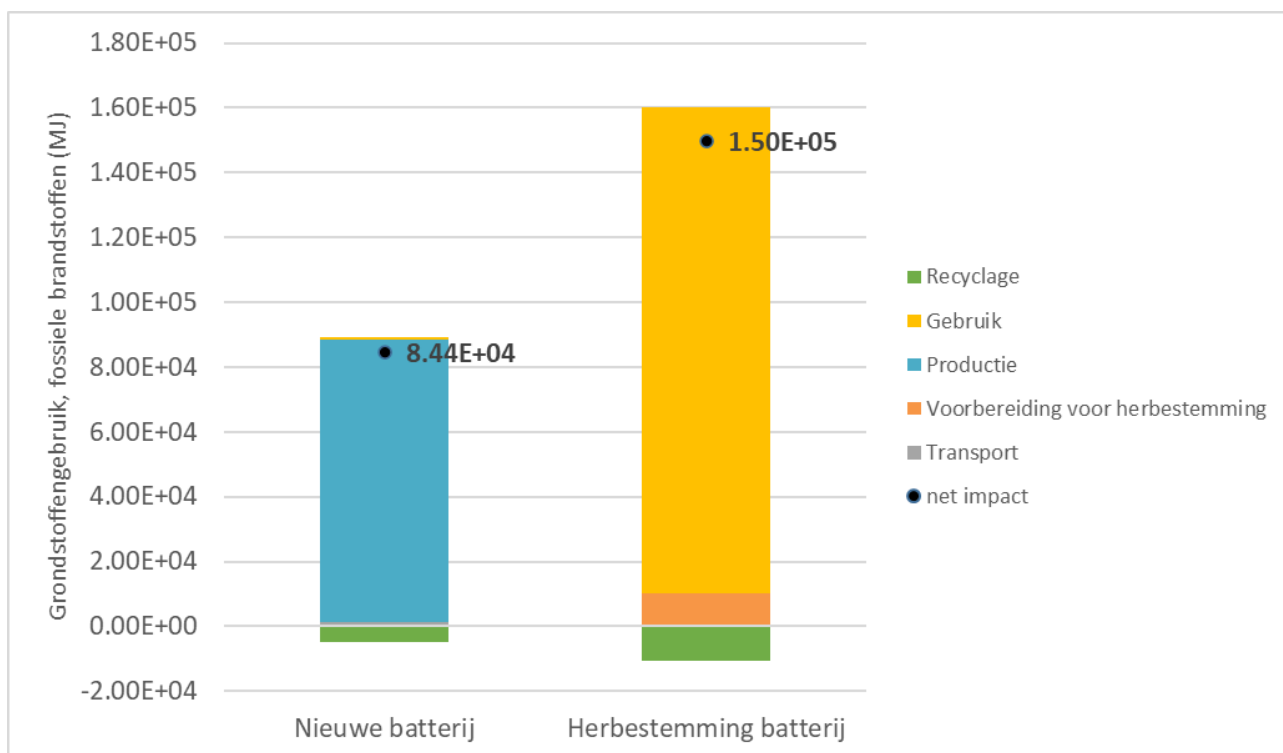
Voor de impactcategorie “grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen” veroorzaken beide systemen een netto-impact, waarbij de impact veroorzaakt door het herbestemmen van een batterij in een stationaire toepassing significant hoger is.

Bij de herbestemde batterij wordt deze impact voornamelijk (94 % van de impact) veroorzaakt door het gebruik omwille van het hogere verlies aan elektriciteit ten opzichte van een nieuwe batterij.

Bij de nieuwe batterij wordt de impact vooral veroorzaakt door de productie van de batterij (98 %). Het gebruik van elektriciteit tijdens het productieproces heeft een relevante impact. Ook de productie van het kathode en anode materiaal alsook de productie van het elektrolyt hebben een tamelijk belangrijke impact.

In MJ	Nieuwe batterij	Herbestemming batterij
Transport	1.44E+03	7.22E+02
Vorbereiding voor herbestemming		9.30E+03
Productie	8.70E+04	
Gebruik	6.52E+02	1.50E+05
Recyclage	-4.68E+03	-1.05E+04
<b>Net impact</b>	<b>8.44E+04</b>	<b>1.50E+05</b>

Tabel 22: Impacts voor grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen per fase in de levenscyclus



Figuur 23: Impacts verbonden aan grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen per fase in de levenscyclus



### 3.4.5 Gewogen impacts

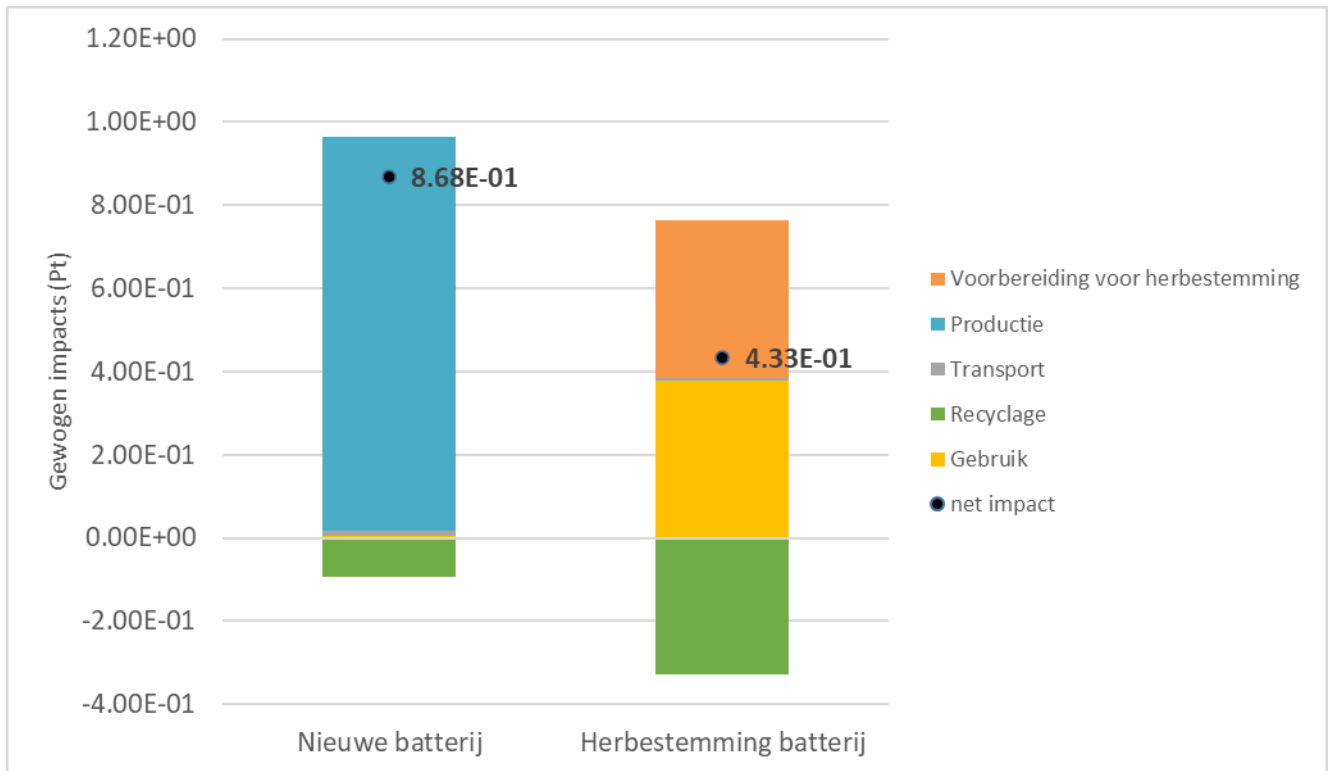
Voor de impactcategorie “gewogen impact” veroorzaken beide systemen een netto-impact. Voor deze impactcategorie is er geen significantieniveau bepaald (zie Tabel 6). Maar als we hier eveneens gebruik maken van het hoogste niveau (50 %), is de impact veroorzaakt door een herbestemde batterij significant lager in vergelijking met een nieuwe batterij.

Bij de herbestemde batterij wordt de impact voornamelijk (50 % van de impact) veroorzaakt door het gebruik van de batterij, door het hogere verlies aan elektriciteit ten opzichte van een nieuwe batterij. Ook het klaarmaken voor herbestemming in een stationaire toepassing veroorzaakt een relevante impact (50%). De impact veroorzaakt door het materiaal nodig voor het hersamenstellen van de batterij is hoger dan de vermeden impact door recyclage van de teruggewonnen materialen in deze stap.

Bij de nieuwe batterij wordt de impact vooral veroorzaakt door de productie van de batterij (98 %). Zowel de productie van het anode collector materiaal als het elektriciteitsgebruik tijdens productie veroorzaken een belangrijke impact. Daarnaast veroorzaken de productie van het kathode materiaal en de “battery pack heaters” een tamelijk belangrijke impact.

In Pt	Nieuwe batterij	Herbestemming batterij
Transport	1.36E-02	4.13E-03
Vorbereiding voor herbestemming		3.80E-01
Productie	9.45E-01	
Gebruik	4.57E-03	3.79E-01
Recyclage	-9.49E-02	-3.30E-01
<b>Net impact</b>	<b>8.68E-01</b>	<b>4.33E-01</b>

Tabel 23: Gewogen impacts per fase in de levenscyclus



Figuur 24: Gewogen impacts per fase in de levenscyclus

### 3.5 RESULTAAT GEVOELIGHEIDSANALYSE

Om de invloed van bepaalde aannames die een relevante impact hebben op het resultaat na te gaan werd een gevoeligheidsanalyse gedaan. Deze analyse werd gedaan voor 2 aannames. Zo is de impact van de efficiëntie bij ingebruikname van de herbestemde batterij onzeker. In deze gevoeligheidsanalyse werd nagegaan wat de invloed op het resultaat is als deze zakt van 95 % naar 90 %.

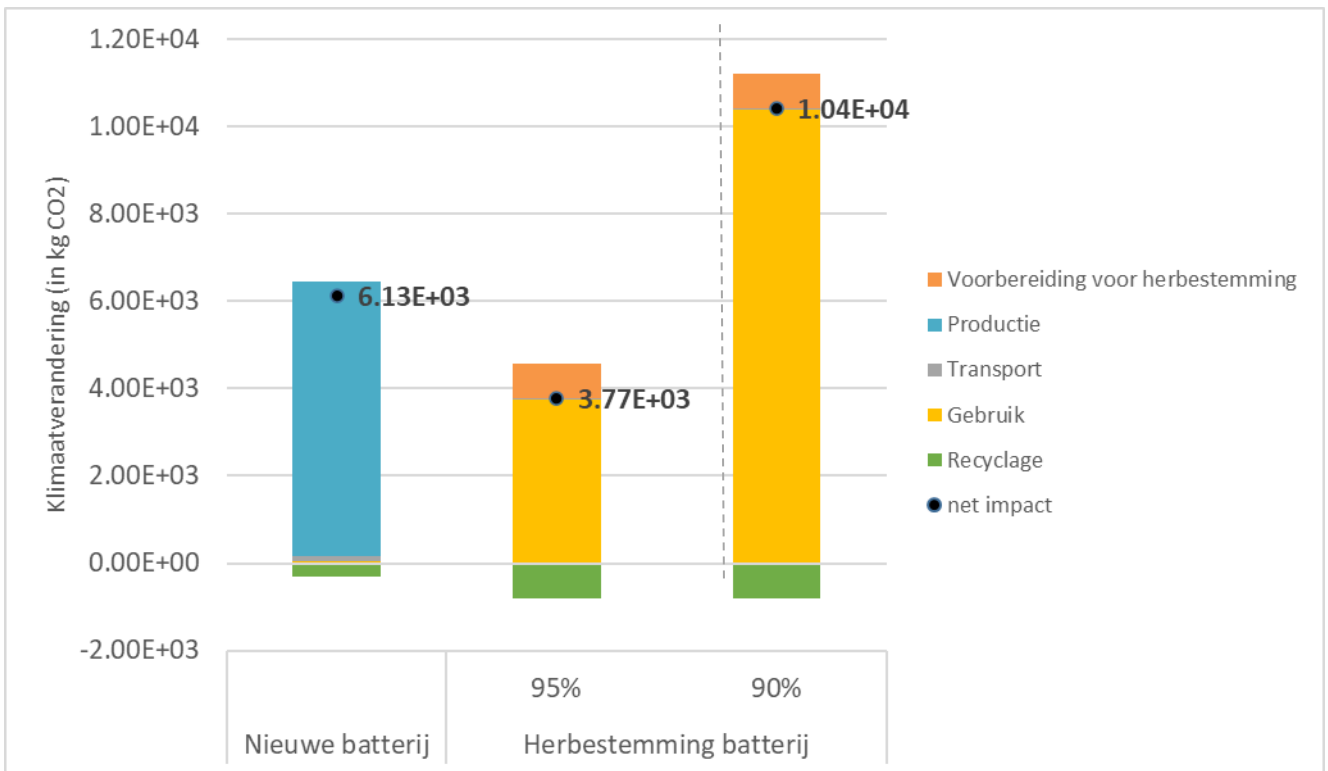
Daarnaast werd geanalyseerd wat de invloed op het resultaat is van de elektriciteitsmix die wordt gebruikt bij het modelleren van het elektriciteitsverlies dat optreedt bij het gebruik van een herbestemde batterij in een stationaire toepassing. In de basisanalyse wordt gebruik gemaakt van de Belgische mix, in de gevoeligheidsanalyse wordt gebruikt gemaakt van de Europese elektriciteitsmix<sup>24</sup>.

#### 3.5.1 Efficiëntie bij ingebruikname van een herbestemde batterij

Deze aanpassing heeft enkel invloed op het verlies aan energie tijdens de gebruiksfase. In de figuren die volgen wordt links van de stippenlijn steeds het oorspronkelijke resultaat weergegeven, en rechts het resultaat van de gevoeligheidsanalyse.

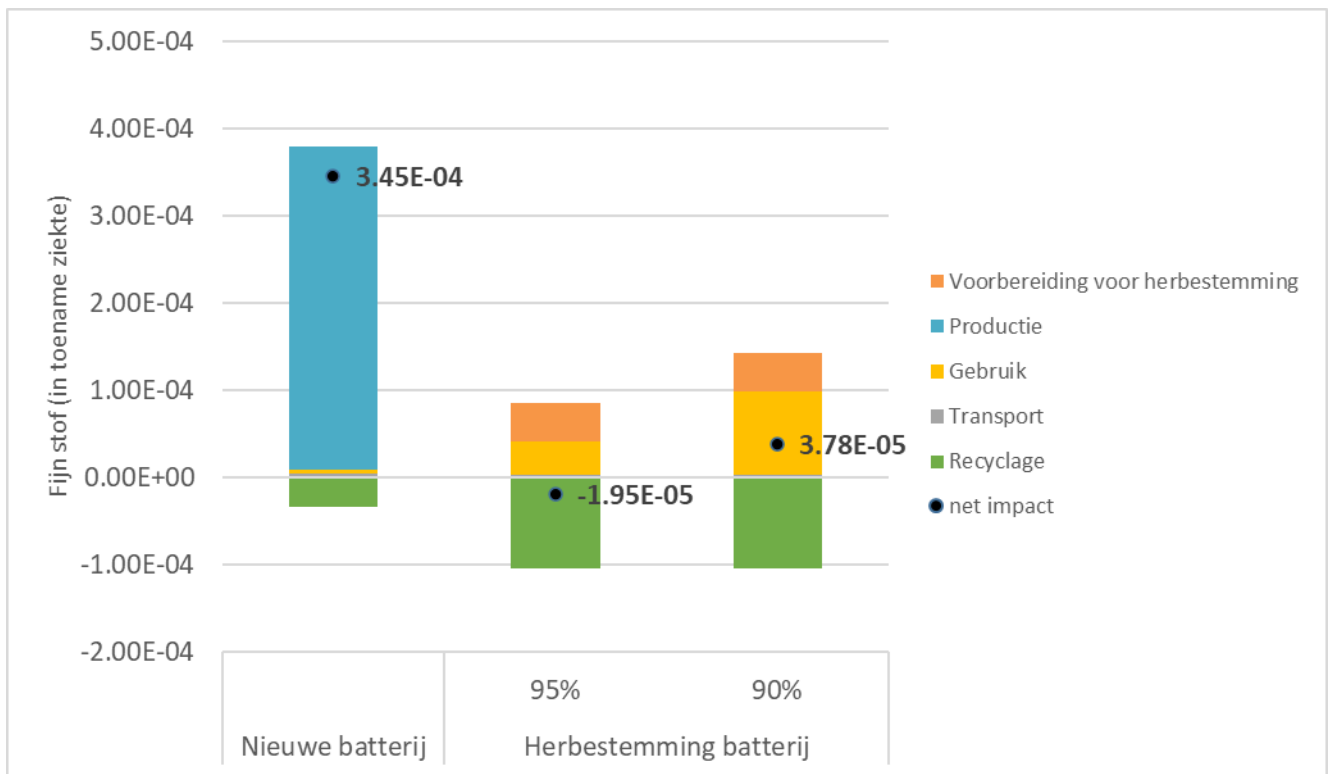
<sup>24</sup>

Voor de impactcategorie “klimaatverandering” is er een significant verschil in impact ten gevolge van het wijzigen van de efficiëntie van de herbestemde batterij, en dus ook tussen het gebruiken van een nieuwe batterij ten opzichte van het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing. Zelfs een beperkte daling (met 2 procentpunt naar 93 %) zorgt ervoor dat de impacts verbonden aan beide types batterijen gelijk worden. Wanneer het rendement van de herbestemde batterij met 5 procentpunt zakt tot 90% is de impact verbonden aan een herbestemde batterij 70 procentpunt hoger in vergelijking met een nieuwe batterij.



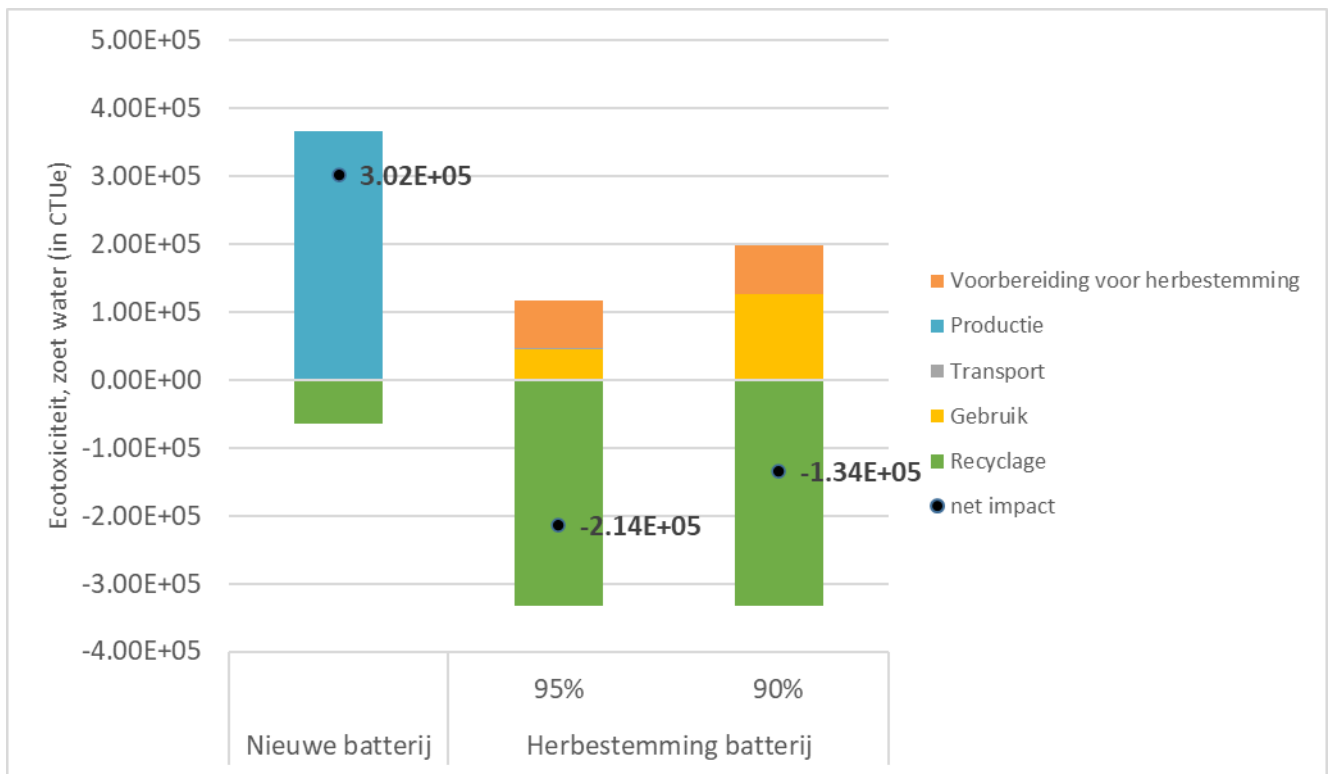
Figuur 25: Gevoeligheidsanalyse voor de impactcategorie klimaatverandering

Voor de impactcategorie “emissie van fijn stof”, is er een significante toename van de impact voor de herbestemde batterij wanneer de efficiëntie ervan daalt. Vergeleken met de impact veroorzaakt door een nieuwe batterij, is de impact bij herbestemming van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing nog steeds significant lager.



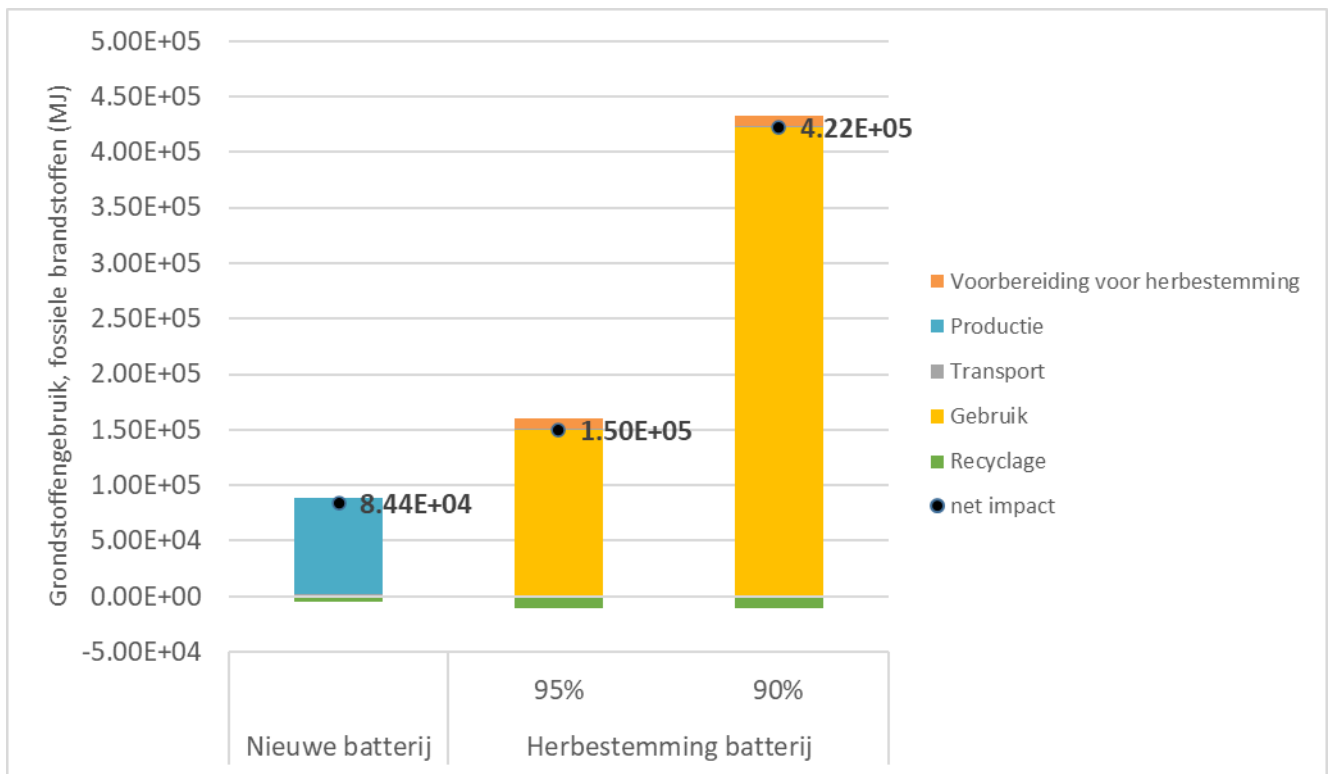
Figuur 26: Gevoeligheidsanalyse voor de impactcategorie emissie van fijnstof

Voor de impactcategorie “ecotoxiciteit, zoet water” is er significante afname van de vermeden impact wanneer de efficiëntie van de herbestemde batterij daalt, maar er is nog steeds een vermeden impact bij het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing. Het verschil qua impact met het gebruiken van een nieuwe batterij voor deze toepassing blijft significant lager.



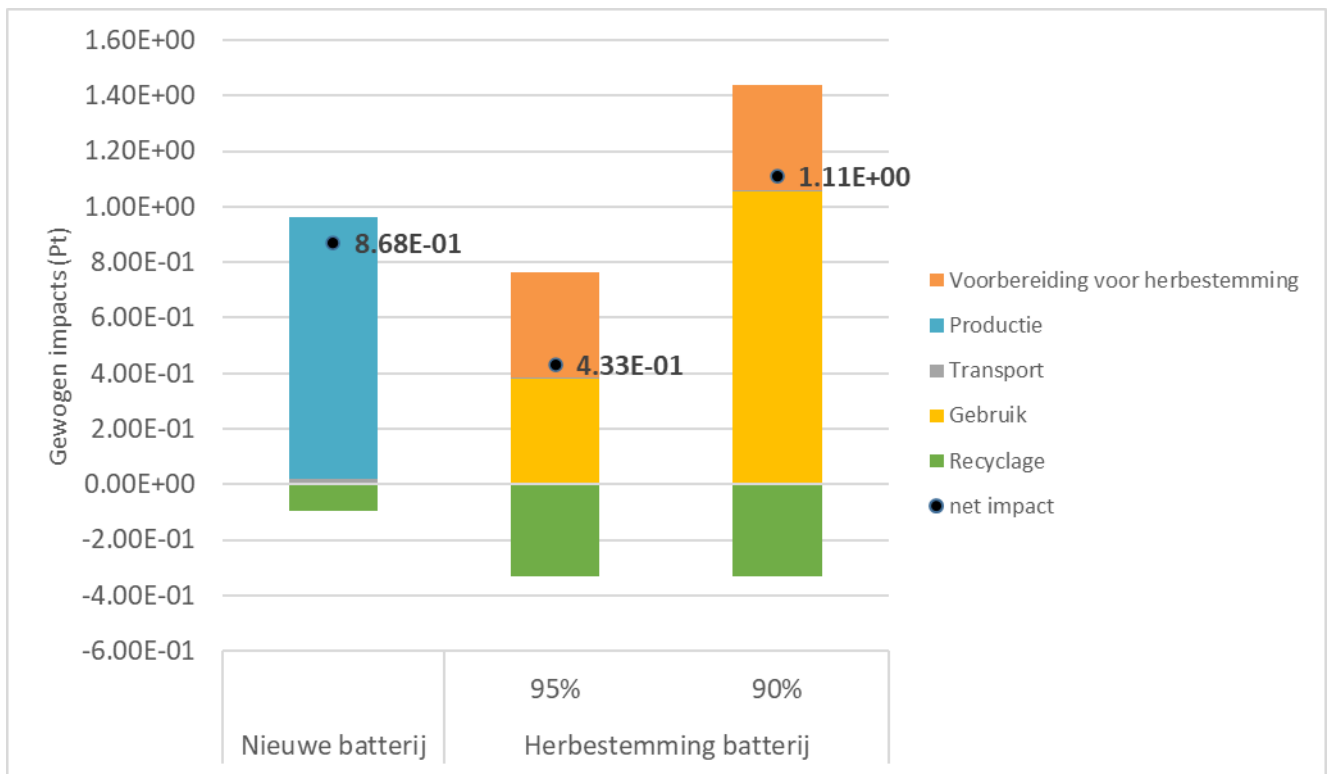
Figuur 27: Gevoeligheidsanalyse voor de impactcategorie Ecotoxiciteit, vers water

Voor wat betreft de impactcategorie “grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen” is er een significante invloed op de impact veroorzaakt door het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing wanneer de efficiëntie ervan daalt. De impact in vergelijking met een nieuwe batterij was al significant hoger, en neemt toe wanneer de efficiëntie van de herbestemde batterij daalt.



Figuur 28: Gevoeligheidsanalyse voor de impactcategorie grondstofgebruik, fossiele brandstoffen

Voor de “gewogen impact” is er eveneens een significant verschil in impact in de gevoeligheidsanalyse. Wanneer deze efficiëntie bij ingebruikname van de EV-batterij voor stationaire toepassing 95 % bedraagt, is de gewogen impact verbonden aan de herbestemming lager dan voor een nieuwe batterij. Wanneer wordt aangenomen dat de efficiëntie 90 % bedraagt, is de impact verbonden aan de herbestemde batterij hoger. Voor deze impactcategorie is er geen significantieniveau bepaald (zie Tabel 6). Als we hier eveneens gebruik maken van het hoogste niveau (50 %), is het verschil tussen een nieuwe batterij en een herbestemde batterij significant lager bij een rendement bij ingebruikname van 95 %. Als het rendement zakt, neemt de impact toe. Het verschil tussen het gebruik van een nieuwe batterij en een herbestemde batterij wordt ten gevolge van deze gevoeligheidsanalyse niet meer significant.

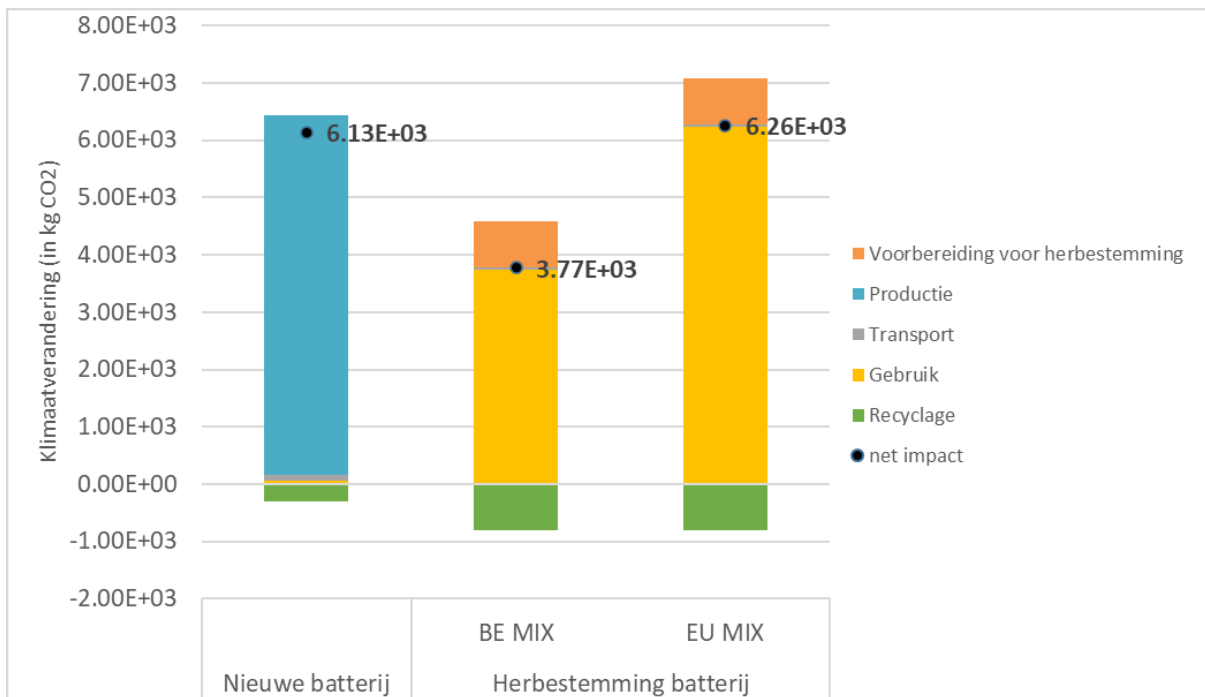


Figuur 29: Gevoeligheidsanalyse voor gewogen impacts

### 3.5.2 Impact van de elektriciteitsmix

Deze aanpassing heeft enkel invloed op de elektriciteitsmix die wordt gebruikt om het verlies aan energie tijdens de gebruiksfase te compenseren.

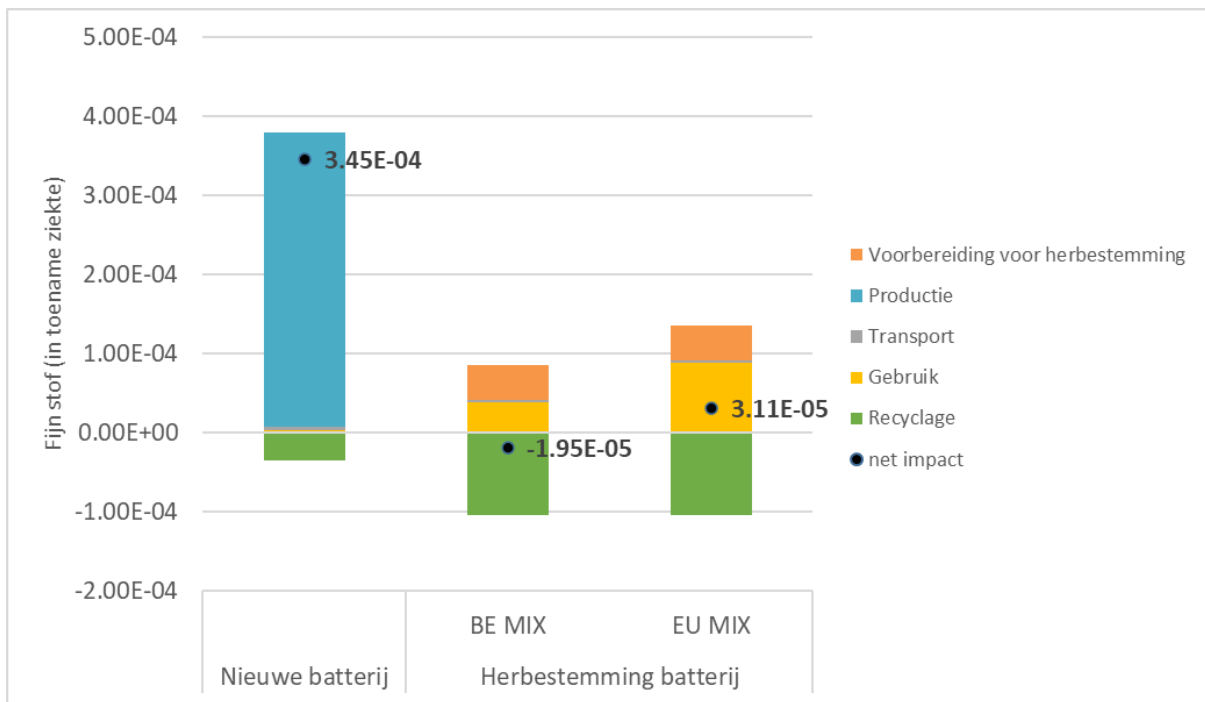
Wat betreft de impactcategorie klimaatverandering is er een significante toename van de impact in deze gevoeligheidsanalyse. Er is geen significant verschil meer met het gebruik van een nieuwe batterij.



Figuur 30: Gevoeligheidsanalyse invloed elektriciteitsmix, impactcategorie klimaatverandering

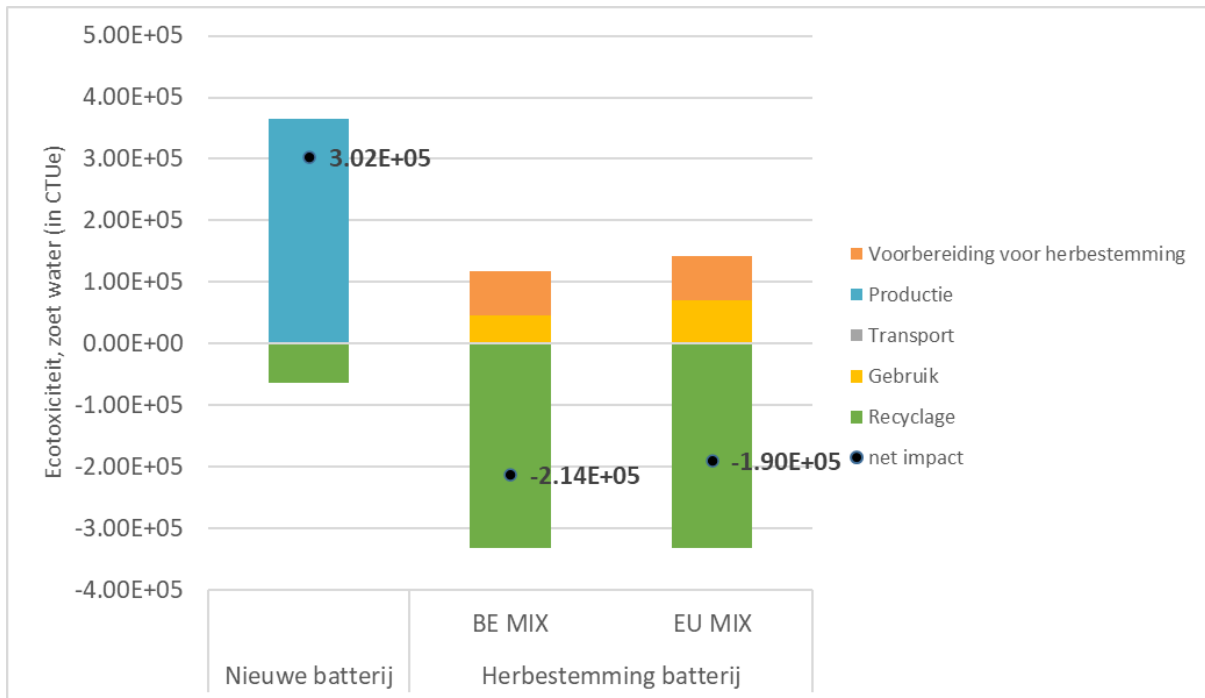
Voor de impactcategorie “emissie van fijn stof”, is er een significante toename van de impact ten gevolge van het wijzigen van de elektriciteitsmix. Er ontstaat een netto-impact, in plaats van een vermeden impact. Deze impact blijft echter significant lager dan deze verbonden aan het gebruik van een nieuwe batterij.





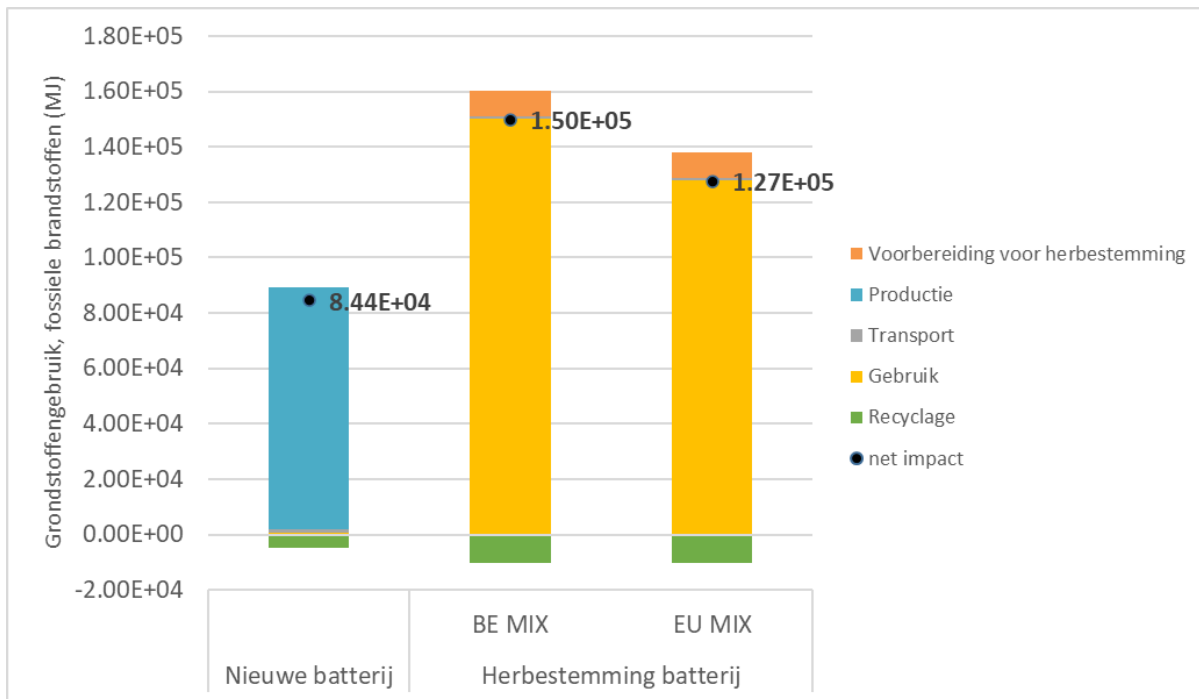
Figuur 31: Gevoeligheidsanalyse invloed elektriciteitsmix, impactcategorie emissie van fijn stof

Voor de impactcategorie “ecotoxiciteit, zoet water” is er een beperkte afname van de vermeden impact. Het verschil met het gebruik van een nieuwe batterij blijft significant lager voor deze impactcategorie.



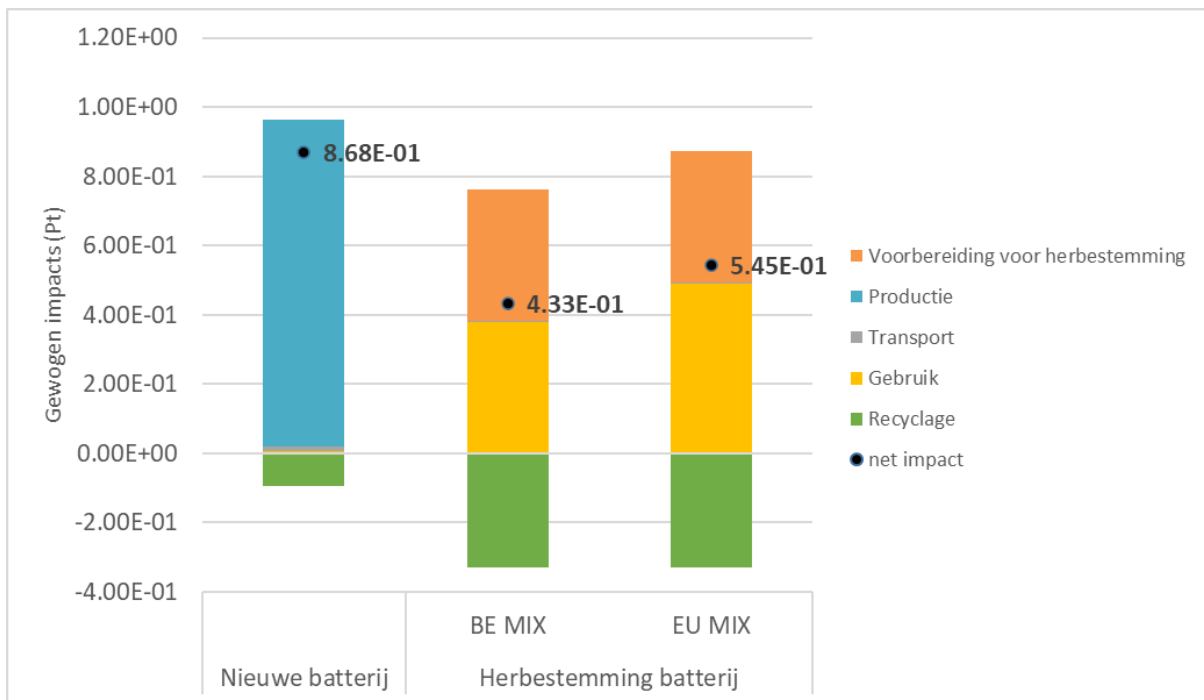
Figuur 32: Gevoeligheidsanalyse invloed elektriciteitsmix, impactcategorie ecotoxiciteit, zoet water

Voor wat betreft de impactcategorie “grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen” daalt de impact beperkt ten gevolge het aanpassen van de elektriciteitsmix. De impact blijft hoger dan deze van een nieuwe batterij. Het verschil met het gebruik van een nieuwe batterij was significant, maar is dat niet meer in deze gevoeligheidsanalyse.



Figuur 33: Gevoeligheidsanalyse invloed elektriciteitsmix, impactcategorie grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen

Voor de impactcategorie “gewogen impact” is er geen significantieniveau bepaald (zie Tabel 6), maar als we hier eveneens gebruik maken van het hoogste niveau (50 %), was het verschil met een nieuwe batterij significant. De impact ten gevolge van de gevoeligheidsanalyse neemt toe, maar blijft lager dan deze van een nieuwe batterij. Het verschil is echter niet significant.



Figuur 34: Gevoeligheidsanalyse invloed elektriciteitsmix, gewogen impacts

### 3.6 BESLUIT

In deze verkennende analyse wordt de herbestemming van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing vergeleken met een nieuwe batterij voor eenzelfde toepassing. De analyse wordt enkel voor de meest relevante impactcategorieën uitgevoerd.

Bij het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing, wordt de impact veelal bepaald door het hogere verlies aan energie uit de batterij. Deze verloren energie moet bijkomend geproduceerd worden met de gemiddelde elektriciteitsmix.

De impact verbonden aan een nieuwe batterij wordt voornamelijk veroorzaakt door de productie van deze batterij. Vooral de materialen (kathode en anode materiaal en elektrolyt) en de energie nodig om de batterijcellen te produceren veroorzaken de grootste impact.

Uit de analyse blijkt dat voor de meeste impactcategorieën het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing een significant lagere impact heeft dan het gebruik van een nieuwe batterij voor dezelfde toepassing. Enkel voor de impactcategorie “grondstofgebruik, fossiele brandstoffen” heeft het herbestemmen van een EV-batterij een significant hogere impact.

Er werden in het onderzoek twee gevoeligheidsanalyses (efficiëntie van herbestemde batterij bij ingebruikname en elektriciteitsmix) uitgevoerd om na te gaan wat de invloed is van aannames hierover op het resultaat.

De gevoeligheidsanalyse over de efficiëntie bij ingebruikname van een herbestemde batterij toont aan dat deze aanname een significante invloed heeft op het resultaat voor klimaatverandering. Waar deze impact eerst significant lager was, wordt ze significant hoger dan deze van een nieuwe batterij wanneer de efficiëntie van de EV-batterij daalt. Voor de impactcategorie 'gewogen impact' is er een gelijkaardige invloed van deze aanname. De impact van een EV-batterij die wordt herbestemd in een batterij voor stationaire toepassing wordt hoger, zij het niet significant, dan deze van een nieuwe batterij. Ook voor de impactcategorie 'grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen' heeft de aanname over de efficiëntie bij ingebruikname een significante invloed op het resultaat. De impact was al significant hoger voor het herbestemmen van een EV-batterij in een batterij voor stationaire toepassing, en deze neemt nog toe wanneer de efficiëntie daalt. Voor de overige impactcategorieën heeft deze gevoeligheidsanalyse een invloed op het resultaat voor de herbestemde batterij in een stationaire toepassing, maar wijzigt het resultaat niet ten opzichte van de nieuwe batterij voor ditzelfde gebruik.

De tweede gevoeligheidsanalyse die werd uitgevoerd betreft de aanname over de elektriciteitsmix die wordt gebruikt om het groter verlies van elektriciteit in een herbestemde batterij in een stationaire toepassing ten opzichte van een nieuwe batterij voor dezelfde toepassing te compenseren. Uit deze analyse blijkt dat er voor de impactcategorie 'klimaatverandering' een significante invloed is op het resultaat. Waar de impact in de basisanalyse significant lager was voor de herbestemde batterij in een stationaire toepassing, wordt deze nu vergelijkbaar met deze van een nieuwe batterij voor dezelfde toepassing. Bij de impactcategorie 'gewogen impact' is er een gelijkaardige invloed op het resultaat. Waar de impact in de basisanalyse significant lager was voor de herbestemde batterij in een stationaire toepassing, neemt deze toe in de gevoeligheidsanalyse waardoor het verschil met de nieuwe batterij niet meer significant lager is. Voor de overige impactcategorieën heeft deze gevoeligheidsanalyse een invloed op het resultaat, maar zonder dat er een wijziging is bij de vergelijking met de nieuwe batterij voor stationaire toepassing.

Dit resultaat is geldig zolang elektriciteit die bijkomend geproduceerd moet worden om het verlies uit de batterij goed te maken, met een gemiddelde mix (fossiele, nucleaire en hernieuwbare bronnen) wordt geproduceerd. Van zodra deze elektriciteit geproduceerd wordt met een groter aandeel (of volledig bestaat uit) hernieuwbare bronnen<sup>25</sup> zal de impact die hieraan verbonden is, met name voor klimaatverandering en grondstoffengebruik, fossiele brandstoffen, afnemen.

---

<sup>25</sup> Er kan verwacht worden dat dit in de toekomst het geval zal zijn.

## BIJLAGE A: BESCHRIJVING “STOCK & FLOW MODEL”

Het Stock & flow model brengt in kaart waar de stocks van het onderzochte materiaal zich bevinden (in welke toepassingen) en of deze al dan niet worden gerecycleerd. Dit gebeurde voor personenwagens. Hierbij werd bekeken waar de stocks zich bevinden (in welke componenten van de auto's en welke types wagens) en of deze al dan niet worden gerecycleerd. Het model verenigt verschillende aspecten van de automarkt zelf, zoals de verkoop van de verschillende types personenwagens en de internationale handel in tweedehandsvoertuigen, alsook technische aspecten zoals de gedetailleerde samenstelling van voertuigen en levensduurmodellen om in te schatten wanneer nieuw aangekochte voertuigen einde leven zullen zijn.

### Algemene opmaak van het model

De algemene opmaak van het model volgt een vast patroon waarop vervolgens, op basis van de onderzoeksvraag, kleine aanpassingen worden gedaan. In het algemeen zijn er drie hoofdblokken:

- 1- Vraag van de markt in een bepaald jaar: Deze vraag geeft aan welke hoeveelheid van een bepaald materiaal of product er op de markt wordt gebracht. Indien het om een product gaat, wordt de samenstelling voor de relevante elementen waarvoor informatie beschikbaar is toegevoegd;
- 2- De Weibull-functie: De levensduur wordt algemeen uitgedrukt met een Weibull die voor de vraag in een specifiek jaar aangeeft wanneer de goederen het einde van hun technisch leven bereiken. Andere functies dan Weibull, hoewel tot op heden nog niet gebruikt voor dit model, kunnen soms beter geschikt zijn voor het beschrijven van de levensduur van een goed;
- 3- De recyclage-efficiëntie: Wanneer de goederen het einde van hun technische leven hebben bereikt worden ze afgedankt, en kunnen deze gerecycleerd worden. De recyclage-efficiëntie geeft aan hoeveel van de specifieke materialen kunnen teruggewonnen worden.

Vervolgens kan, afhankelijk van de vraag, verder detail aan het model worden toegevoegd. Hoewel de analyse voornamelijk op de materialen focust, kan de analyse ook worden uitgevoerd voor specifieke componenten.

### Focus: Voertuigen

Het model brengt verschillende aspecten van de automarkt samen om op die manier een volledig beeld te verkrijgen van het uiteindelijke lot van de einde-leven voertuigen (End of Life Vehicles, oftewel ELVs). Eerst wordt de gemiddelde samenstelling<sup>26</sup> van een ELV (voor zowel een voertuig met verbrandingsmotor, een hybride voertuig, een elektrisch voertuig als een waterstofwagen) geschat. Hiertoe wordt een personenwagen opgedeeld in verschillende componenten (bv. skelet, aandrijving, interieur, chassis, etc.) waar vervolgens een samenstelling per type materiaal aan wordt gekoppeld. Op deze manier wordt de samenstelling van de voertuigen op materiaalniveau bepaald. Aan de hand van de historische evolutie van het gewicht van de verschillende types voertuigen en de verkoop<sup>27</sup> ervan, wordt een schatting gemaakt van de materialsamenstelling en bijgevolg het gewicht van het volledige Vlaamse voertuigenpark voor personenvervoer. Voor de toekomst wordt verondersteld dat de voertuig- en batterijsamenstellingen ongewijzigd blijven.

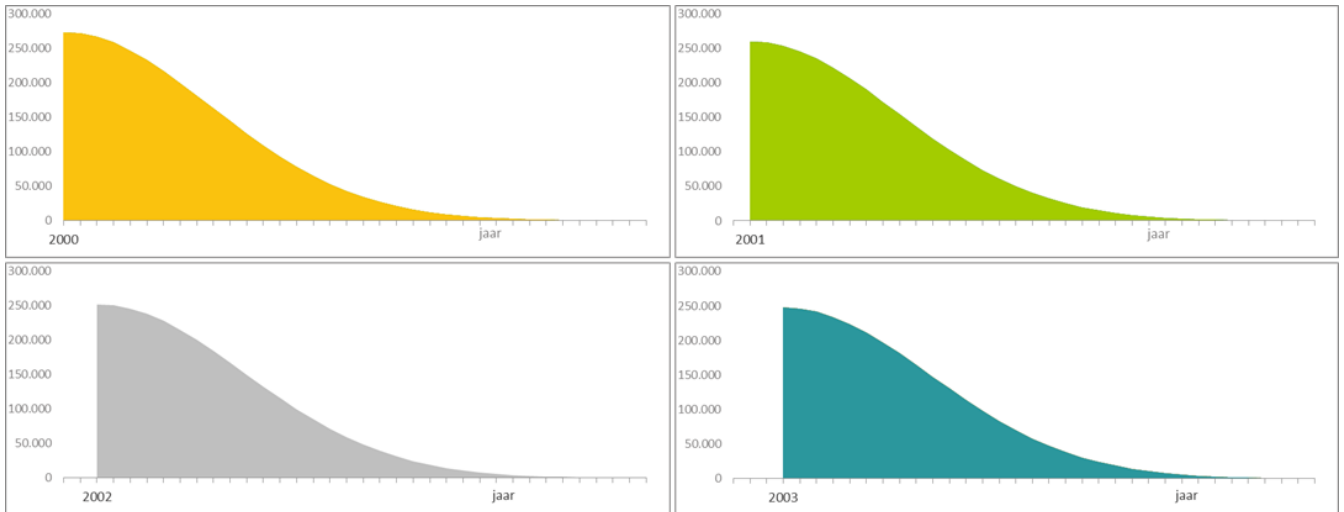
Vervolgens worden data gebruikt van de jaarlijkse inschrijvingen van nieuwe personenwagens van 1980 tot 2017. Op basis van deze inschrijvingen worden voorspellingen opgesteld van het jaar waarin deze voertuigen

---

<sup>26</sup> GREET2 model (including software produced by UChicago Argonne, LLC under Contract No. DE-AC02-06CH11357 with the Department of Energy). Gedownload in december 2019

<sup>27</sup> FOD Mobiliteit en transport, FEBIAC en Eurostat

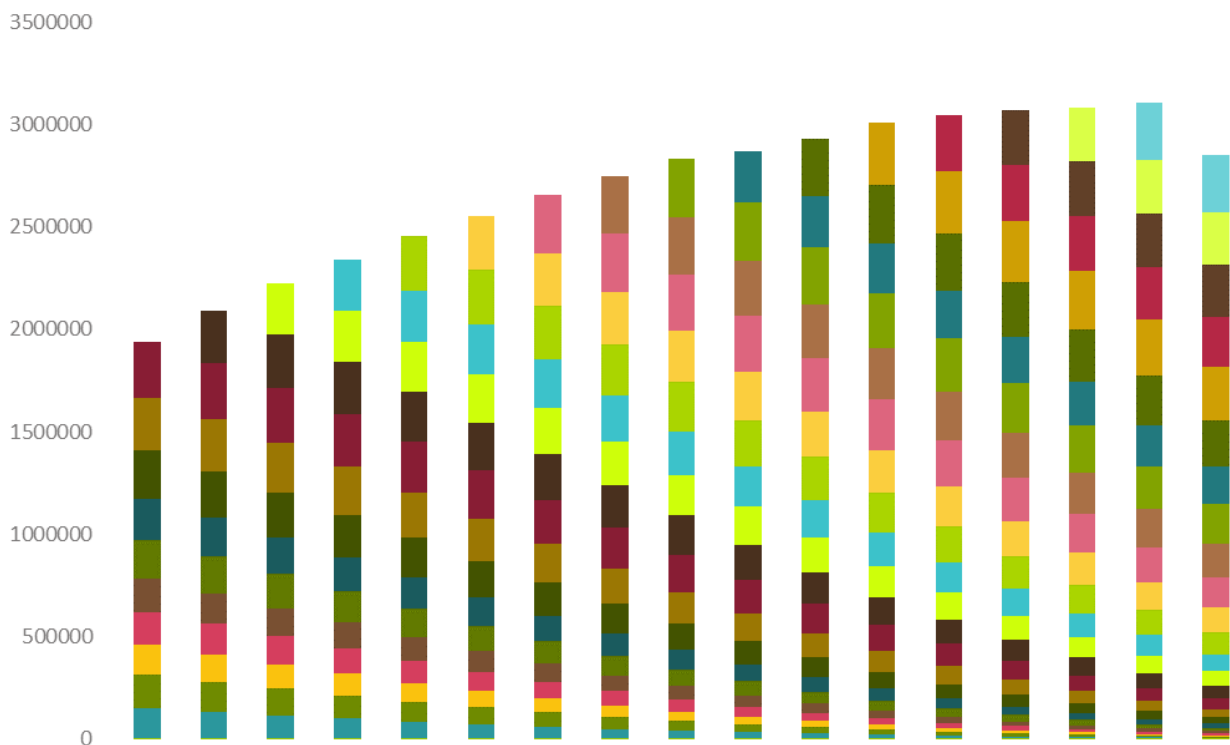
afgedankt zouden worden omwille van het feit dat ze niet meer functioneren. Deze voorspelling gebeurt aan de hand van een Weibull-functie (zie Figuur 35). Deze functie wordt vaak gebruikt voor schattingen van de levensduur van diverse componenten/goederen en op basis van wetenschappelijk geschatte parameters kan de functie eveneens flexibel worden aangewend voor personenwagens<sup>28</sup>. Doordat de verkoopgegevens ver genoeg in de tijd teruggaan, wordt een volledig overzicht bekomen van het aantal voertuigen dat afgedankt is. Moest er bv. enkel gebruik gemaakt worden van inschrijvingsdata vanaf het jaar 2000 (in plaats van het jaar 1980 zoals nu) dan zouden we geen voorspelling hebben van het aantal afgedankte auto's die op de markt kwamen tussen 1980 en 2000 en zouden we een onvolledig beeld hebben van deze afgedankte personenvoertuigen.



Figuur 35: Overzicht Weibull functie voor voertuigen op de Vlaamse markt gebracht voor 4 opeenvolgende jaren

Het combineren van de verschillende Weibull-functies geeft vervolgens inzicht in de voorspelde samenstelling van wagens afgedankt in een bepaald jaar. Dit wordt weergegeven in Figuur 36.

<sup>28</sup> Zehir Kolli, Ariane Dupont-Kieffer, Laurent Hivert. Car survival in a national fleet: a non-parametric approach based on French data. World Conference on Transport Research Society. 12th World. Conference on Transport Research, Jul 2010, Lisbonne, Portugal.



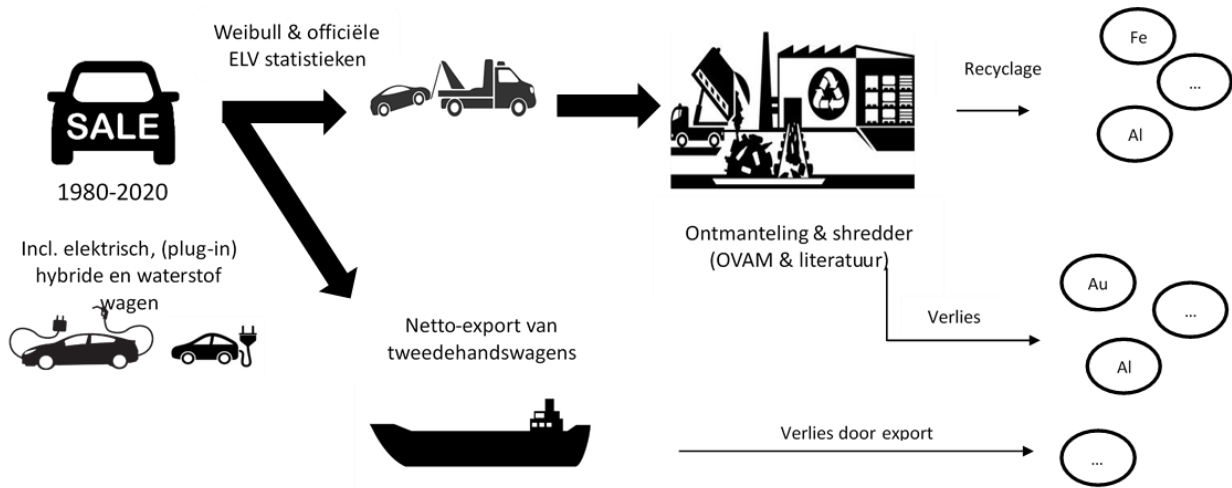
Figuur 36: Overzicht samenstelling voertuigen einde leven, per jaar op de markt gebracht

Aan de hand van de gemiddelde samenstelling van een bepaalde auto in een bepaald jaar, kan vervolgens worden weergegeven welke massa aan metalen verwacht wordt vrij te komen in welk jaar.

Aangezien de officieel ingezamelde ELVs drastisch lager liggen dan hetgeen voorspeld wordt door de Weibull, nemen we het verschil tussen deze twee cijfers als indicatie van het aantal voertuigen dat niet in Vlaanderen wordt aangeboden voor eindverwerking en dus uitgevoerd worden. Er zijn geen gegevens beschikbaar over binnenlandse handel. Hiervoor wordt verondersteld dat er in Vlaanderen even veel voertuigen worden ingevoerd uit Brussel en Wallonië, dan er worden uitgevoerd. Voor internationale handel werd gebruik gemaakt van gegevens beschikbaar bij de Nationale Bank van België. Internationale handel in tweedehandsvoertuigen wordt op twee verschillende manieren meegenomen in het model afhankelijk van de bestemming van de voertuigen. Gezien de lage monetaire waarde van de tweedehandsvoertuigen die geëxporteerd worden naar Afrika, wordt verondersteld dat de voertuigen die naar Afrika worden geëxporteerd ELVs zijn. Echter, omdat de monetaire waarde van de geëxporteerde voertuigen naar de rest van de wereld veel hoger ligt, veronderstelt het model dat dit voertuigen zijn die hun levensduur verderzetten in het buitenland. In het model wordt aangenomen dat de voertuigen die niet naar Afrika worden geëxporteerd, een leeftijd tussen de één en zeven jaar hebben en dus uit het wagenpark verdwijnen.

Door het totaal aantal voertuigen dat ELV wordt in elk jaar te koppelen aan het inschrijvingsjaar bekomen we een indicatie van de totale massa aan bepaalde materialen die in de auto zitten en dit opgedeeld per component van de auto. Vervolgens koppelen we dit aan de verwerkingsroutes zoals gedefinieerd in het

model en de efficiëntie van het recyclageproces van elk metaal om zo een indicatie te bekomen van de uiteindelijk gerecupereerde metalen. Er zijn verschillende recyclageprocessen gemodelleerd aangezien niet alle componenten naar de shredder gaan.



Figuur 37: Schematisch overzicht aannames Stock & flowmodel – Voertuigen



## BIJLAGE B: VOORSTUDIES

### 1.1 BACKCASTING SCENARIO'S ("THUIS" EN "DEV+")

Er zijn enkele belangrijke tendensen die onze mobiliteit beïnvloeden en die recent zich sterker manifesteerden nl.

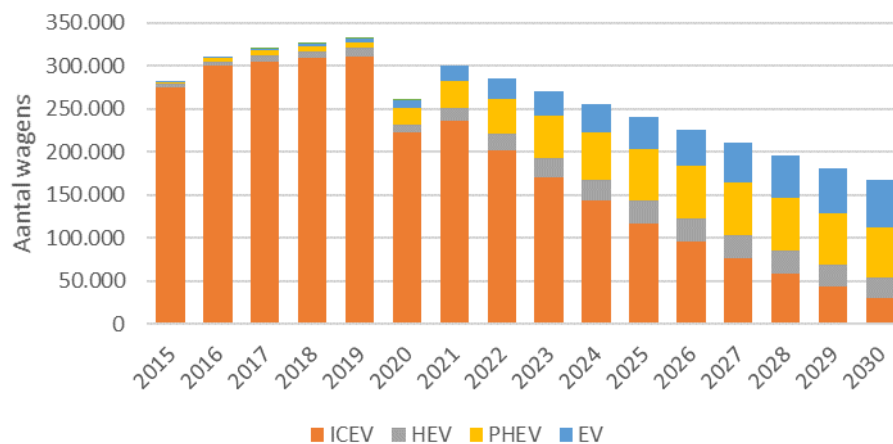
- Onder impuls van de coronacrisis waar wegens gezondheidsredenen aan vele werknemers gevraagd werd voltijds of deeltijds van thuis uit te werken, werd er door de bedrijven meer en meer ingezet op afstandswerk. Werknemers en werkgevers ervaarden de voordelen. Bij vele bedrijven is afstandswerk zoals thuiswerk of werken vanuit een satelliet kantoor een blijver. Op deze manier is onze mobiliteitsvraag structureel verminderd. In welke mate dit blijvend het geval is, moet nog worden uitgeklaard;
- De deeleconomie is al een tijdje in opmars. Over de jaren heen kwamen er verschillende deelsystemen zoals Cambio, Poppy,... op de markt. Echter, ook op gebied van automatisatie werden er stappen gezet. De nieuwste wagens beschikken over heel wat sensoren en software die bijna automatisch rijden mogelijk maken.

#### Minder verplaatsingen door structureel meer thuiswerk (THUIS)

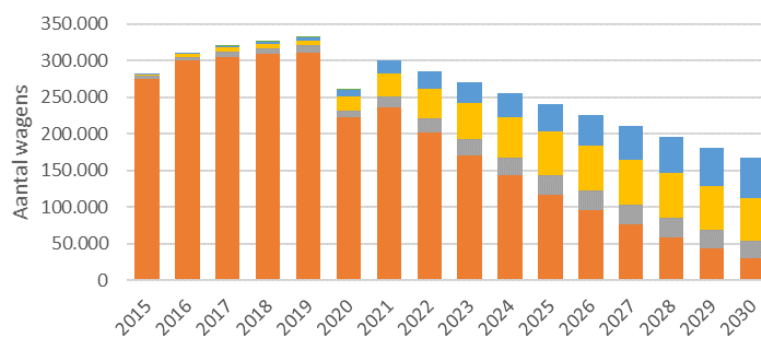
Dit scenario neemt aan dat de klimaatdoelstelling voor personenvervoer over de weg bereikt wordt tegen 2030. Hier vertrekken we van de doelstelling en kijken vanuit het beoogde resultaat tegen 2030 hoe sterk onze transportvraag zou moeten dalen. We veronderstellen dus eenzelfde gemiddelde bezettingsgraad van de wagens. Het resultaat is dat, wil men de klimaatdoelstelling halen, het aantal gereden voertuigkilometers met 44 % zou moeten dalen. Dit betekent dat onze transportvraag sterk moet dalen (-46 %). Deels kan dat door structureel meer thuis te werken maar het lijkt vrij onrealistisch dat we door thuiswerk alleen hieraan kunnen voldoen. Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld:

- Het totaal aantal voertuigen wordt bijna gehalveerd tegen 2030;
- De relatieve samenstelling van het voertuigpark is hetzelfde als BAU;
- De bezettingsgraad van de voertuigen blijft gelijk aan dat aangenomen in het BAU scenario.

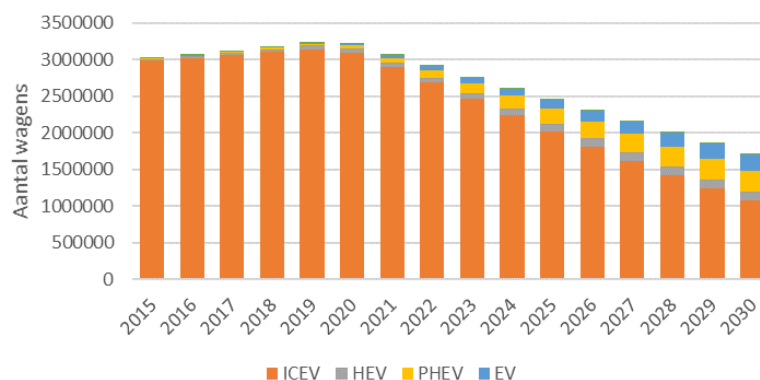
### THUIS: nieuw verkochte wagens per type



### THUIS: nieuw verkochte wagens per type



### THUIS: wagenpark

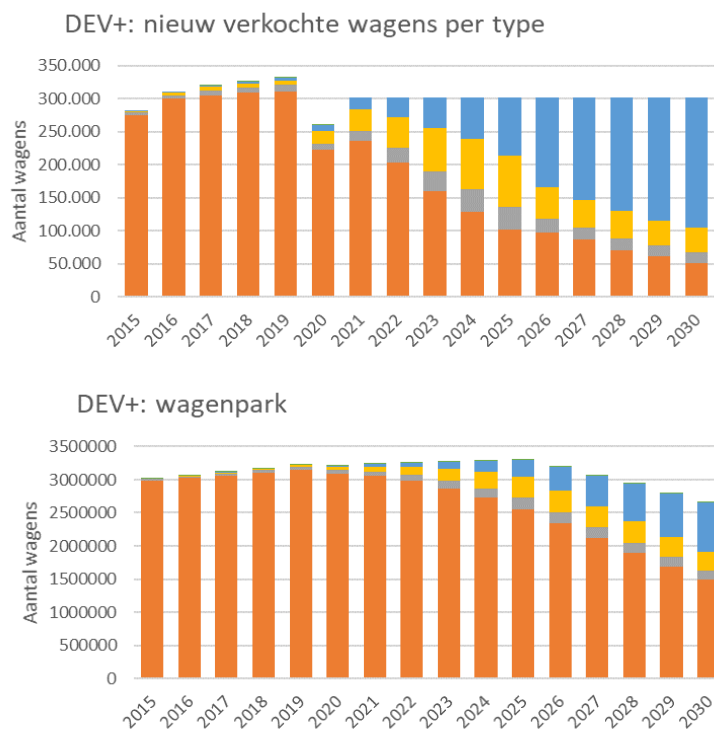


Figuur 38: Evolutie verkochte wagens (boven) en samenstelling van het wagenpark (onder) volgens het THUIS scenario tot 2030

### Meer gedeelde elektrische voertuigen (DEV+)

Dit scenario neemt aan dat de klimaatdoelstelling voor personenvervoer over de weg bereikt wordt tegen 2030 (-51 % territoriale broeikasgas (BKG)-emissies vergeleken met 2015) en dit doordat de vraag naar transport structureel verlaagd is door het op de markt komen van deelsystemen die gebruik maken van elektrische, autonome wagens. Voor dit scenario hebben we dus eveneens teruggerekend maar niet enkel gesleuteld aan onze transportvraag. We vullen onze transportbehoefte deels in door gebruik te maken van deelsystemen. Vanaf 2026 wordt 30 % van de volledig elektrische wagens die jaarlijks op de markt gebracht worden gebruikt als deelwagen. Het aantal wagens dat in een deelsysteem terecht komt stijgt progressief. In 2027 gaat het over 35 % van de nieuw verkochte elektrische wagens. Tot 2030 stijgt dit aantal steeds met 5 %, tot het in 2030 50 % bereikt. Al deze voertuigen rijden 30 % meer kilometers dan gemiddeld. Net daarom daalt het aantal voertuigen in het Vlaamse park vanaf 2026. De bezettingsgraad van deze voertuigen ligt dubbel zo hoog dan van niet gedeelde wagens.

- Het totaal aantal voertuigen daalt sterk (-47 %);
- De relatieve samenstelling van het voertuigpark is hetzelfde als in het EV scenario;
- Om te voldoen aan de doelstelling zal er 33 % minder voertuigkilometers gereden worden;
- De persoonskilometers blijven gelijk aan dat aangenomen in het BAU scenario;
- De bezettingsgraad van de gedeelde voertuigen is dubbel zo hoog als deze van niet gedeelde wagens (2.95 respectievelijk 1.47). Gemiddeld over het park geeft dat een bezettingsgraad van 2.34 personen;
- Aangezien de gedeelde wagens 30 % meer kilometers afleggen dan hun niet-gedeelde tegenhangers, stijgt het gemiddeld aantal voertuigkilometers per wagen over het park naar 21 299 km.



Figuur 39: Evolutie verkochte wagens (boven) en samenstelling van het wagenpark (onder) volgens het DEV+ scenario tot 2030

## 1.2 EXPLORATIE HERGEBRUIK (“BAU REUSE” EN “EV REUSE”)

Zowel voor het BAU als voor het EV-scenario werd een variant berekend die inzet op hergebruik van batterijen uit einde leven EV-wagens. We veronderstellen hier dat een batterij 3 jaar langer meegaat dan de rest van de wagen<sup>29</sup>. Ze kan dus voor een periode van 3 jaar opnieuw ingezet worden in een nieuwe wagen. Echter, na 3 jaar zal ze alsnog vervangen worden.

Dit is niet meteen wat we zien in de praktijk. FEBIAC en Febelauto bevestigen wel dat batterijen een tweede leven krijgen in een wagen ter vervanging van een kapotte of slecht presterende batterij. Met de manier waarop het S&F model is opgebouwd, kan dat laatste niet worden toegevoegd omdat er geen batterijen worden vervangen in het model. Tijdens de gebruiksfase worden auto's wel eens hersteld. Dit zit vervat in de Weibull verdeling. De weibull zegt ons niet op welke tijdstippen mogelijke reparaties gebeuren. (Een model waar we een weibull verdeling op elk onderdeel plaatsen, zou dat wel mogelijk maken. Maar momenteel gebruiken we één overkoepelende weibull die de levensduur van de wagen aangeeft zoals afgeleid uit reële statistieken, en dus waar wagens wel eens hersteld moeten worden.) Omdat we dus niet weten welke wagens op welke tijdstippen een herstelling aan de batterij nodig hebben, kan second use bij reparatie niet op een correcte manier berekend worden.

Er werden resultaten berekend voor het hergebruik van oude EV-batterijen in nieuwe wagens maar gezien de mismatch met de realiteit werd er beslist deze niet toe te voegen aan dit rapport.

---

<sup>29</sup> Bron: Everbatt model