



Vlaanderen
is materiaalbewust



TOEKOMSTSCENARIO'S VAN HET VLAAMSE VOERTUIGENPARK: EFFECTEN OP KLIMAAT EN METAALVOORRADEN

DOORREKENING SCENARIOS PERSONENVERVOER

SAMEN MAKEN WE
MORGEN MOOIER

OVAM

WWW.OVAM.BE

////////////////////////////////////

TOEKOMSTSCENARIO'S VAN HET VLAAMSE

VOERTUIGENPARK: EFFECTEN OP KLIMAAT EN

METAALVOORRADEN

publicatiedatum / 23.07.2020

////////////////////////////////////

DOCUMENTBESCHRIJVING

- | | | | |
|----|--|---|--|
| 1 | <i>Titel van publicatie: Toekomstscenario's van het Vlaamse voertuigenpark : effecten op klimaat en metaalvoorraden</i> | 2 | <i>Verantwoordelijke Uitgever:</i>
OVAM |
| 3 | <i>Wettelijk Depot nummer:</i> | 4 | <i>Trefwoorden:</i> |
| 5 | <i>Samenvatting:</i>
In dit rapport worden een aantal toekomstscenario's beschreven met betrekking tot de samenstelling van het Vlaams wagenpark voor personenvervoer. Voor elk scenario wordt de impact op broeikasgasemissies en op de voorraad aan metalen in de wereld berekend aan de hand van het Stock & Flow model. | | |
| 6 | <i>Aantal bladzijden: 27</i> | 7 | <i>Aantal tabellen en figuren: 11 en 1</i> |
| 8 | <i>Datum publicatie:</i> | 9 | <i>Prijs*: /</i> |
| 10 | <i>Begeleidingsgroep en/of auteur:</i> Yoko Dams (VITO), Ann Van der Linden (VITO), Mieke Vervaet (OVAM), Koen Smeets (OVAM), Lies Verlinden (OVAM), John Wante (OVAM) | | |
| 11 | <i>Contactpersonen:</i>
Mieke Vervaet | | |
| 12 | <i>Andere titels over dit onderwerp: /</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:
<http://www.ovam.be>

* Prijswijzigingen voorbehouden.

INHOUD

1	Inleiding.....	5
2	Beschrijving scenario's	6
3	Resultaten	10
3.1	Klimaatimpact	10
3.2	Materialengebruik	12
3.2.1	Samenstelling voertuigen	13
3.2.2	Wereldvoorraden	14
3.2.3	Grondstofbudgetten	16
4	Besluit.....	21
Bronnen		23
Bijlage 1. Stock & Flow model		24

1 INLEIDING

Met het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2021-2030¹ engageert Vlaanderen zich om in 2030 35% reductie van broeikasgassen ten opzichte van 2005 te realiseren in de niet-ETS² sectoren, waaronder transport en mobiliteit. Voorliggende studie focust zich op personenvervoer met de wagen. De specifieke reductiedoelstelling voor personenvervoer in het Vlaams Klimaatbeleidsplan bedraagt 50%. Het plan zet onder andere in op een verdere vergroening van het bestaande wagenpark.

In navolging hiervan werd door VITO voor het Steunpunt voor Circulaire Economie³ een studie uitgevoerd die de klimaatimpact van specifieke maatregelen en strategieën berekent aan de hand van verschillende scenario's. Omdat voor het jaar 2005 onvoldoende gegevens ter beschikking waren, wordt de reductiedoelstelling ten opzichte van 2015 weergegeven. Deze aanpak werd overgenomen in dit onderzoek. Een aantal van de onderzochte strategieën hebben als doel meer circulaire activiteiten te promoten en aldus het verminderen van de materialenvoetafdruk tot gevolg hebben. Immers, de manier waarop we vandaag aan onze mobiliteitsvraag voldoen is weinig duurzaam. Het draagt bij aan de klimaatopwarming en slechte luchtkwaliteit. Eveneens claimen we verschillende materialen die we niet of nauwelijks op een duurzame manier kunnen terugwinnen.

In voorliggende studie werden een aantal bijkomende scenario's opgesteld in samenwerking met de opdrachtgever OVAM en Febelauto vzw, het beheersorganisme voor afgedankte voertuigen. Voor elk van de scenario's wordt het effect op het klimaat berekend. Daarnaast wordt zowel voor het huidig wagenpark als voor de verschillende scenario's inzichtelijk gemaakt welke materialen vervat zitten in ons wagenpark voor personenvervoer in Vlaanderen en wordt geschat aan de hand van statistische modellering (Stock en Flow model voor metalen, beschrijving in bijlage 1) hoeveel van de materialen van het personenvervoertuigenpark vrijkomen en gerecycleerd worden. Tevens brengen we de beschikbare wereldvoorraad van een selectie van in personenwagens voorkomende metalen in kaart. Naast de conventionele wagen met een klassieke verbrandingsmotor, modelleren we eveneens een volledige hybride wagen⁴, een volledig elektrische wagen⁵ en een wagen op waterstof. Er werd geopteerd om dit type voertuig toe te voegen, omdat elektrische wagens worden gezien als voorloper van waterstofwagens. Elektrische wagens kunnen immers mits beperkte aanpassingen worden omgebouwd naar wagens op waterstof.

De scenario's zoals ontwikkeld in de hoger genoemde VITO studie voor het Steunpunt voor Circulaire Economie rekenen we eveneens door met dit statistisch model om de scenario's te kunnen vergelijken op basis van hun materialenvoetafdruk.

¹ <https://omgeving.vlaanderen.be/vlaams-energie-en-klimaatplan-2021-2030>

² ETS : Europese Emissie handelssysteem (Emission Trading System) voor broeikasgassen.

³ <https://ce-center.vlaanderen-circulair.be/nl/publicaties/publicatie-2/6-impact-of-circular-economy-on-achieving-the-climate-targets-case-mobility>

⁴ Dit is een volledige hybride wagens, dus geen range extender en geen plug-in.

⁵ Dit is een gemiddelde van de volledig elektrische wagens die op de markt beschikbaar zijn. Zie ook voetnoot 9 op p12.

2 BESCHRIJVING SCENARIO'S

De scenario's die het Steunpunt Circulaire Economie uitwerkte om de mogelijke klimaatimpact ervan te schatten⁶ zijn:

- Business as Usual (BAU) – Dit scenario dient als referentie en is vergelijkbaar met het BAU-scenario zoals gedefinieerd in het Vlaams Klimaatbeleidsplan. De huidige trends zetten zich verder. Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld (steeds weergegeven in % ten opzichte van 2015, behalve indien anders aangegeven):
 - Een toename van het aantal voertuigen met 35%;
 - In het totale voertuigenpark is er een daling van het aandeel dieselveertuigen (-15%), een toename van het aandeel benzinewagens (+16%) en een toename van het aandeel hybridevoertuigen tot 3%; het aandeel elektrische wagen blijft stabiel op 1%);
 - Het aantal voertuigkilometers neemt met 14% toe tegen 2030;
 - Het aantal persoonskilometers, neemt eveneens toe, met 18% tegen 2030;
 - De bezettingsgraad neemt beperkt toe met 3% tegen 2035.
- Enkel Elektrische Voertuigen (EV) – Dit scenario veronderstelt dat er tegen 2030 enkel elektrische voertuigen verkocht worden. Tegen 2035 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 (-17%); het aandeel benzinewagens daalt (-16%); het aandeel hybride wagens daalt tot 1%; en het aandeel elektrische wagens neemt toe (+35%). Er wordt een lineaire toename verondersteld die begint in 2020 en in 2030 zijn 100% van de nieuw verkochte voertuigen elektrisch;
 - De aannames betreffende het aantal voertuigkilometer, persoonskilometer en bezettingsgraad is hetzelfde als in het BAU scenario.
- Minder Verplaatsingen met de wagen (MVP) – Dit scenario neemt aan dat de klimaatdoelstelling voor personenvervoer over de weg bereikt wordt tegen 2030 (-50% territoriale broeikasgas(BKG)-emissies vergeleken met 2015). Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld (steeds ten opzichte van BAU scenario weergegeven)
 - Het totaal aantal voertuigen wordt gehalveerd tegen 2030;
 - De samenstelling van het voertuigpark is hetzelfde;
 - Het aantal voertuigkilometers en persoonskilometers halveert;

⁶ De scenario's kregen een andere werknaam dan in het rapport van het Steunpunt Circulaire Economie. De aangeduide scenario's werden toegevoegd aan het materialenmodel om zo een beeld te krijgen van het materiaalgebruik doorheen de tijd.

- De bezettingsgraad in de voertuigen blijft gelijk.
- Meer Deelwagens (DV) – Dit scenario veronderstelt eveneens dat de klimaatdoelstelling voor personenvervoer over de weg bereikt wordt tegen 2030 (-50%). Tegen 2030 worden volgende aannames verondersteld (steeds ten opzichte van BAU scenario weergegeven)
 - Het totaal aantal voertuigen bedraagt nog 25% ten opzichte van BAU;
 - De samenstelling van het voertuigpark is hetzelfde;
 - Het aantal voertuigkilometers halveert;
 - Het aantal persoonskilometers blijft gelijk;
 - De bezettingsgraad in de voertuigen verdubbelt.

Zowel het MVP als het DV scenario veronderstellen een extreme verandering in gedrag van de consument. Deze scenario's zijn geen realistisch uitvoerbare scenario's, maar hebben tot doel om inzicht te verschaffen in het effect van één maatregel.

In samenspraak met de OVAM en Febelauto vzw werkten we volgende bijkomende scenario's uit.

- Meer gedeelde elektrische voertuigen (DEV) – Dit scenario verhoogt autodelen én het aandeel elektrische voertuigen. Tegen 2030 is 55% van nieuwe auto's elektrisch en 32% zijn deelwagens. Van alle elektrische voertuigen zullen 40% autonoom rijden (dus zonder chauffeur aan boord van de wagen). Het aandeel deelwagens bedraagt 25% van de autonome voertuigen en 10% van de niet-autonome voertuigen. In dit scenario groeit het Vlaams wagenpark gestaag, en rijden we steeds meer kilometers (zelfde aannames als in BAU scenario)⁷. Dit scenario sluit het meest aan bij de verwachtingen van de automobielsector;
 - Het totaal aantal voertuigen blijft gelijk;
 - Het aandeel dieselveertuigen daalt (-8%), het aandeel benzinewagens daalt (-10%), het aandeel hybride voertuigen neemt af (-1%) en het aandeel elektrische voertuigen neemt toe (+19%). De aandelen van de overige voertuigen blijft gelijk.
- Enkel waterstofwagens (H2) – Dit scenario veronderstelt een omschakeling naar een nieuwe technologie, nl. de waterstofwagen.
 - Het totaal aantal voertuigen is gelijk aan deze in het BAU scenario;
 - Het aandeel dieselwagens in het totale voertuigenpark daalt (-17%); het aandeel benzinewagens daalt (-16%); het aandeel hybride wagens daalt tot 1%; en het aandeel elektrische wagens neemt toe (+35%). Tot 2024 volgt dit scenario de trend in verkoop van elektrische voertuigen zoals in het EV scenario. Vanaf 2025 worden waterstof wagens geïntroduceerd, en vervangen zij de verkoop van elektrische wagens. In 2030 zijn 100% van de nieuw verkochte voertuigen waterstofwagens;

⁷ Dit scenario is gebaseerd op de studie 'Five trends transforming the Automotive Industry' van PWC (https://www.pwc.com/hu/hu/kiadvanyok/assets/pdf/five_trends_transforming_the_automotive_industry.pdf)

- De aannames betreffende het aantal voertuigkilometers, persoonskilometers en bezettingsgraad is hetzelfde al is het BAU scenario.
- Combinatie van meer gedeelde elektrische voertuigen (55%) en minder verplaatsingen (combi DEV/MVP): snelle invoering van elektrische auto's
 - Het aantal voertuigen halveert;
 - In het voertuigenpark neemt het aandeel van dieselwagens af (-12%), evenals het aandeel benzinewagens (-14%) en hybridewagens (-1%). Het aandeel elektrische voertuigen neemt toe met 27%;
 - Het aantal voertuigkilometers en het aantal persoonskilometers halveert;
 - De bezettingsgraad van de voertuigen blijft gelijk.
- Combinatie van meer gedeelde elektrische voertuigen (55%) en deelwagens (combi DEV/DV): dit scenario veronderstelt een snelle invoering van elektrische auto's.
 - Er zijn veel meer deelauto's;
 - Het aantal voertuigen daalt tot 25% tov BAU scenario
 - In het voertuigenpark neemt het aandeel van dieselwagens af (-18%); evenals het aandeel benzinewagens (-19%) en hybridewagens (-2%). Het aandeel elektrische voertuigen neemt toe met 39%;
 - Het aantal voertuigkilometers halveert, terwijl het aantal persoonskilometers gelijk blijft;
 - De bezettingsgraad van de voertuigen verdubbelt.

	2015	BAU	EV	MVP	DV	DEV	H2	DEV/MVP	DEV/DV
Samenstelling park (situatie in 2030)									
diesel	61%	52%	35%	52%	52%	44%	35%	40%	34%
benzine	38%	44%	28%	44%	44%	34%	28%	30%	25%
diesel - hybride	0,1%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%	0,2%	0,1%	0,2%	0,2%
benzine - hybride	0,6%	2,7%	1,3%	2,8%	2,8%	1,4%	1,3%	1,2%	0,9%
liquefied petroleum gas (LPG)	0,3%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,0%
compressed natural gas (CNG)	0,03%	0,6%	0,3%	0,6%	0,6%	0,4%	0,3%	0,4%	0,3%
battery electric vehicle	0,1%	0,5%	36%	0,5%	0,5%	20%	9,1%	28%	39%
andere (hydrogen fuel cell, ...)	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	27%	0,1%	0,1%
Belangrijkste aannames per scenario (situatie in 2030)									
totaal aantal voertuigen	3.362.840	4.552.228	4.552.228	2.325.450	1.167.629	4.552.228	4.552.228	2.325.450	1.167.629
<i>verschil tov 2015</i>		35%	35%	-31%	-65%	35%	35%	-31%	-65%
totaal aantal voertuigkilometer (in miljoen kilometer)	45.343	51.783	51.783	26.453	26.565	51.783	51.783	26.453	26.565
<i>verschil tov 2015</i>		14%	14%	-42%	-41%	14%	14%	-42%	-41%
totaal aantal persoonskilometer (in miljoen kilometer)	60.478	71.382	71.382	36.465	71.382	71.382	71.382	36.465	71.382
<i>verschil tov 2015</i>		18%	18%	-40%	18%	18%	18%	-40%	18%
bezettingsgraad	1,33	1,38	1,38	1,38	2,69	1,38	1,38	1,38	2,69
<i>verschil tov 2015</i>		3%	3%	3%	101%	3%	3%	3%	101%
aantal voertuigkilometer per voertuig (in miljoen kilometer)	13.484	11.375	11.375	11.375	22.751	11.375	11.375	11.375	22.751
<i>verschil tov 2015</i>		-16%	-16%	-16%	69%	-16%	-16%	-16%	69%

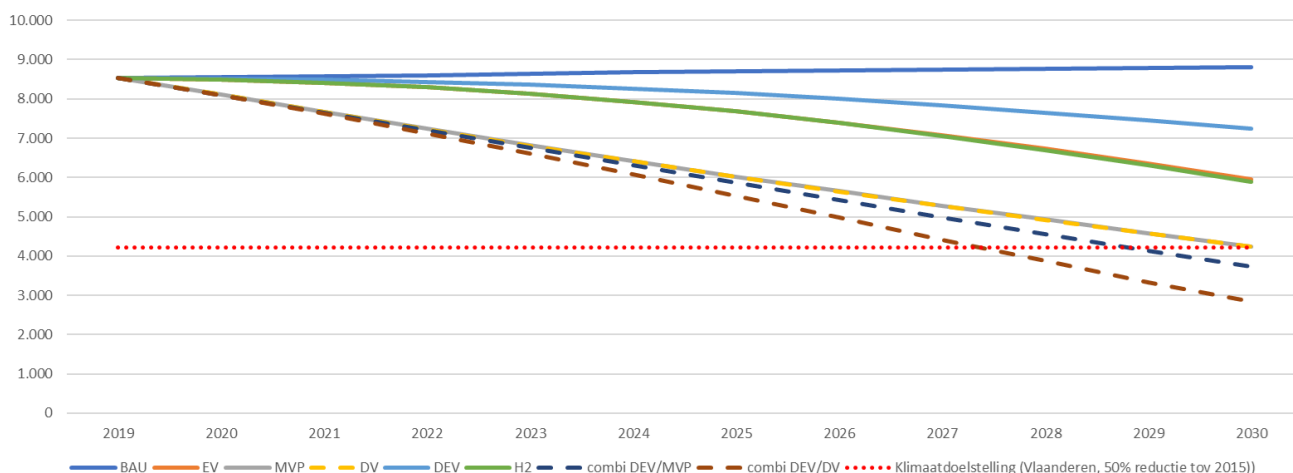
Tabel 1. Overzicht van de belangrijkste aannames per scenario in 2030

3 RESULTATEN

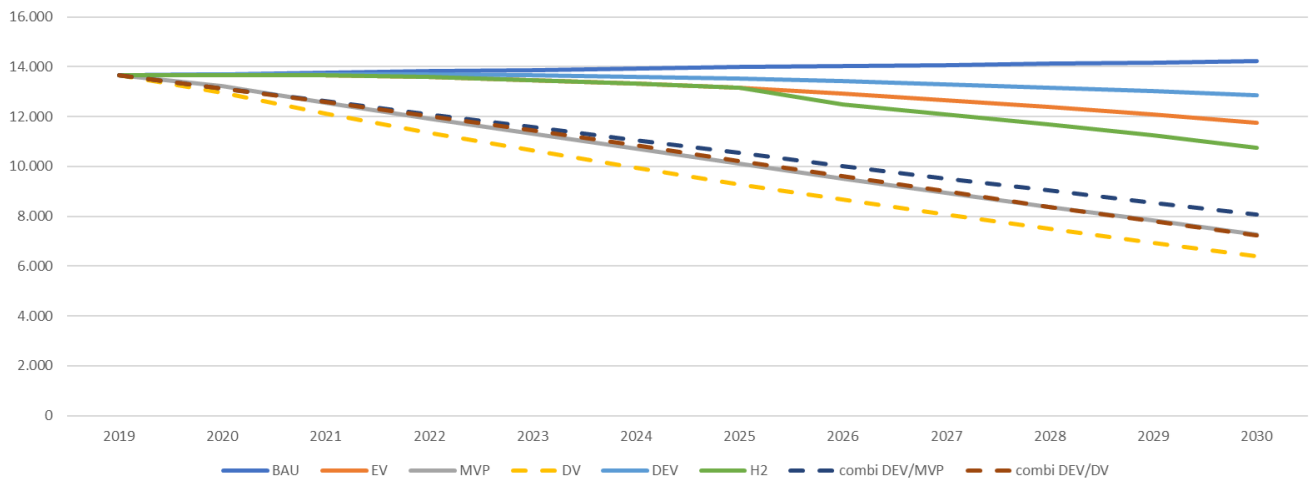
In dit hoofdstuk tonen we de broeikasgasemissies zoals ingeschat per scenario dat werd opgesteld. Daarnaast tonen we de materiaalsamenstelling per type voertuig zoals gemodelleerd in het Stock en Flow model metalen (verder S&F model). Grafisch geven we voor enkele metalen weer hoe groot de geïdentificeerde wereldwijde voorraad is. We tonen ook hoeveel daarvan economisch interessant is om te ontginnen, d.w.z. volgens de huidige beschikbare technologieën en marktvoorwaarden (reserves). En we geven weer hoeveel jaarlijks ontgonnen wordt om aan onze consumptienoden te voldoen. Als laatste tonen we grondstofbudgetten voor Vlaanderen. Voor enkele scenario's bekijken we hoe groot de Vlaamse vraag naar het specifiek materiaal is. Tevens bekijken we of we deze vraag met recyclage (deels) kunnen opvangen.

3.1 KLIMAATIMPACT

In het Vlaams Klimaatbeleidsplan 2021-2030 wordt een reductiedoelstelling van 50% bij personenwagens vooropgesteld (aangegeven met een rode stippenlijn in Figuur 1). Figuur 1 geeft enkel de emissies weer in Vlaanderen (territoriale emissies). Zoals eerder aangegeven zijn de scenario's MVP en DV zo opgesteld dat ze deze doelstelling halen in 2030. Figuur 2 toont de broeikasgasemissies wereldwijd (globale emissies). Broeikasgas emissies die gepaard gaan met bijvoorbeeld de productie in het buitenland voor het Vlaamse wagenpark zijn zichtbaar in Figuur 2, maar niet in Figuur 1.



Figuur 1. Broeikasgasemissies (in kiloton CO₂-eq.) binnen Vlaanderen verbonden aan het gebruik van personenwagens volgens 8 mobiliteitsscenario's. Bron: VITO (2020)



Figuur 2. Broeikasgasemissies (in kiloton CO₂-eq.) wereldwijd verbonden aan het gebruik van personenwagens in Vlaanderen volgens 8 mobiliteitsscenario's

Zoals hierboven vermeld en af te lezen is op de figuren is zowel het scenario 'MVP' als het 'DV'-scenario zo opgesteld dat de voorop gestelde doelstelling voor het terugdringen van broeikasgasemissies verbonden aan gebruik van personenwagens in Vlaanderen net behaald wordt. We kunnen besluiten dat om de doelstelling te behalen door één van deze maatregelen in te zetten, deze maatregel telkens onrealistisch drastisch moet doorgevoerd worden. In realiteit is een combinatie van maatregelen dus nodig. Maar dit toont aan dat de nodige set van maatregelen om de klimaatdoelstelling te behalen, in ieder geval een drastische ommekeer vereisen.

Van de meer realistische scenario's leveren de "gecombineerde scenario's", waarbij minder verplaatsingen of meer deelwagens worden gecombineerd met een transformatie naar elektrische wagens alvast goede resultaten. Daarnaast is duidelijk dat de andere scenario's, waarin alleen wordt ingezet op een andere autotechnologie (elektrische wagens, waterstofwagens), een veel kleiner reductiepotentieel hebben als men ze alleen zou inzetten.

Naast de genoemde combinatie scenario's zijn ook andere variaties van combinaties mogelijk om de doelstelling te behalen. De nodige combinaties zijn deze waarbij men inzet op een combinatie van maatregelen zoals: autodelen of veel minder verplaatsingen gecombineerd met een wagenpark dat bestaat uit veel groene wagens (elektrisch of op waterstof). VITO kan variaties in het model invoeren om de resultaten grafisch weer te geven zoals bovenstaande figuren. Uit het model kan dan afgeleid worden hoeveel % van elke maatregel nodig is om in een bepaalde set van maatregelen de doelstelling te behalen. In een vervolgstudie in 2020 zullen we verder onderzoek doen naar realistische scenario's waarmee de klimaatdoelstellingen wel behaald worden en of er draagvlak bestaat voor deze scenario's.

3.2 MATERIALENGEBRUIK

Met behulp van het S&F-model voor voertuigen⁸ trachten we het verbruik aan materialen voor personenvervoer in Vlaanderen in te schatten. Allereerst schatten we de gemiddelde samenstelling van 4 types personenwagens⁹: een voertuig met verbrandingsmotor, een volledige hybride voertuig, een elektrisch voertuig en een voertuig op waterstof. 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 verkoop¹⁰ ervan, maken we een schatting van de materialensamenstelling van het volledige Vlaamse voertuigenpark voor personenvervoer in 2015. Voor de voertuigen die verkocht worden na 2015 nemen we de veronderstelling aan dat de voertuig- en batterijsamenstellingen ongewijzigd blijven: hiervoor rekenen we dus met de huidige samenstelling. In realiteit zal de samenstelling, vooral van batterijen, verder evolueren. Het is echter niet mogelijk om te weten hoe die evolutie zal zijn. Wel is het mogelijk om op een later tijdstip met een update van gegevens de berekeningen opnieuw te maken.

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 batterij, banden, de katalysator, filters en vloeistoffen voert men naar gespecialiseerde recyclage installaties af¹¹. Voor het gedepollueerde en ontmantelde wrak veronderstellen we dat dit naar een 'gemiddelde' shredderinstallatie gaat. Hiermee bedoelen we een shredderinstallatie die een recyclagegraad bereikt gelijk aan het gemiddelde van alle Belgische shredderinstallaties¹². 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.

⁸ Voor meer informatie over dit model verwijzen we naar Annex 1

⁹ De voertuigcategorieën zijn overgenomen uit het GREET vehicle-cycle model, series 2 (version 2019) dat initieel ontwikkeld werd om energiegebruik en emissies uit wegtransport in te schatten voor de VSA. Er wordt gewerkt met 3 type wagens: middelgrote personenauto, een middelgrote sport utility vehicle (SUV), en een full-size pick-up truck (PUT). Elk type wordt vervolgens onderverdeeld in aandrijvingstechnologie: een intern verbrandingsmotorvoertuig (**ICEV**) met een ontstekingsmotor, een nietonafhankelijk ofwel volledige hybride elektrisch voertuig (**HEV**) met een SI-motor, een plug-in PHEV (d.w.z. netgekoppelde HEV) met een SI-motor (dit type wagen is niet verder bekeken in deze studie), een elektrisch voertuig op batterijen (**EV**) en een brandstofcelvoertuig (**FCV**) met een hybride configuratie. Een grote verscheidenheid aan gegevensbronnen werd gebruikt om de verschillende voertuigtypes en aandrijfsystemen te karakteriseren. Deze bronnen omvatten onder meer gegevens over het voertuigcomponenten, verschillende automodellen, persoonlijke communicatie en literatuuronderzoek. Het model neemt dus niet 1 bepaald type voertuig over. Wel worden de verschillende types berekend door de som van zijn componenten te nemen. Om de materiaalsamenstelling van een component in te schatten, werd een gewogen gemiddelde genomen van wat beschikbaar is op de markt.

Voor dit onderzoek werd gekozen om te werken met het type "middelgrote personenauto". We bekijken dus geen SUV wagens, noch de pick-up truck zoals kenmerkend voor de VSA. We namen de ICEV, HEV, EV en FCV wagens over. Voor de batterij werd het totaal gewicht van de batterij per type wagen ook overgenomen uit het GREET2 model evenals de aandelen per materiaaltype. Bij een ICEV wagen gaat het om een loodstartbatterij. Voor de HEV en FCV wagen werd een Ni-MH batterij verondersteld. De EV wagen beschikt over een Li-Ion batterij. Deze batterijsamenstellingen werden vergeleken met o.a. informatie gevonden bij JRC (report "Critical metals energy sector", tabel 55 en 58 en figuur 17, NCA type) en als conform beschouwd.

¹⁰ FOD Mobiliteit en transport, FEBIAC en Eurostat

¹¹ Recyclagepercentages voor batterijrecyclage werden berekend en afgetoetst met de sector.

¹² Op basis van literatuurstudie waarvan de resultaten gevalideerd werden door de OVAM.

Momenteel worden heel wat tweedehands wagens 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 (sommige van) de scenario's. Elektrische en hybride voertuigen hebben namelijk een veel hogere economische waarde. We weten niet of dit het gedrag van zowel de verkoper als de koper hierdoor zal veranderen. Momenteel biedt men bijvoorbeeld weinig hybride en elektrische voertuigen te koop aan als tweedehands. Daarnaast gaan de batterijen vaak terug naar de producenten als bron van kennis voor de verdere ontwikkeling van de batterijtechnologie. Batterijen die niet meer geschikt zijn voor het aandrijven van hybride en elektrische voertuigen, komen in aanmerking voor een tweede leven voor bijvoorbeeld energieopslag in stationaire toepassingen. Eens de voertuigen geen batterijen meer bevatten is het onwaarschijnlijk dat de voertuigen nog verhandeld zullen worden. Deze problematiek nemen we mee in een vervolgstudie in 2020.

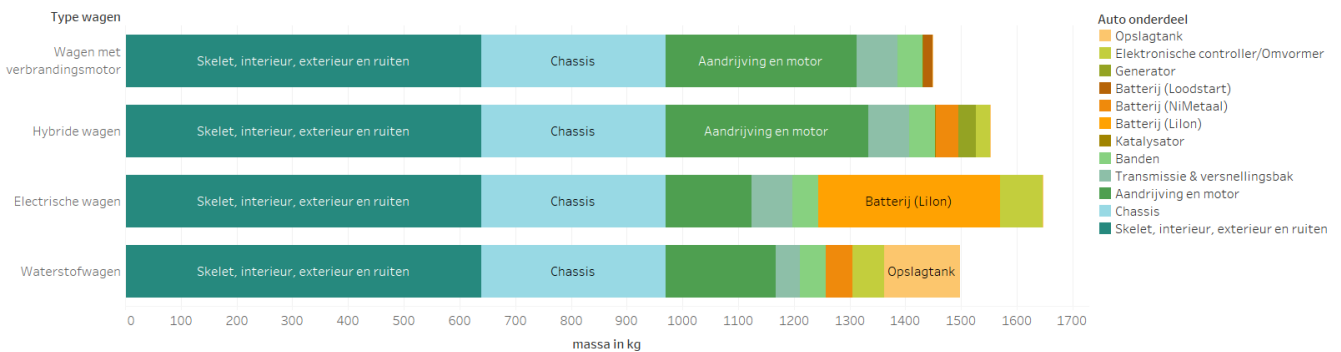
3.2.1 Samenstelling voertuigen

De samenstelling van een klassieke auto met verbrandingsmotor, een hybride auto, een elektrische auto en een waterstofauto verschilt onderling¹³. Voor hybride, elektrische en waterstofauto's verschilt de samenstelling ook in de tijd gezien de technologische ontwikkelingen die nog zullen komen. De huidige studie maakt hiervoor geen inschattingen, en houdt dus enkel rekening met de huidige gemiddelde samenstelling. De belangrijkste verschillen tussen de verschillende voertuigtypes zijn voornamelijk de batterij, de aandrijving, de elektrische omvormer en de opslagtank voor waterstof. Momenteel blijkt dat batterijen van hybride en elektrische voertuigen langer meegaan voor het aandrijven van de voertuigen dan oorspronkelijk ingeschat. De batterij van een hybride en een elektrisch voertuig kan daarnaast nog een tweede leven krijgen in andere toepassingen, zoals energieopslag, waardoor de levensduur verlengd kan worden.

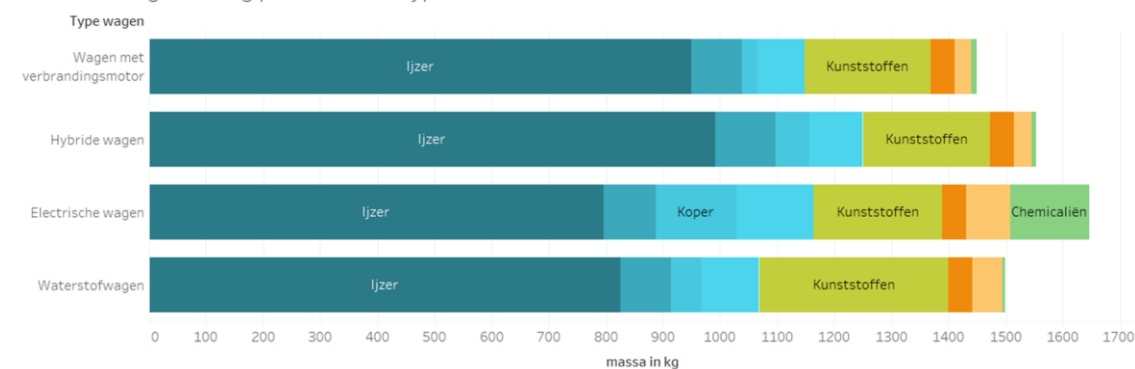
Een volledig elektrisch voertuig bevat momenteel ongeveer 200 kg meer materialen in vergelijking met een klassieke wagen. De belangrijkste verschillen in materialen zijn dat hybride en elektrische voertuigen een grotere hoeveelheid koper bevatten (voornamelijk in de omvormer) en dat hybride en elektrische voertuigen bijkomende soorten metalen en chemicaliën bevatten, namelijk kobalt, lithium, nikkel en elektrolyet (voornamelijk in de batterij). De aandrijving van een waterstofwagen is gelijkaardig aan deze in volledig elektrische wagens. Daar waar de batterij een groot aandeel heeft in het totale gewicht van de volledig elektrische wagen, is het gewicht van de opslagtank voor de waterstof minder bepalend waardoor het totale gewicht eerder in de buurt komt van een conventionele wagen.

¹³ Samenstellingen deels overgenomen van het GREET2 model (including software produced by UChicago Argonne, LLC under Contract No. DE-AC02-06CH11357 with the Department of Energy). Gedownload in december 2019. Opslagtank waterstof: Hua T. et al., 2010 en Kelly J. et al; Samenstelling batterijen en marktaandelen uit GREET2 model en afgetoetst met JRC report "Critical metals in the path towards the decarbonisation of the EU energy sector", 2013, table 55, 58, figuur 17
Samenstelling steel: Rossini et al. 2015; Samenstelling stainless steel: Pappu et al. 2014; Samenstelling Iron: Wikipedia; Samenstelling Cast and wrought aluminium: Anderson et al.

Samenstelling voertuig per auto onderdeel



Samenstelling voertuig per materiaaltype



Figuur 3. Samenstelling voertuigen (4 types) per auto onderdeel en per materiaal, zoals opgenomen in het S&F-model

In elektrische wagens worden momenteel voornamelijk Lithium-ion-batterijen gebruikt. Ze bevatten lithium, maar ook aluminium, koper, ijzer, kobalt, mangaan, nikkel, enz. Als we klassieke auto's met verbrandingsmotoren in het huidige wagenpark versneld willen vervangen door elektrische auto's met batterijen met hun huidige samenstelling, zullen zodanig veel Li-ion-batterijen nodig zijn dat een schaarste aan een aantal van deze metalen zal ontstaan, zoals bijvoorbeeld kobalt (Co).

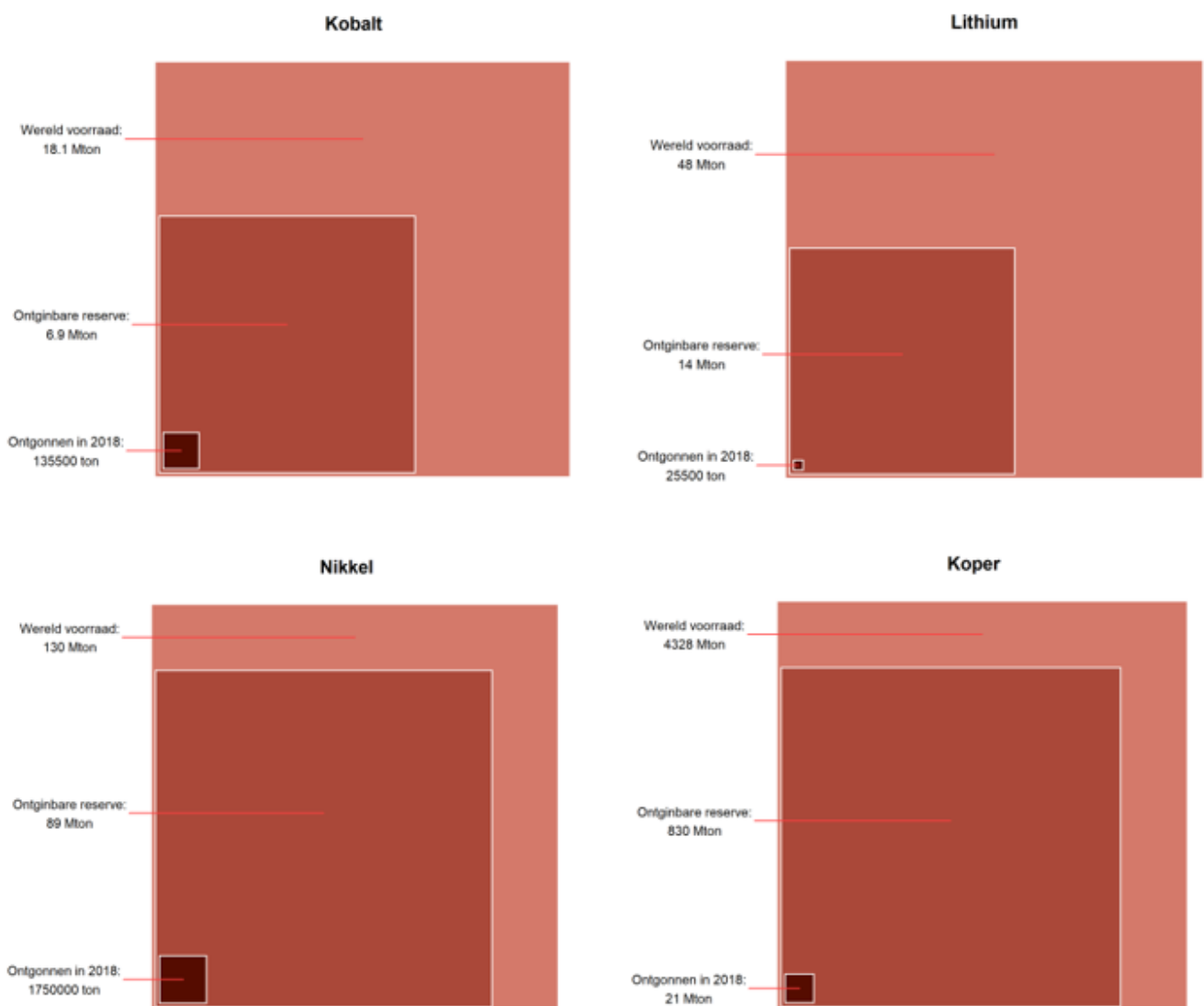
3.2.2 Wereldvoorraden

De volgende figuren maken inzichtelijk hoe schaars een metaal is. De beschikbare wereldvoorraad wordt naast de ontginbare hoeveelheid, de zogenaamde ontginbare reserves¹⁴ en de hoeveelheid die jaarlijks wordt ontgonnen¹⁵ geplaatst. We geven dit weer voor kobalt, lithium, nikkel en koper, de metalen die meer of bijkomend voorkomen in hybride en elektrische voertuigen dan voertuigen met een conventionele

¹⁴ De definitie van 'Reserves' volgens de U.S. Geological Survey: "That part of the reserve base which could be economically extracted or produced at the time of determination. The term reserves need not signify that extraction facilities are in place and operative". Er werd hierbij verondersteld dat de beschikbare wereldvoorraad inclusief de beschikbare reserves is.

¹⁵ Bronnen die gebruikt werden: United States Geological Survey 2018; Study on the review of the list of Critical Raw Materials, Critical Raw Materials Factsheets; EC 2017; Study on the review of the list of Critical raw Materials, Non-critical Raw Materials Factsheets.

verbrandingsmotor. Let wel, zowel de ingeschatte hoeveelheid voorraad als de technologie die voorhanden is om op een economische manier metalen te ontginnen, zijn beide variabel. Nog steeds worden nieuwe mijnen ontdekt. Ook wordt er nog gezocht naar nieuwe technologieën die het mijnen makkelijker en goedkoper maken. Het gaat hier om hoeveelheden zoals ze voor het jaar 2018 geschat zijn.



Figuur 4. Totale wereldvoorraad, totale ontginbare reserve en in 2018 wereldwijd ontgonnen hoeveelheid van kobalt, lithium, nikkel en koper

Van kobalt is de geschatte wereldvoorraad momenteel 18,1 Mton. Hiervan is 6,9 Mton ook economisch gezien en met de huidige technologie die voorhanden is, interessant om te ontginnen. In 2018 werd er hiervan 135.500 ton wereldwijd ontgonnen. Als dit zou doorgaan aan dit tempo, zou na 51 jaar de ontginbare reserve volledig zijn opgebruikt.

Voor lithium is de geschatte wereldvoorraad momenteel 48 Mton. Hiervan is 14 Mton economisch gezien interessant om te ontginnen. In 2018 ontgonnen we wereldwijd ongeveer 25.500 ton lithium. Als dit zou doorgaan aan dit tempo, zou na bijna 550 jaar de ontginbare reserve volledig zijn opgebruikt.

Voor nikkel zou de wereldvoorraad 130 Mton zijn, waarvan 89 Mton economisch gezien interessant is om daadwerkelijk te ontginnen. In 2018 ontgonnen we wereldwijd 1.750.000 ton nikkel. Als dit zou doorgaan aan dit tempo, zou na ongeveer 51 jaar de ontginbare reserve volledig zijn opgebruikt.

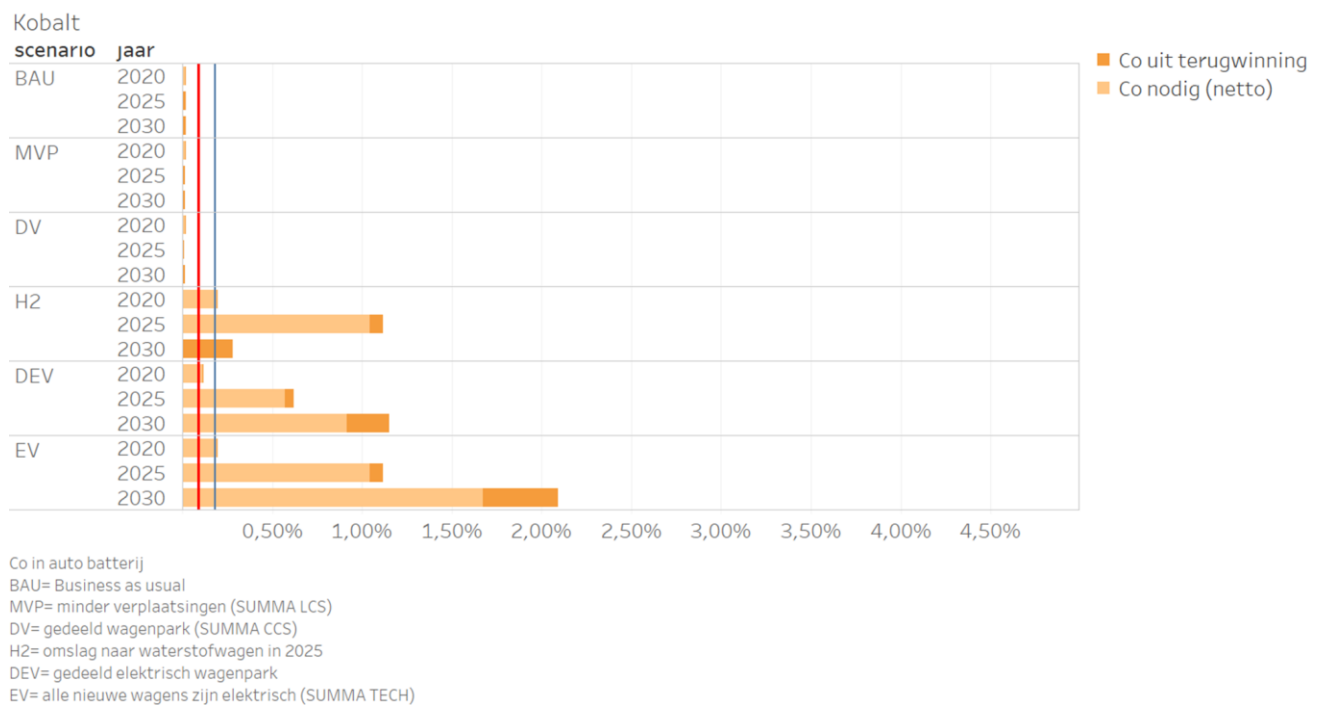
Van koper is de wereldvoorraad 3498 Mton, waarvan 830 Mton economisch gezien interessant is om te ontginnen. In 2018 ontgonnen we wereldwijd 21 Mton koper. Als het ontginnen van koper zich aan dit tempo zou verder zetten, zou na ongeveer 40 jaar de ontginbare reserve volledig zijn opgebruikt.

3.2.3 Grondstofbudgetten

In de volgende figuren geven we voor de metalen kobalt, lithium, nikkel en koper het grondstofbudget voor Vlaanderen weer. De rode lijn in de figuren geeft het Vlaams budget weer. Het Vlaams budget is bepaald als een “eerlijk” deel in de wereld, namelijk op basis van het bevolkingsaandeel van Vlaanderen in de wereld. Dit aandeel bedraagt 0,085% voor alle toepassingen in Vlaanderen waarvoor dit metaal gebruikt wordt, niet alleen voor batterijen in auto's. De blauwe lijn geeft het aandeel weer van de hoeveelheid die er momenteel in Vlaanderen wordt gebruikt voor alle toepassingen. Dit aandeel verschilt voor elk van de onderzochte metalen.

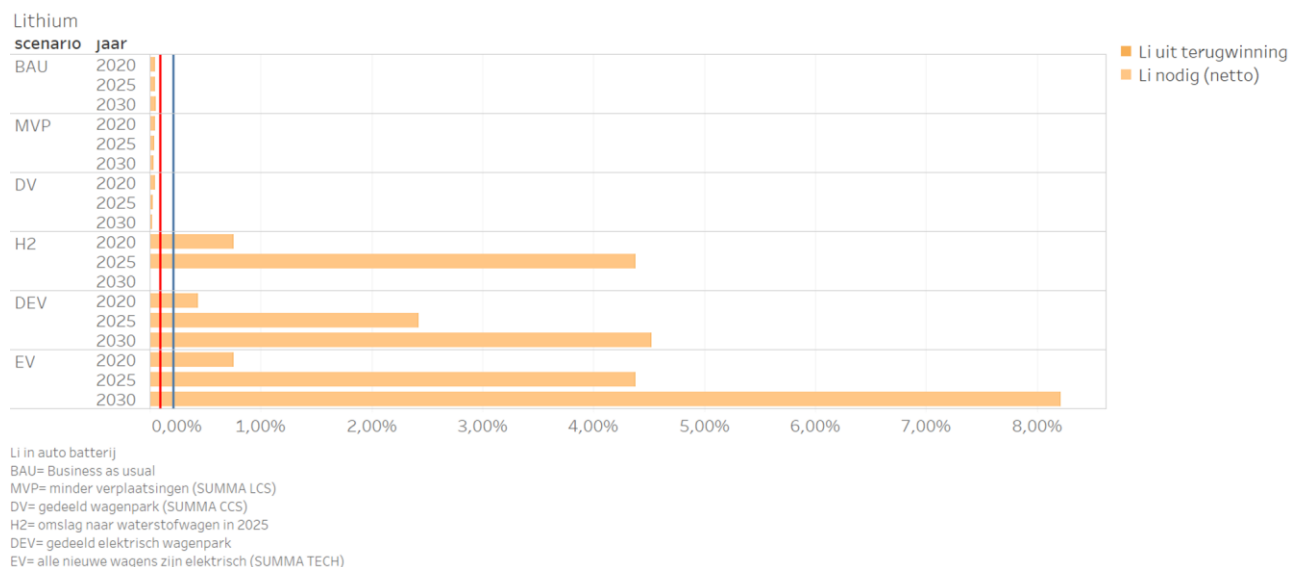
De oranje balkjes in de figuren geven aan hoeveel van het specifiek metaal we enkel in Vlaanderen nodig hebben voor de productie en het gebruik van dit metaal in personenwagens in 1 jaar in de verschillende scenario's zoals hoger beschreven. Deze hoeveelheid geven we weer in procent ten opzichte van de hoeveelheid van dit specifiek metaal dat jaarlijks ontgonnen wordt in de wereld. We geven deze percentages weer voor de verschillende scenario's en telkens voor de jaren 2020, 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, indien we veronderstellen dat het betreffende metaal dat vrij komt door inzameling en recyclage van afgedankte voertuigen maximaal terug wordt gebruikt in voertuigen. Het donker oranje gedeelte geeft weer hoeveel bijkomend primair moet worden ontgonnen wanneer er noch inzameling, noch recyclage zou plaatsvinden van het betreffende metaal uit afgedankte voertuigen. In realiteit zal de effectief ontgonnen hoeveelheid ergens in de donker oranje balk liggen aangezien 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, niet in andere onderdelen van een voertuig, veronderstellen we in onderstaande berekeningen dat deze metalen ook enkel gerecycleerd worden uit afgedankte autobatterijen. Daarom werden in onderstaande figuren enkel batterijen opgenomen voor kobalt, lithium en nikkel. Voor koper werd de berekening uitgevoerd voor de hoeveelheid koper aanwezig in alle componenten van de voertuigen.



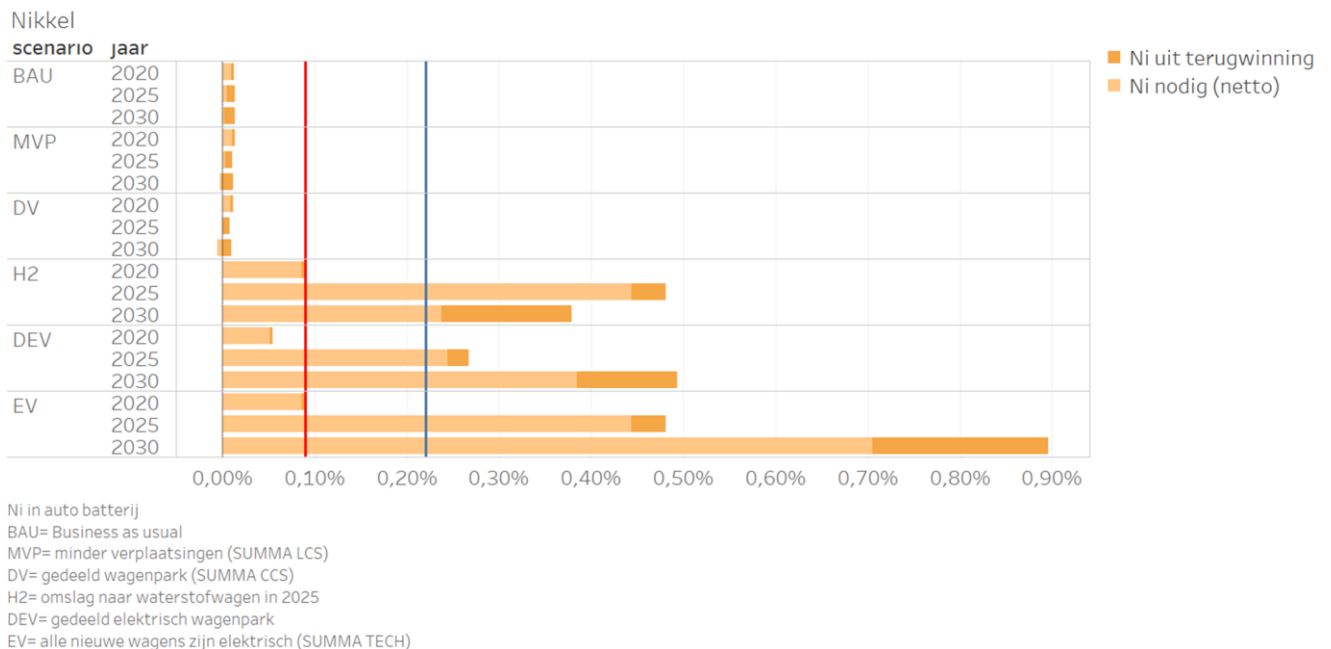
Figuur 5. Grondstofbudget voor Vlaanderen voor kobalt per scenario en voor de jaren 2020, 2025 en 2030

Bij het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's) zou Vlaanderen in 2030 ruim 2% van het kobalt dat jaarlijks ontgonnen wordt, gebruiken voor autobatterijen (in de veronderstelling dat de samenstelling van deze batterijen onveranderd zou blijven). Ook in DEV (gedeeld elektrisch wagenpark) zou Vlaanderen proportioneel een zeer groot aandeel opeisen (ruim 1%). In het H2-scenario (omschakeling naar waterstofwagens) kan men de vraag naar kobalt deels inperken doordat waterstofwagens kleinere batterijen gebruiken. Via recyclage zouden we tegen 2030 aan onze vraag kunnen voldoen in dit scenario. De andere scenario's claimen minder grote hoeveelheden kobalt.



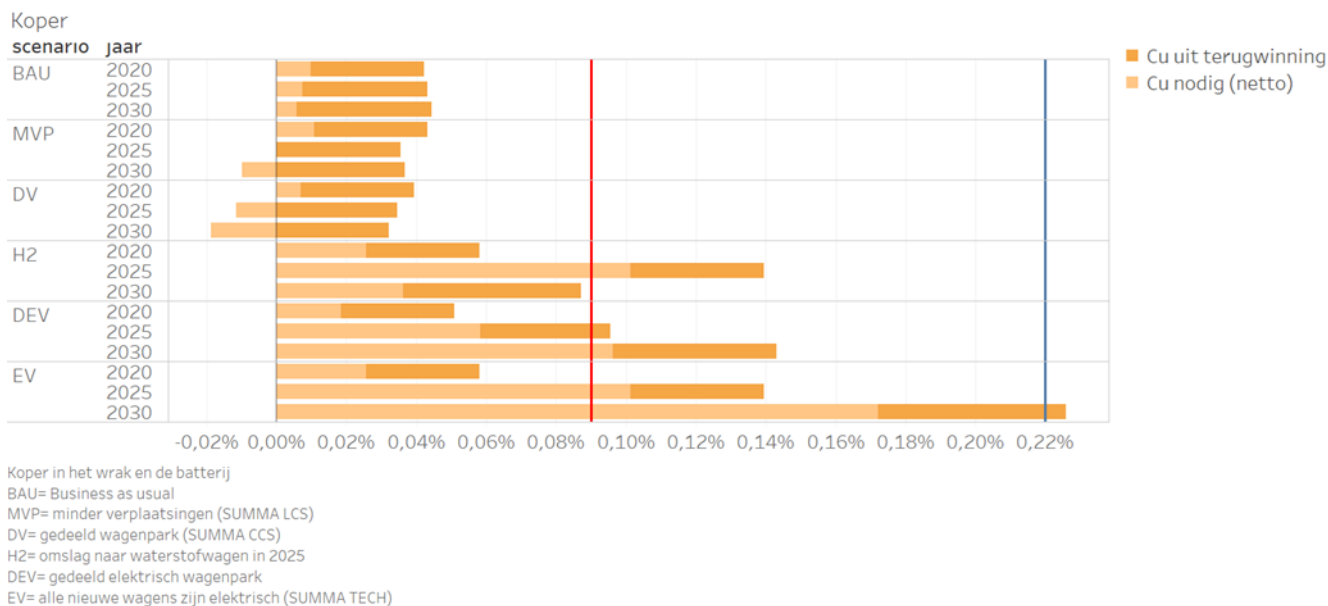
Figuur 6. Grondstofbudget voor Vlaanderen voor lithium per scenario en voor de jaren 2020, 2025 en 2030

In het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's) zou Vlaanderen in 2030 ruim 8% van het lithium dat jaarlijks ontgonnen wordt wereldwijd, gebruiken voor autobatterijen (in de veronderstelling dat de samenstelling onveranderd zou blijven). Ook in het DEV-scenario (gedeeld elektrisch wagenpark) zou Vlaanderen het eerlijke deel ruim overschrijden (ruim 4% gebruik). In het H2-scenario (omschakeling naar waterstofwagens) zou Vlaanderen tegen 2030 geen lithium meer gebruiken in personenvervoer. De andere scenario's claimen minder grote hoeveelheden lithium. Merk op dat lithium momenteel niet wordt teruggewonnen via functionele recyclage (voor gebruik in nieuwe batterijen) omwille van zijn eigenschappen, maar eerder in laagwaardige toepassingen.



Figuur 7. Grondstofbudget voor Vlaanderen voor nikkel per scenario en voor de jaren 2020, 2025 en 2030

Zowel in het EV-scenario (omschakeling naar elektrische auto's), H2-scenario (omslag naar waterstofwagen) of DEV-scenario (gedeeld elektrisch wagenpark) wordt een zeer groot aandeel van de ontgonnen hoeveelheid nikkel gebruikt ten opzichte van het jaarlijks eerlijke deel. Met recyclage kunnen we al een deel terugwinnen, maar maximaal inzetten op recyclage zal niet volstaan. De andere scenario's claimen minder grote hoeveelheden nikkel. In het DV-scenario zou er in 2030 zelfs een beperkte hoeveelheid nikkel dat wordt teruggewonnen via recyclage uit voertuigen, kunnen worden ingezet voor andere toepassingen.



Figuur 8. Grondstofbudget voor Vlaanderen voor koper per scenario en voor de jaren 2020, 2025 en 2030

Voor koper zien we dat we anno 2020 ongeveer de helft van ons “eerlijk deel” (de rode lijn) gebruiken voor personenvervoer. Via recyclage is de netto hoeveelheid koper die primair moet ontgonnen worden beperkt. De resterende hoeveelheid koper die we in Vlaanderen gebruiken (blauwe lijn), vindt zijn weg naar heel wat andere sectoren en toepassingen. In het EV-scenario (elektrisch wagenpark) zouden we in 2030 de volledige hoeveelheid koper die we vandaag gebruiken voor alle toepassingen, volledig moeten inzetten voor personenwagens. Ook hier claimt het DEV scenario een erg groot deel en biedt de waterstofwagen mogelijk een waardig alternatief. Maximale inzet op terugwinning van koper via inzameling en hoge recyclagepercentages zou dit plaatje deels verbeteren. In de scenario’s MVP en DV kan men koper dat wordt teruggewonnen via recyclage uit voertuigen, inzetten voor andere toepassingen.

4 BESLUIT

In voorliggend rapport wordt voor verschillende scenario's voor personenvervoer met de wagen de impact op het klimaat en materialengebruik becijferd. Daarnaast wordt aan de hand van statistische modellering ingeschat hoeveel van de materialen die vervat zitten in het wagenpark voor personenvervoer vrijkomen en gerecycleerd worden. Voor een selectie van metalen wordt de wereldwijde voorraad (in ertsen) weergegeven om op deze manier inzicht te geven hoe de verschillende scenario's de beschikbaarheid van deze metalen beïnvloeden.

De gebruikte scenario's werden door VITO opgemaakt in een onderzoek dat werd uitgevoerd in opdracht voor het steunpunt voor Circulaire Economie (scenario's BAU, EV, MVP en DV) en aangevuld met scenario's opgesteld in overleg met de OVAM en Febelauto vzw (DEV, H2, DEV/DV en MVP/DV).

Qua klimaatimpact blijkt dat er in alle scenario's een daling is van de broeikasgasemissies, zowel in Vlaanderen als wereldwijd (met uitzondering van BAU, toename met 4% in Vlaanderen en 8% wereldwijd). De daling is het sterkst in de gecombineerde scenario's voor wat betreft de emissies in Vlaanderen (daling met 56% voor DEV/MVP en 66% voor DEV/DV), gevolgd door de scenario's MVP en DV waarvoor de emissies dalen tot 50% van de emissies in 2015. De scenario's MVP en DV werden zo ontworpen dat ze net de doelstelling halen. Bij de overige scenario's is er ook een daling van de emissies, zij het dat deze beperkter is: -14% in DEV en -30% in zowel het EV als H2 scenario.

Bij de emissies wereldwijd verbonden aan de doorerekende scenario's zien we de sterkste daling in emissies bij het DV scenario (-50%), gevolgd door MVP en combi DEV/MVP (-45%) en combi DEV/DV (-38%). Bij de scenario's H2 (-18%), EV (-10%) en DEV (-2%) zijn de dalingen beperkter. Overal geeft het inzetten op nieuwe technologie én nieuwe manieren om te voldoen aan de mobiliteitsbehoefte de beste resultaten qua klimaatimpact.

Wat betreft de samenstelling van voertuigen werd een analyse gemaakt van 4 types voertuigen (verbrandingsmotor, hybride, elektrisch en waterstof). Het aangenomen totale gewicht van de voertuigen varieert. Een voertuig met verbrandingsmotor weegt ongeveer 1.450 kg. Het gewicht van een waterstofwagen en hybridewagen is nagenoeg gelijk (respectievelijk 1.500 kg en 1.552 kg). Een elektrische wagen is wat zwaarder en weegt ongeveer 1.650 kg. Uit de analyse blijkt dat een groot deel van het gewicht van de voertuigen uit deze onderdelen bestaat (skelet, ramen, interieur, exterieur en chassis). Het belangrijkste verschil tussen de elektrische voertuigen en de andere voertuigen zit vooral in de batterij. Daar waar een loodstartbatterij zoals in een wagen met verbrandingsmotor 16 kg weegt, is dat gemiddeld 330 kg voor een Li-Ion batterij in een elektrisch voertuig. Een voertuig op waterstof bevat een opslagtank met een gewicht van 136 kg. De batterij van een waterstof en hybride voertuig is ongeveer gelijk, en weegt rond de 45 kg.

Qua samentelling per materiaaltype zien we dat alle voertuigen voor een groot deel uit dezelfde materialen bestaan, namelijk ijzer, aluminium, koper, kunststoffen en glas. Het grootste verschil in materialengebruik vinden we terug in elektrische voertuigen in hun huidige samenstelling voor zowel het gebruik van zeldzame

metalen (zoals kobalt en nikkel, al zien we deze in het totale gewicht nagenoeg niet) als chemicaliën en chemische elementen zoals glycol en grafiet.

Voor een selectie van materialen werd een analyse gemaakt om de schaarsheid ervan weer te geven, namelijk voor kobalt, nikkel, lithium en koper. Met uitzondering van lithium, blijkt uit de analyse, dat indien het gebruik (en de bijhorende ontginning) op dezelfde manier zou door gaan als vandaag en de huidige samenstelling blijft dezelfde, we nog voor 40 (voor koper) tot 51 jaar (voor kobalt en nikkel) kunnen beschikken over het metaal voor de ontginbare reserve is opgebruikt.

Tot slot werd voor elk van de materialen voor de verschillende scenario's (met uitzondering van de combi-scenario's) de impact op het voor Vlaanderen beschikbare grondstofbudget¹⁶ bepaald. Daarnaast werd ook het huidige gebruik in Vlaanderen ten opzichte van het totale gebruik in kaart gebracht. Let wel, dit is de beschikbare hoeveelheid voor alle toepassingen in Vlaanderen, niet enkel voor personenvervoer. Uit de analyse blijkt dat voor de verschillende metalen de scenario's BAU, MVP en DV ruim binnen het voor Vlaanderen beschikbare budget blijven, voor de volledige periode. Voor de scenario's H2, DEV, EV zien we dat deze beide zowel het eerlijke deel als het huidige gebruik overschrijden in 2025 en 2030 voor kobalt en nikkel. Voor de scenario's DEV en EV is dit ook het geval voor lithium. Voor koper is er een overschrijding van het eerlijke deel in 2020 voor zowel H2, DEV als EV. Omwille van de omschakeling naar H2, valt het gebruik van koper terug in het H2 scenario tegen 2030 en blijft onder de grens van het eerlijk deel.

De analyse voor de grondstofbudgetten werd nog niet gemaakt voor de gecombineerde scenario's. Dit is onderdeel van het onderzoek dat in 2020 zal worden uitgevoerd.

Bij verder onderzoek zal een scenario toegevoegd worden met een omschakeling naar CNG-wagens (op aardgas). De focus zal daarnaast liggen op het verder uitwerken van scenario's waarmee zowel de klimaatdoelstelling wordt behaald, als de metaalvoorraden worden gerespecteerd. Dit vervolgonderzoek zal ook een analyse maken van de einde-afvalfase van einde-leven-voertuigen waarmee rekening wordt gehouden met een eventueel tweede leven van de batterijen van elektrische voertuigen en de veranderende samenstelling van de batterijen. De sector ontwikkelt immers steeds efficiëntere batterijen met bijvoorbeeld minder kobalt.

¹⁶ Dit grondstofbudget voor Vlaanderen is het 'eerlijk' deel op basis van het bevolkingsaandeel van Vlamingen ten opzichte van de wereldbevolking.

BRONNEN

Anderson et al., "Are scarce metals in cars functionally recycled? Extended supplementary material", 2017.

Christis M., Vercalsteren A., "Impact of circular economy on achieving the climate targets: case mobility" CE Center, 2019.

EC, "Study on the review of the list of Critical raw Materials, Critical Raw Materials Factsheets", 2017.

EC, "Study on the review of the list of Critical raw Materials, Non-critical Raw Materials Factsheets", 2017.

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

Hua T. et al., "Technical assessment of compressed hydrogen storage tank systems for automotive applications", 2010.

JRC report "Critical metals in the path towards the decarbonisation of the EU energy sector", 2013.

Kelly J. et al., "Vehicle Materials: Fuel cell vehicle material composition", 2016.

PWC, "Five trends transforming the automotive industry", 2018.

Pappu et al., 2014; "Optimization of 316 Stainless Steel Weld Joint Characteristics using Taguchi Technique"; Procedia Engineering; Table 1

Rossini et al., 2015, "Investigation on dissimilar laser welding of advanced High strength steel sheets for the automotive industry"; Material science & engineering A; Table 1

Febelauto, jaarverslag 2018 <https://www.febelauto.be/jaarverslag2018/>

Vlaams energie en klimaatplan 2021-2030 <https://omgeving.vlaanderen.be/vlaams-energie-en-klimaatplan-2021-2030>

Eurostat, 2019, "End-of-life vehicles - reuse, recycling and recovery"
http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_waselvt&lang=en

FEBIAC, statistieken, 2019 www.febiac.be

FOD mobiliteit, jaarverslag 2019 <https://mobilit.belgium.be/nl/wegverkeer/statistieken/jaarverslagen>

BIJLAGE 1. STOCK & FLOW MODEL

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 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: de productie- en consumptiepatronen gaan maar door tot wanneer de beschikbare voorraad op is. Het komt er dus op aan materiaalkringlopen zo te organiseren dat de beschikbare voorraden niet slinken.

In opdracht van OVAM werd door VITO een methodologie en model ontwikkeld waarmee de vraag naar materialen (aluminium, koper) door de Vlaamse economie in kaart gebracht wordt. Het model brengt in kaart waar de stocks van het onderzochte materiaal zich bevinden (in welke toepassingen) en of deze al dan niet worden gerecycleerd.

Een tweede type toepassing van de methodologie is om de vraag naar verschillende materialen in producten door de Vlaamse economie in kaart te brengen. Dit gebeurde voor personenwagens. Hierbij wordt 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 samenstelling¹⁷ 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 verkoop¹⁸ ervan, wordt een schatting gemaakt van de materialensamenstelling en bijgevolg het gewicht van het volledige Vlaamse voertuigenpark voor personenvervoer. Voor de toekomst wordt verondersteld dat de voertuig- en batterijsamenstellingen ongewijzigd blijven. In vervolgonderzoek zal het model worden uitgebreid, zodat er kan worden gerekend met een toekomstige evolutie in materiaalsamenstelling van componenten.

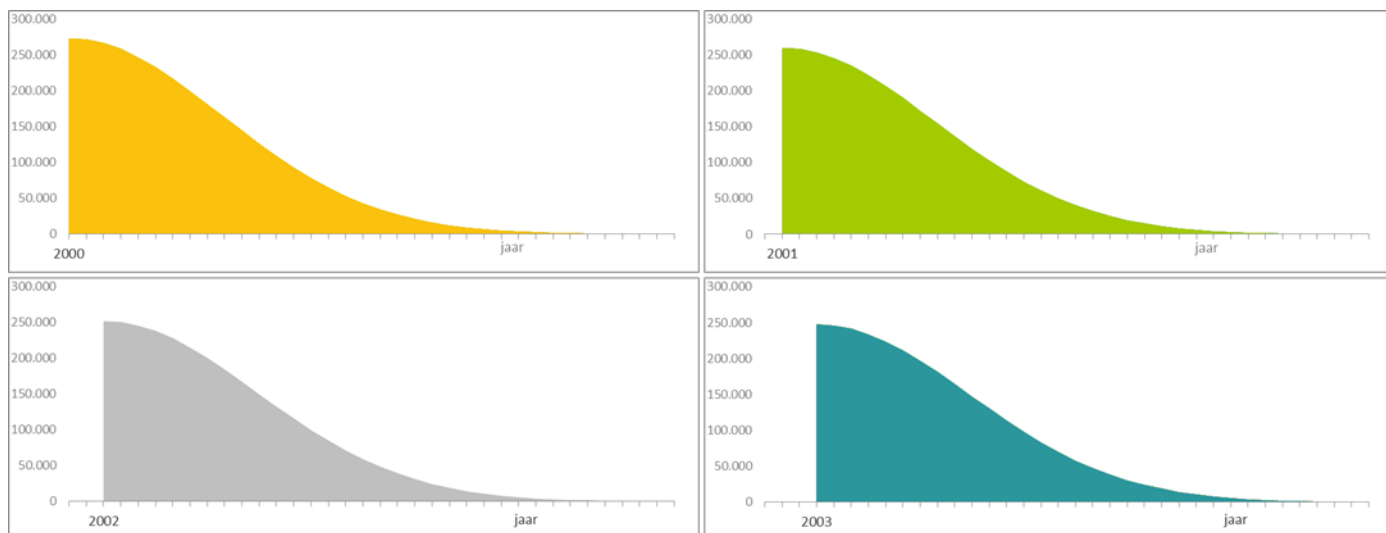
Vervolgens worden data gebruikt van de jaarlijkse inschrijvingen van nieuwe personenwagens van 1980 tot 2017. Op basis van deze inschrijvingen worden voorspellingen opgesteld van het jaar waarin deze voertuigen afgedankt zouden worden omwille van het feit dat ze niet meer functioneren. Deze voorspelling gebeurt aan de hand van een Weibull-functie (zie figuur 9). Deze functie wordt vaak gebruikt voor schattingen omtrent de levensduur van diverse componenten/goederen en op basis van wetenschappelijk geschatte parameters kan de functie eveneens flexibel worden aangewend voor personenwagens¹⁹. Doordat de verkoopgegevens ver genoeg in de tijd teruggaan, wordt een volledig overzicht bekomen van het aantal voertuigen dat afgedankt is van 2006 tot 2016. 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 personenauto's.

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 10.

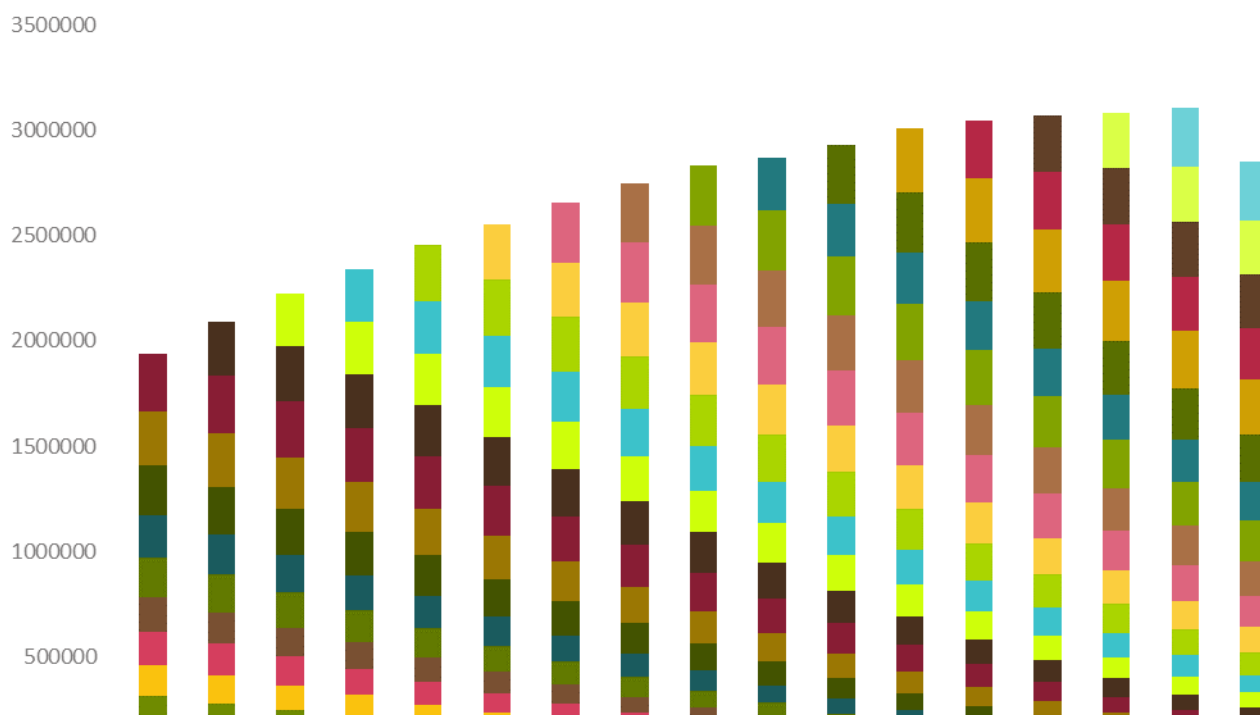
¹⁷ GREET2 model (including software produced by UChicago Argonne, LLC under Contract No. DE-AC02-06CH11357 with the Department of Energy). Gedownload in december 2019

¹⁸ FOD Mobiliteit en transport, FEBIAC en Eurostat

¹⁹ 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 99. Overzicht Weibull functie voor voertuigen op de Vlaamse markt gebracht voor 4 opeenvolgende jaren

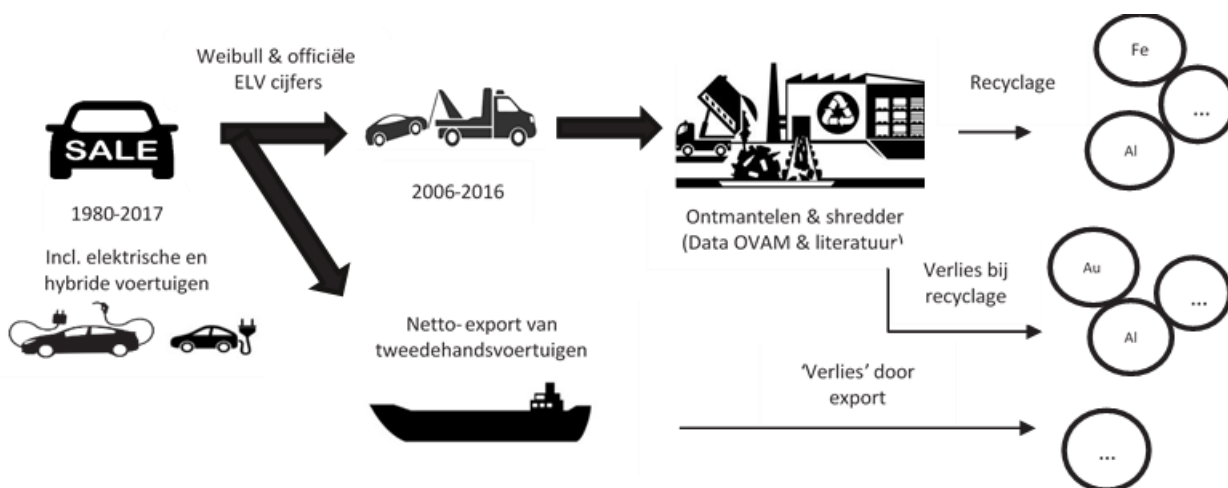


Figuur 10. Overzicht samenstelling voertuigen einde leven, per jaar op de markt gebracht

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 ELV's 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 ELV's 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 verder zetten 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 10. Schematisch overzicht aannames Stock en Flowmodel – Voertuigen